

编号：XH23EA070

核技术利用建设项目
广州计量检测技术研究院使用
II、III类射线装置项目
环境影响报告表

送审版

广州计量检测技术研究院（盖章）

2023年12月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
广州计量检测技术研究院使用
II、III类射线装置项目
环境影响报告表



建设单位名称： 广州计量检测技术研究院（盖章）

建设单位法人代表（签名或签章）：

A handwritten signature in black ink, appearing to read '代鲲鹏'.

通讯地址： 广州市黄埔区科学城尖塔山路19号

邮政编码： 510063

联系人： 代鲲鹏

电子邮箱：

████████████████████

联系电话：

████████████████████

打印编号：1703492022000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	j9k3la		
建设项目名称	广州计量检测技术研究院使用 II、III类射线装置项目环境影响报告表		
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）	广州计量检测技术研究院		
统一社会信用代码	124401004553469482		
法定代表人（签章）	武星军		
主要负责人（签字）	魏纯		
直接负责的主管人员（签字）	代鲲鹏		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	广州星环科技有限公司		
统一社会信用代码	91440106MA59DAA73A		
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
陈健阳	2022050354600000001	BH061992	陈健阳
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈健阳	项目基本情况、评价依据及评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论	BH061992	陈健阳

编制主持人环境影响评价工程师资格证书

中华人民共和国 专业技术人员职业资格证书 (电子证书)

环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源
和社会保障部、生态环境部批准颁发，
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职业资格。



制发日期：2022年08月31日



姓 名： 陈健阳
证件号码： 230202198909250611
性 别： 男
出生年月： 1989年09月
批准日期： 2022年05月29日
管 理 号： 20220503546000000001



目录

表 1 项目基本情况	- 1 -
1.1 项目概况	- 1 -
1.1.1 建设单位情况	- 1 -
1.1.2 项目由来和目的	- 1 -
1.1.3 项目建设规模	- 2 -
1.2 项目选址和周边关系	- 4 -
表 2 放射源	- 8 -
表 3 非密封放射性物质	- 8 -
表 4 射线装置	- 8 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 9 -
表 6 评价依据	- 10 -
表 7 评价标准与保护目标	- 12 -
7.1 评价范围	- 12 -
7.2 保护目标	- 12 -
7.3 评价标准	- 13 -
7.3.1 职业照射及公众照射年有效剂量控制要求	- 13 -
7.3.2 工作场所辐射剂量率控制要求	- 14 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 15 -
8.1 项目地理和场所位置	- 15 -
8.2 检测方案	- 17 -
8.2.1 检测方法、检测因子和检测仪器	- 17 -
8.2.2 项目概述	- 17 -
8.2.3 布点原则	- 17 -
8.3 质量保证措施	- 20 -
8.4 检测结果	- 21 -
表 9 项目工程分析与源项	- 24 -

9.1 工作原理.....	- 24 -
9.1.1 射线装置原理.....	- 24 -
9.1.2 工业 CT 原理.....	- 25 -
9.2 设备组成.....	- 25 -
9.3 工业 CT 特点及工作方式.....	- 28 -
9.4 工艺流程和产污环节.....	- 29 -
9.5 工作负荷和人员配置.....	- 31 -
9.6 污染源项描述.....	- 31 -
9.6.1 辐射源.....	- 31 -
9.6.2 其他污染源.....	- 32 -
9.7 源强分析和参数.....	- 32 -
表 10 辐射安全与防护.....	- 34 -
10.1 辐射屏蔽设计.....	- 34 -
10.1.1 主体屏蔽设计.....	- 34 -
10.1.2 管线穿屏蔽体补偿措施.....	- 36 -
10.2 辐射安全与防护措施.....	- 37 -
10.2.1 安全联锁系统.....	- 37 -
10.2.2 门机联锁装置.....	- 37 -
10.2.3 警示设施和工作状态指示灯.....	- 38 -
10.2.4 多重开关.....	- 39 -
10.2.5 紧急停机.....	- 40 -
10.2.6 辐射监测设施.....	- 40 -
10.3 辐射工作场所布局、分区及管控.....	- 41 -
10.3.1 布局和分区.....	- 41 -
10.3.2 管控措施.....	- 41 -
10.4 辐射安全与防护实施方案.....	- 42 -
10.5 日常检查与维护.....	- 47 -
10.5.1 日常安全检查.....	- 47 -
10.5.2 设备维护.....	- 48 -
10.6 三废的治理.....	- 49 -

表 11 环境影响分析	- 51 -
11.1 辐射剂量率计算	- 51 -
11.1.1 工业 CT	- 51 -
11.1.2 X 射线检测系统	- 57 -
11.2 人员受照剂量分析	- 58 -
11.2.1 工业 CT	- 58 -
11.2.2 X 射线检测系统	- 63 -
11.3 事故影响分析	- 68 -
11.3.1 辐射事故类型	- 68 -
11.3.2 事故预防措施	- 69 -
11.3.3 事故应急措施	- 69 -
表 12 辐射安全管理	- 70 -
12.1 辐射安全管理机构的设置	- 70 -
12.2 辐射安全管理规章制度	- 70 -
12.3 辐射工作人员	- 71 -
12.4 辐射监测计划	- 72 -
12.4.1 工作人员个人剂量监测	- 72 -
12.4.2 工作场所辐射监测计划	- 73 -
12.5 辐射监测方案	- 74 -
12.5.1 监测仪器	- 74 -
12.5.2 监测因子和剂量率控制要求	- 74 -
12.5.3 检测布点要求及位置	- 74 -
12.5.4 检测异常处理	- 75 -
12.6 辐射安全年度评估计划	- 75 -
12.7 辐射事故应急	- 76 -
12.7.1 辐射事故应急机构	- 76 -
12.7.2 人员培训和演习计划	- 76 -
12.8 竣工环境保护验收要求	- 77 -
12.8.1 责任主体	- 77 -
12.8.2 时间节点	- 77 -

12.8.3 验收清单.....	- 77 -
表 13 结论与建议.....	- 80 -
13.1 结 论.....	- 80 -
13.1.1 辐射安全与防护分析结论.....	- 80 -
13.1.2 环境影响分析结论.....	- 80 -
13.1.3 可行性分析结论.....	- 80 -
13.2 建 议.....	- 81 -
表 14 审 批.....	- 82 -
附件 1：项目委托书.....	- 83 -
附件 2：环境 γ 辐射现状检测报告.....	- 84 -
附件 3：工业 CT 射线管参数证明材料.....	- 92 -
附件 4：X 射线检测系统出厂检测报告.....	- 93 -
附件 5：辐射安全管理规章制度.....	- 94 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		广州计量检测技术研究院使用 II、III 类射线装置项目			
建设单位		广州计量检测技术研究院			
法人代表	陈立伟	联系人	代鲲鹏	联系电话	██████████
注册地址		广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号			
项目地点		广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号 2 号楼 1 层精密测量实验室 (经度: 113.45°, 纬度: 23.18°)			
建设项目总投资 (万元)	200	项目环保投资 (万元)	20	投资比例(环保投 资/总投资)	10%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m²)	34
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 checked="" type="checkbox"/> III类		
其它	/				
1.1 项目概况					
1.1.1 建设单位情况					
<p>广州计量检测技术研究院(下称:建设单位)是广州市政府依法设置的法定计量检定机构,隶属广州市市场监督管理局。建设单位作为国家法定计量检定机构,依据《计量法》开展计量工作,同时承担部分产品的质量监督检查工作,以及为产业和地方经济发展提供优质计量测试服务。</p>					
1.1.2 项目来由和目的					
<p>工业无损检测设备广泛用于高精密材料、电子器件的缺陷无损检测及结构分析,其检测精度可达微米量级。基于工业无损检测设备的强大功能,建设单位拟在广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号 2 号楼 1 层精密测量实验室设置 X 射线检测区,在内安装使用 2 台工业无损检测设备,用于轴承滚珠、牙齿模型等精密工件的无损检测。其中</p>					

1 台依科视朗公司的 YXLON FF35CT 具有 CT 功能，称为工业 CT（属于Ⅱ类射线装置），另 1 台依科视朗公司的 Cougar EVO 型没有 CT 功能，称为 X 射线检测系统（属于Ⅲ类射线装置）。

根据《关于发布射线装置分类的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，第 66 号）对射线装置的分类，工业 CT 属于Ⅱ类射线装置，X 射线检测系统属于Ⅲ类射线装置，本项目属于使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置项目。现受广州计量检测技术研究院委托，广州星环科技有限公司对广州计量检测技术研究院使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置项目进行环境影响评价（项目委托书见附件 1）。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令 第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目”类别，应编制环境影响报告表。

1.1.3 项目建设规模

建设单位拟在广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号 2 号楼 1 层精密测量实验室内设置 X 射线检测区，在内安装使用 1 台依科视朗公司的 YXLON FF35 型工业 CT 和 1 台依科视朗公司的 Cougar EVO 型 X 射线检测系统，用于轴承滚珠、牙齿模型等精密工件的无损检测。

射线装置基本参数信息见表 1-1。

表 1-1 射线装置基本参数一览表

名称	型号	最大管电压/最大管电流	数量	类别	使用场所	备注
工业 CT	YXLON FF35CT	225kV 射线管： 225kV/3mA 190kV 射线管： 190kV/1mA	1 台	Ⅱ类	精密测量实验室（X 射线检测区）	双射线管
X 射线检测系统	Cougar EVO 型	160kV/1mA	1 台	Ⅲ类	精密测量实验室（X 射线检测区）	/

本项目拟使用的射线装置自带屏蔽体，屏蔽体内部空间狭小，人员不能进入屏蔽体内部。建设单位拟将精密测量实验室北侧区域设置为 X 射线检测区，将工业 CT 和

X 射线检测系统放置在该区域内。X 射线检测区仅用于摆本项目放射线装置及其他辅助设施，不作其他用途。

项目所在区域图见图 1-1，广州计量检测技术研究院平面布置图见图 1-2。



图 1-1 项目所在区域图

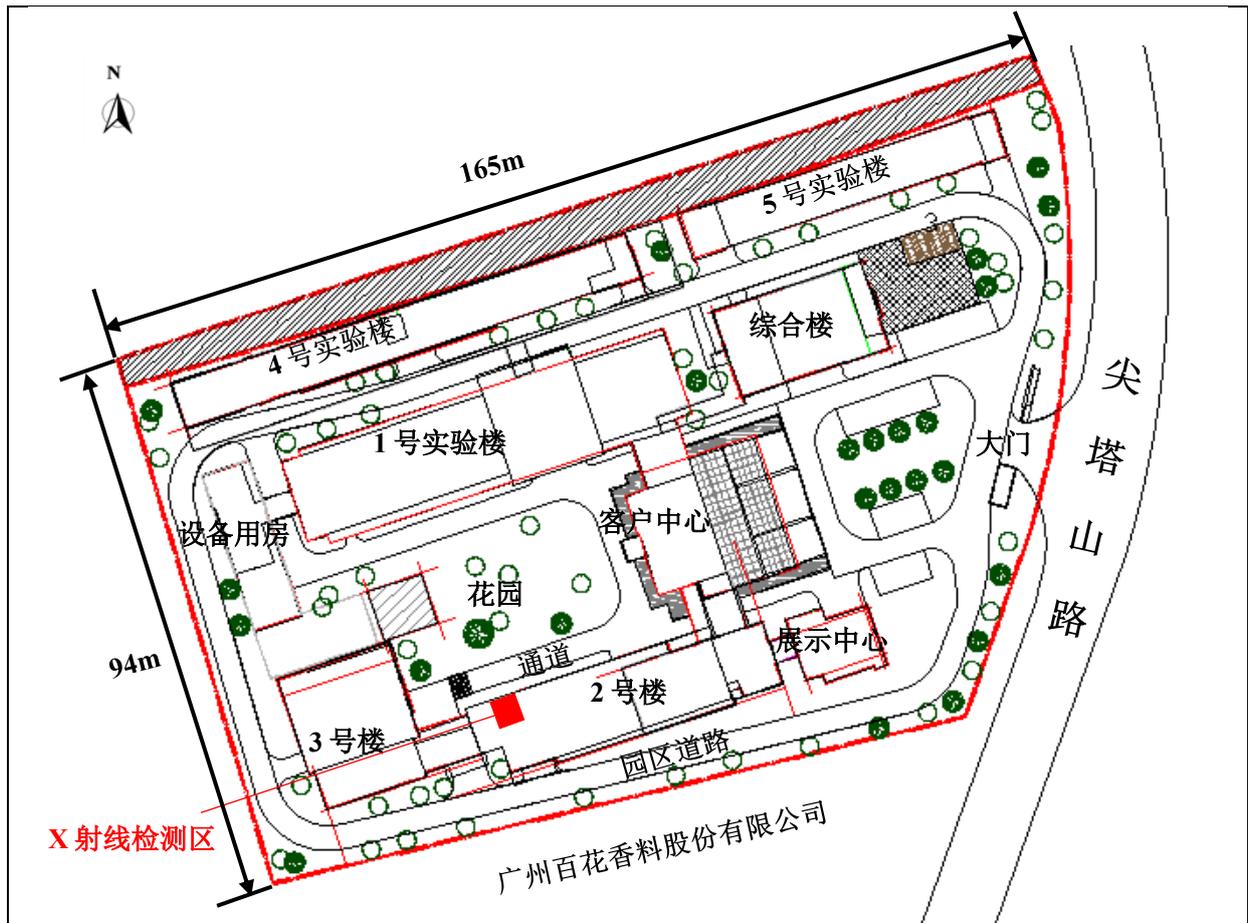


图 1-2 广州计量检测技术研究院平面布置图

1.2 项目选址和周边关系

本项目选址位于广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号 2 号楼 1 层精密测量实验室，2 号楼为地上 6 层，地下 2 层建筑。2 号楼位于园区南侧位置，四周主要分布有 3 号楼、花园、展示中心、客服中心和园区道路等。

建设单位拟在精密测量实验室北侧的 X 射线检测区安装 1 台依科视朗公司的 YXLON FF35 型工业 CT 和 1 台依科视朗公司的 Cougar EVO 型 X 射线检测系统。X 射线检测区东侧是检验室和高精度测量室等场所，南侧是精密测量实验室和园区道路等场所，西侧是过厅和更衣室等场所，北侧是园区道路等场所，X 射线检测区正下方楼下负 1 层是土层，楼上 2 层主要是实验室等场所。项目选址四周场所分布一览表见表 1-2，2 号楼和 3 号楼 1 层平面布置图见图 1-3，2 号楼和 3 号楼 2 层平面布置图见图 1-4，项目周边 50m 关系图见图 1-5，项目周边 200m 关系图见图 1-6。

综上所述，本项目的射线装置自带屏蔽体，拟放置在专门的区域内使用，项目选址充分考虑了周围场所的人员防护和安全，有利于辐射工作场所的管理。射线装置屏蔽体四周 50m 范围内主要是建设单位园区和道路，200m 范围内无幼儿园、中小学等环境敏感点。综上可判断本项目的选址合理。

表 1-2 项目四周场所分布一览表

方位	场所
-	X 射线检测区
东侧	检验室、高精度测量室、储物室、电梯厅 2
南侧	精密测量实验室、园区道路、广州百花香料股份有限公司
西侧	更衣室、过厅、大厅、电梯厅 1、实验室、卫生间、园区道路
北侧	通道、花园、客户中心、1 号实验楼
2 层	更衣室、过厅、连廊、实验室、电梯厅 3、实验室、卫生间、走廊、电梯厅 4

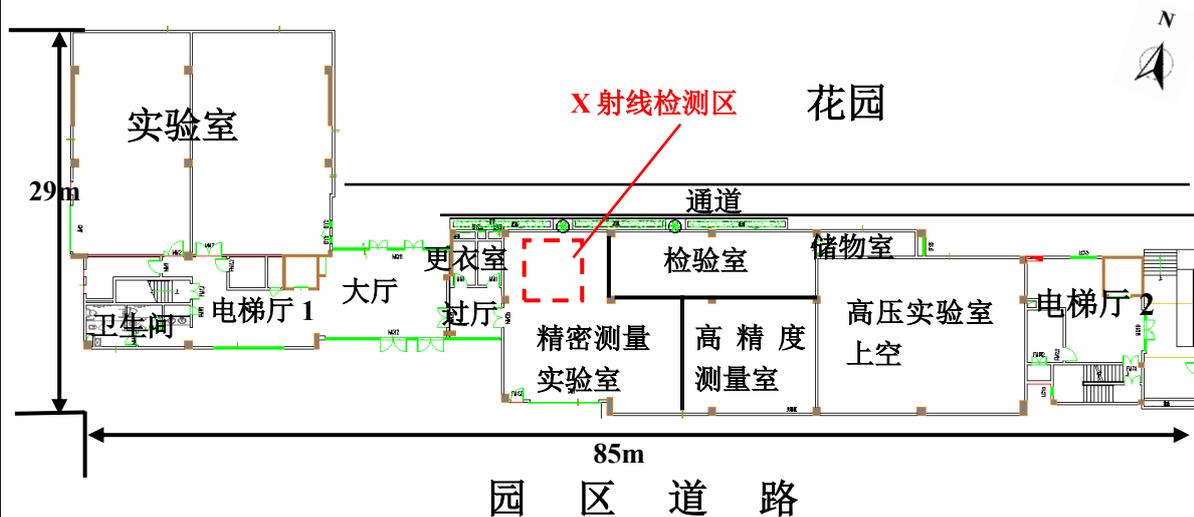


图 1-3 2 号楼和 3 号楼 1 层平面布置图

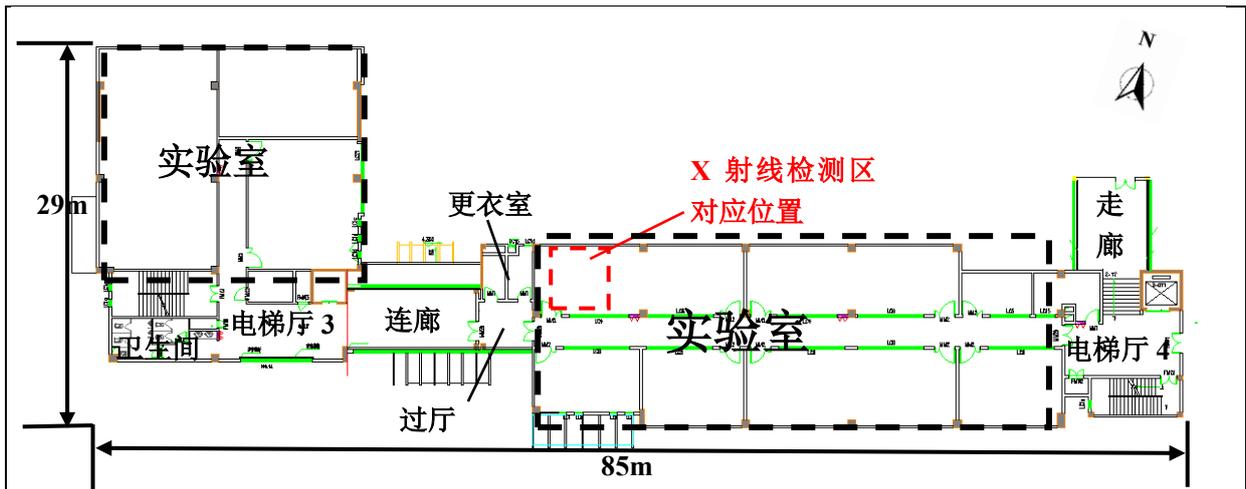


图 1-4 2 号楼和 3 号楼 2 层平面布置图

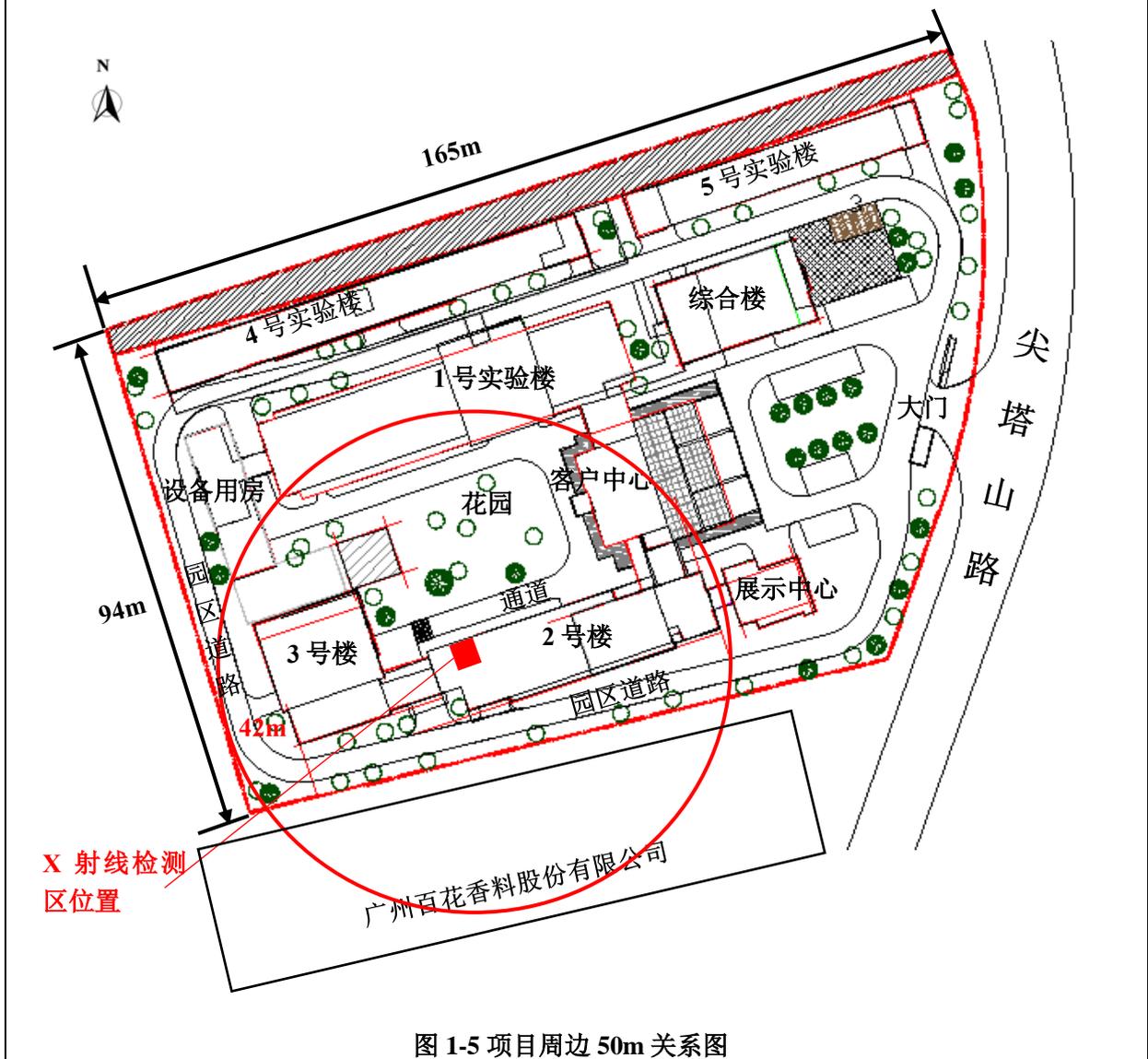


图 1-5 项目周边 50m 关系图

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
-	-	-	-	-	-	-	-	-

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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	工业 CT	II类	1 台	YXLON FF35CT	225kV	3mA	轴承滚珠零部件的无损检测	精密测量实验室	双射线管
					190kV	1mA			
2	X 射线检测系统	III类	1 台	Cougar EVO 型	160kV	1mA	轴承滚珠零部件的无损检测	精密测量实验室	/

(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 (μA)	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	气体	-	-	-	微量	-	直接排放	外环境

注：1.常规废弃物排放浓度,对于液态单位为 mg/L, 固体为 mg/kg, 气态为 mg/m³; 年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明,其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg,或 Bq/m³) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(主席令第九号, 2015 年 1 月 1 日实施)</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(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》修正)</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(主席令第六号, 2003 年 10 月 1 日实施)</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令, 2005 年 12 月 1 日施行, 2019 年 3 月 2 日修订)</p> <p>(5) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(国务院令 第 682 号, 2017 年 10 月 1 日实施)</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部第 20 号令, 2021 年 1 月 4 日修改)</p> <p>(7) 《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 18 号令, 2011 年 5 月 1 日实施)</p> <p>(8) 《关于发布射线装置分类的公告》(国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告第 66 号, 2017 年 12 月 6 日发布)</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起施行)</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行)</p> <p>(11) 《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 2019 年 12 月 24 日印发)</p>
------------------	---

	<p>(12) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改版）</p> <p>(13) 《广东省未成年人保护条例》（2009年1月1日实施）</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p> <p>(7) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>(9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）</p>
其他	<p>(1) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年出版）</p> <p>(2) 建设单位提供的资料</p>

表 7 评价标准与保护目标

7.1 评价范围

本项目拟使用的射线装置带有固定的实体屏蔽体，参考《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)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：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，因此本项目将以 X 射线检测区为中心以及所在场所外 50m 的范围选为评价范围。

7.2 保护目标

结合该项目的评价范围，将评价范围内的辐射工作人员和公众列为保护目标，具体保护目标分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围内保护目标分布一览表

方位	区域	距离(m)	保护目标	影响人数(人)	剂量约束值(mSv/a)
-	X 射线检测区	1.8	辐射工作人员	4	≤5
东侧	检验室	11	公众	2	≤0.25
	高精度测量室	16	公众	2	
	储物室	25	公众	流动人员	
	电梯厅 2	42	公众	流动人员	
南侧	精密测量实验室	7	公众	8	
	园区道路	16	公众	流动人员	
	广州百花香料股份有限公司	40	公众	80	
西侧	更衣室	5	公众	流动人员	
	过厅	6	公众	流动人员	
	大厅	11	公众	流动人员	
	电梯厅 1	21	公众	流动人员	
	实验室	27	公众	10	
	卫生间	32	公众	流动人员	
	园区道路	46	公众	流动人员	

北侧	通道	6	公众	流动人员
	花园	20	公众	流动人员
	客户中心	41	公众	20
	1号实验楼	44	公众	30
2层	更衣室	5	公众	流动人员
	过厅	7	公众	流动人员
	连廊	13	公众	流动人员
	实验室	14	公众	12
	电梯厅3	21	公众	流动人员
	实验室	26	公众	10
	卫生间	32	公众	流动人员
	走廊	40	公众	流动人员
	电梯厅4	43	公众	流动人员

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射及公众照射年有效剂量控制要求

(1) 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定:

①工作人员的照射水平不应超过下述限值:

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;

②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: 年有效剂量, 1mSv。

(2) 剂量约束值

①工作人员:

本项目取职业照射年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的职业照射剂量约束值, 即本项目的辐射工作人员的年有效受照剂量应不超过 5mSv/a。

②公众:

取公众年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的公众照射剂量约束值, 即

本项目的公众的年有效受照剂量不超过 0.25mSv/a。

7.3.2 工作场所辐射剂量率控制要求

参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的规定,结合本项目的实际,本项目射线装置辐射屏蔽应同时满足:

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

(2) 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。

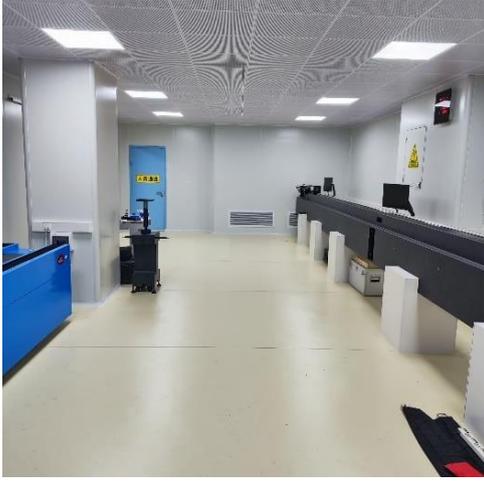
表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号 2 号楼 1 层精密测量实验室，项目地理位置见图 8-1。项目四周环境性质主要是楼房和道路，现状照片见图 8-2。



图 8-1 项目地理位置图



东侧检验室



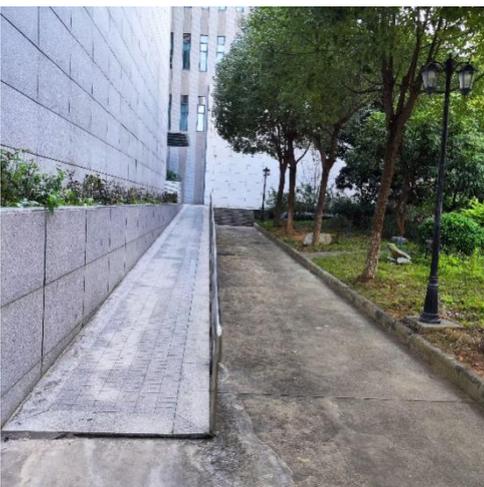
东侧高精度测量室



南侧园区道路



西侧过厅



北侧通道



2层实验室 4

图 8-2 项目场址现状照片

8.2 检测方案

8.2.1 检测方法、检测因子和检测仪器

为调查本项目所在区域及周围环境辐射水平现状，广州星环科技有限公司于2023年11月21日对项目场址周围进行环境 γ 辐射剂量率现状检测，检测方法和因子见表8-1，检测仪器信息见表8-2。

表 8-1 检测方法和因子

检测方法	检测因子
《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021)	环境 γ 辐射剂量率

表 8-2 检测仪器信息

仪器名称	X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪	仪器型号	BG9512P 型
生产厂家	中广核贝谷科技有限公司	仪器编号	1TRW88AA
校准日期	2023年1月11日	有效期	1年
测量范围	10nGy/h-200 μ Gy/h	能量响应	25keV-3MeV
校准单位	上海市计量测试技术研究院	证书编号	2023H21-20-4365381001

8.2.2 项目概述

项目名称：核技术利用建设项目场所环境 γ 辐射剂量率检测

受检单位：广州计量检测技术研究院

建设地点：广州市黄埔区科学城尖塔山路19号

检测日期：2023年11月21日

环境条件：天气：晴；气温：26℃；湿度：36%

测量目的：获得环境 γ 辐射天然本底和人为活动所引起环境 γ 辐射水平变化的资料。

8.2.3 布点原则

本项目的环境辐射现状监测点位主要位于室内和道路，按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)的辐射环境质量监测布点要求，开展道路测量时，点位应设置在道路中心线；开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位

置或者室内中心位置。参考《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 5.3 核技术利用辐射环境监测的布点要求,以工作场所为中心,半径 50m 内布点,测量点覆盖周围环境敏感点。

本项目的测点布设进一步根据保护目标的分布及评价范围来选取,原则上项目评价范围内有保护目标分布场所的里面均至少布设一个点位。根据以上布点原则,本次共布设 28 个检测点位,检测布点图见图 8-3 至图 8-5。

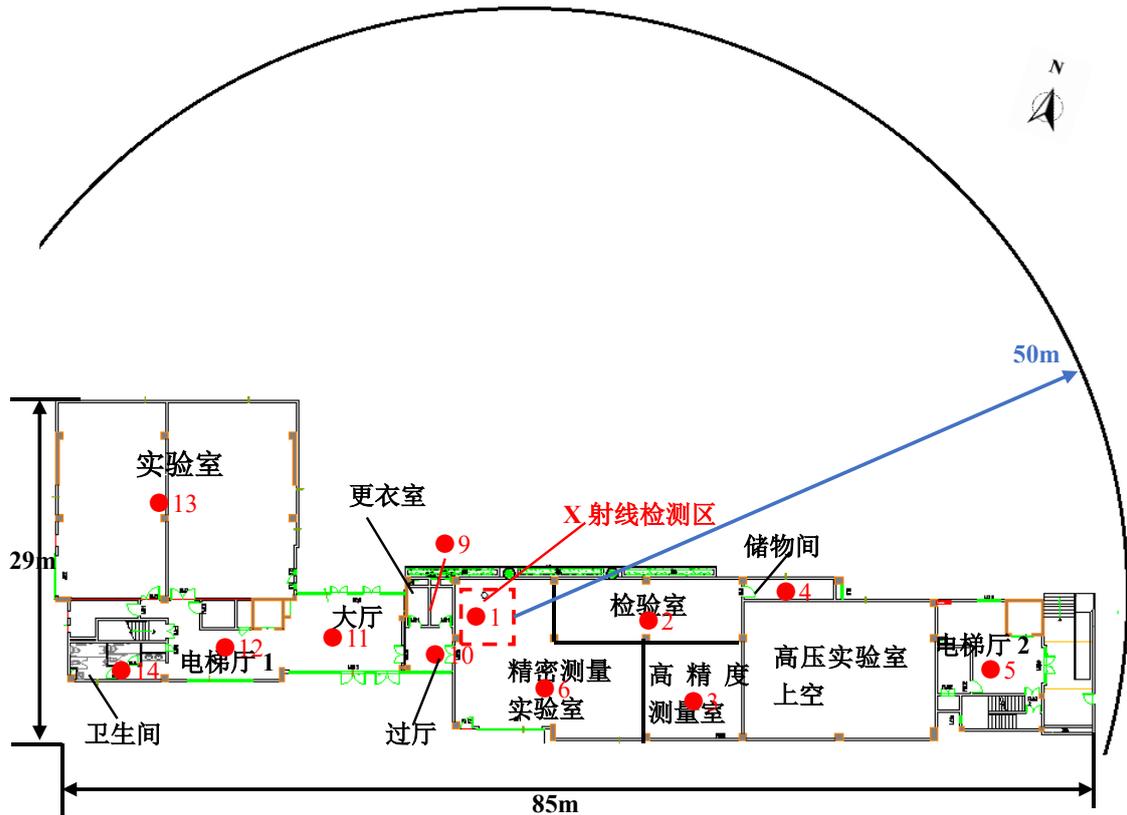


图 8-3 2号楼和3号楼1层 50m 范围布点图

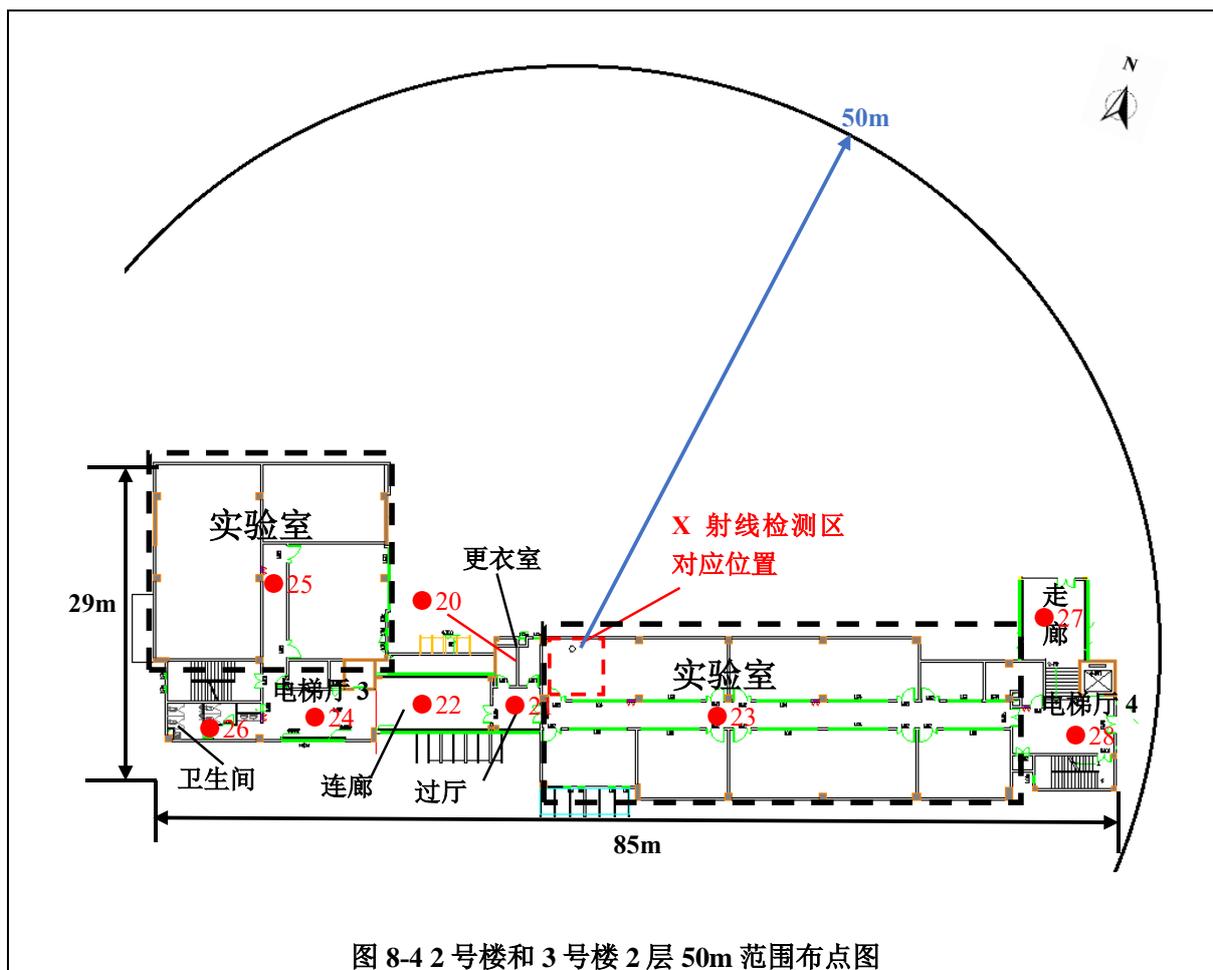


图 8-4 2号楼和3号楼2层 50m 范围布点图

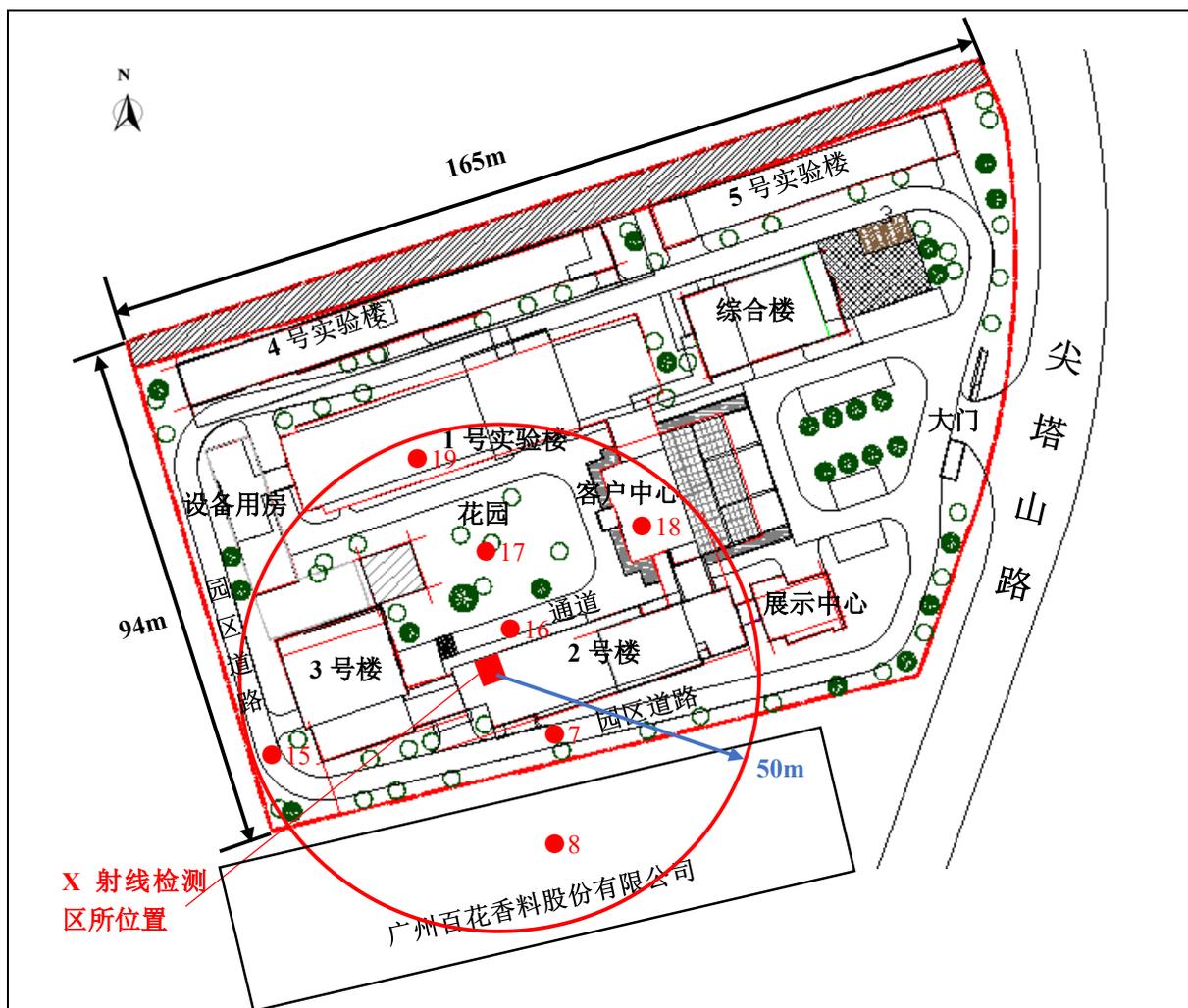


图 8-5 50m 评价范围内检测布点图

8.3 质量保证措施

本项目的环境辐射现状检测，根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）做好如下的质量保证措施：

（1）承担本项目环境辐射现状检测的检测机构具备检验检测机构资质认定证书，检测人员具备从事环境辐射监测的工作经验，充分了解环境 γ 辐射的特点，掌握辐射检测技术和技术标准，具备对检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）实施检测前，确认使用的仪器的检测因子、测量范围和能量相应等参数均满足检测要求，核实检测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启检测仪器预热至少 1 分钟，并确认仪器的电量充足后，再进行检测。所有检测点位，待读数稳定后，约 10s 间隔读取 10 个值，并经校正后求出平均值和标准偏差。

(3) 测量人员经环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格；环境 γ 辐射剂量率测量仪器定期校准，每年至少 1 次送到计量检定机构校准环境 γ 辐射剂量率测量仪器，在两次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 γ 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) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。质量保证活动按要求做好记录，并确保所有记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

(8) 监测报告严格执行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

8.4 检测结果

检测结果参照 (HJ1157-2021) 的方法处理得到：

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

其中：

\dot{D}_γ ：测量值，单位 nGy/h；

k_1 ：仪器校准因子，1.06；

k_2 ：仪器检验源效率因子，本仪器无检验源，该值取 1；

R_γ ：读数值的平均值，单位 nGy/h；

k_3 ：建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取值为 0.8，原野、道路取值为 1；

\dot{D}_c ：在广东省万绿湖测的宇宙射线响应值，37nGy/h，与测点处的海拔高度差别 $\leq 200\text{m}$ ，经度差别 $\leq 5^\circ$ ，纬度差别 $\leq 2^\circ$ ，可不进行修正。

检测数据见表 8-3，检测报告见附件 2。

表 8-3 建设项目场所环境 γ 辐射剂量率检测结果

点位编号	方位	场所	距离(m)	表面介质	测量结果(nGy/h)	标准差(nGy/h)	环境性质
1	-	X 射线检测区	1.8	PVC 地板	116	2	楼房
2	东侧	检验室	11	PVC 地板	122	2	楼房
3	东侧	高精度测量室	16	PVC 地板	114	2	楼房
4	东侧	储物室	25	PVC 地板	112	2	楼房
5	东侧	电梯厅 2	42	水磨石	130	1	楼房
6	南侧	精密测量实验室	7	PVC 地板	122	2	楼房
7	南侧	园区道路	16	混凝土	84	1	道路
8	南侧	广州百花香料股份有限公司	40	混凝土	114	2	楼房
9	西侧	更衣室	5	水磨石	125	1	楼房
10	西侧	过厅	6	水磨石	130	2	楼房
11	西侧	大厅	11	水磨石	130	1	楼房
12	西侧	电梯厅 1	21	水磨石	135	2	楼房
13	西侧	实验室	27	水磨石	126	2	楼房
14	西侧	卫生间	32	水磨石	114	2	楼房
15	西侧	园区道路	46	混凝土	95	1	道路
16	北侧	通道	6	混凝土	87	2	道路
17	北侧	花园	20	泥土	85	2	道路
18	北侧	客户中心	41	水磨石	126	1	楼房
19	北侧	1 号实验楼	44	水磨石	117	2	楼房
20	2 层	更衣室	5	水磨石	134	2	楼房
21	2 层	过厅	7	水磨石	126	2	楼房
22	2 层	连廊	13	水磨石	133	2	楼房
23	2 层	实验室	14	水磨石	117	1	楼房
24	2 层	电梯厅 3	21	水磨石	132	2	楼房
25	2 层	实验室	26	水磨石	125	1	楼房

26	2层	卫生间	32	水磨石	127	1	楼房
27	2层	走廊	40	水磨石	130	2	楼房
28	2层	电梯厅4	43	水磨石	115	2	楼房

注：检测时仪器探头垂直地面，距地约 1m，待读数稳定后，每个测量点约 10s 间隔读取 10 个数值。

本项目建设场地及周围区域的室内环境 γ 辐射剂量率检测值为 112~135nGy/h，室外道路环境 γ 辐射剂量率检测值为 84~95nGy/h。

参考《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年出版）报道的广州市环境 γ 辐射空气吸收剂量率的调查结果：广州市的室内 γ 辐射剂量率调查水平在 104.6~264.1nGy/h 之间，室外道路环境 γ 辐射剂量率调查水平在 52.5~165.7nGy/h 之间。对比表明，建设项目场所环境 γ 辐射现状未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工作原理

9.1.1 射线装置原理

射线装置通过 X 射线管产生射线，X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管示意图如图 9-1 所示。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，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，其损失的动能会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。

从 X 射线装置阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线装置两极上的高压即为管电压。X 射线装置产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。所以 X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线机保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉。

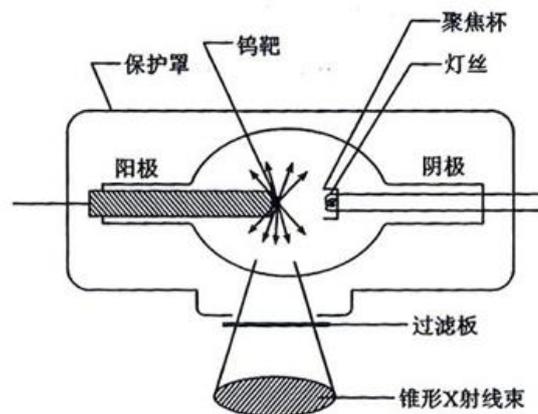


图 9-1 X 射线管示意图

9.1.2 工业 CT 原理

电子计算机断层摄影(Computed tomography, 简称 CT)是近几十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。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, 发现被检对象内部密度的微小变化。

工业 CT 一般由射线管、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成。射线管提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透试件, 根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的 CT 图像重建。与射线管紧密相关的准直器用以将射线管发出的锥形射线束处理成扇形射束。机械扫描系统实现 CT 扫描时试件的旋转或平移, 以及机械转盘、试件、探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过试件的射线信号, 经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整, 完成图像重建、显示及处理等。屏蔽设施用于射线安全防护, 一般小型设备自带屏蔽设施。

9.2 设备组成

本项目拟使用的依科视朗公司的 YXLON FF35 型工业 CT 主要由硬件部分和软件部分组成, 硬件部分有主防护箱体、X 射线管、探测器、载物台、控制柜等, 软件部分有操作系统、控制系统和成像系统。

设备外观结构图如图 9-2 所示, 操作台外观图如图 9-3 所示, 内部构造示意图如图 9-4 所示, 设备各部件一览表见表 9-1, 设备尺寸一览表见表 9-2。



图 9-2 工业 CT 结构外观图



图 9-3 操作台结构外观图

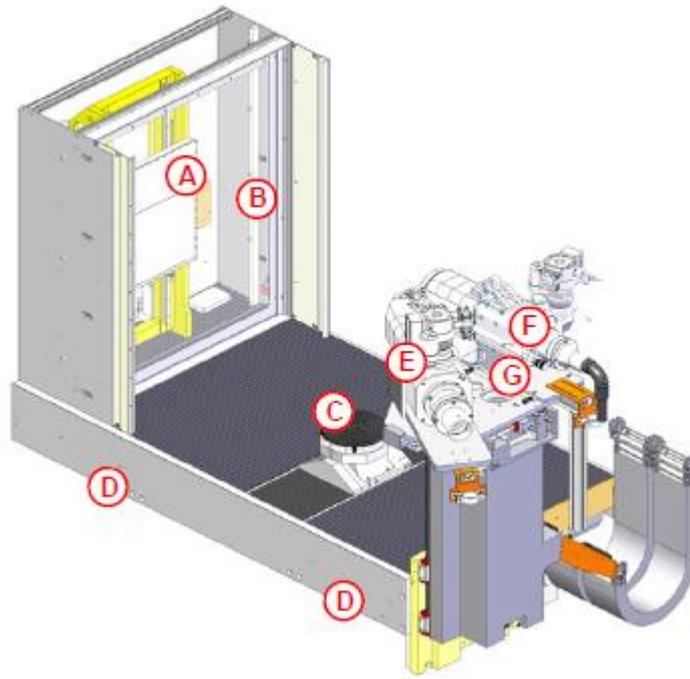


图 9-4 工业 CT 内部构造示意图

表 9-1 设备各部件一览表

结构	标号	名称	标号	名称
外部 (图 9-2)	A	工作警示灯	B	主电源开关
	C	急停按钮	D	装载门开关按键
	E	光带形指示灯	F	装载门
	G	维修门	/	/
操作台 (图 9-3)	A	显示屏	B	操作面板
	C	钥匙开关	D	复位按键
	E	紧急停机按键	F	计算机
	G	操作台高度调节装置	/	/
内部 (图 9-4)	A	探测器	B	探测器保护板
	C	载物台	D	用于隔振的器件
	E	225kV 射线管	F	190kV 射线管
	G	用于防碰撞保护的摄像机	/	/

表 9-2 设备尺寸一览表

项目	设计情况
整体尺寸	长×宽×高=2.99m×1.55m×2.22m
装载门尺寸	宽×高=0.78m×1.35m
检修门尺寸	宽×高=0.85m×0.98m

本项目拟使用的依科视朗公司的 Cougar EVO 型 X 射线检测系统主要由硬件部分和软件部分组成，硬件部分有主防护箱体、X 射线管、探测器、载物台、控制柜等，软件部分有操作系统、控制系统和成像系统，整体尺寸为长×宽×高=1m×1.05m×2.2m，外观图见图 9-5。



图 9-5 X 射线检测系统结构外观图

9.3 工业 CT 特点及工作方式

本项目拟使用的Ⅲ类射线装置属环境影响较小的建设项目，因此本报告主要介绍Ⅱ类射线装置（工业 CT）的工作方式，本项目的工业 CT 工作方式有如下特点：

(1) 工业 CT 自带屏蔽体，内含 2 个射线管，2 个射线管不同时出束。2 个射线管外接高压的电缆单次只能接入一套高压系统，2 个射线管之间可以转换，可以上下

移动，可移动范围为 0.5m。有用线束固定朝左照射，射线张角为 45°。工业 CT 的载物台可水平旋转、前后左右移动；探测器可前后移动，但不能左右移动。

(2) 工业 CT 仅在设备正面装载门处预留唯一通道用于传放工件；在设备的左侧预留唯一通道用于检修维护，其余面完全密封，避免人员误入。

(3) 工业 CT 装载门采用电动方式关闭，具有门机联锁功能，关闭装载门后射线管才能开启出束。出束时，装载门不能正常打开，若强行开启装载门，将立即切断射线管高压，停止出束。

(4) X 射线出束期间，操作人员位于 X 射线检测区内的操作台（操作台位于工业 CT 的南侧）对设备进行操作，出束期间无需人员干预，人员无需进入设备内部。X 射线检测区边界将张贴“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌。X 射线检测区所在的精密测量实验室将设置门禁，只有授权人员才能进入。

(5) 本项目工业 CT 配有三维断层扫描功能，采用数字成像。待检工件放至载物平台上关闭装载门后，X 射线透过待检工件后由探测器接收，再由成像软件进行成像处理，先得到工件不同位置的 2D 图片后，对图像进行 3D 重构，得到工件的 3D 内部结构图。

(6) 本项目检测的工件为轴承滚珠、牙齿模型等精密工件，材质主要为钢、铝和铜，直径最大约 500mm，高度最大约 800mm。

9.4 工艺流程和产污环节

本项目拟使用的Ⅲ类射线装置属环境影响较小的建设项目，因此本报告主要介绍Ⅱ类射线装置（工业 CT）的工艺流程，本项目的工业 CT 的工艺流程和产污环节如图 9-6 所示。

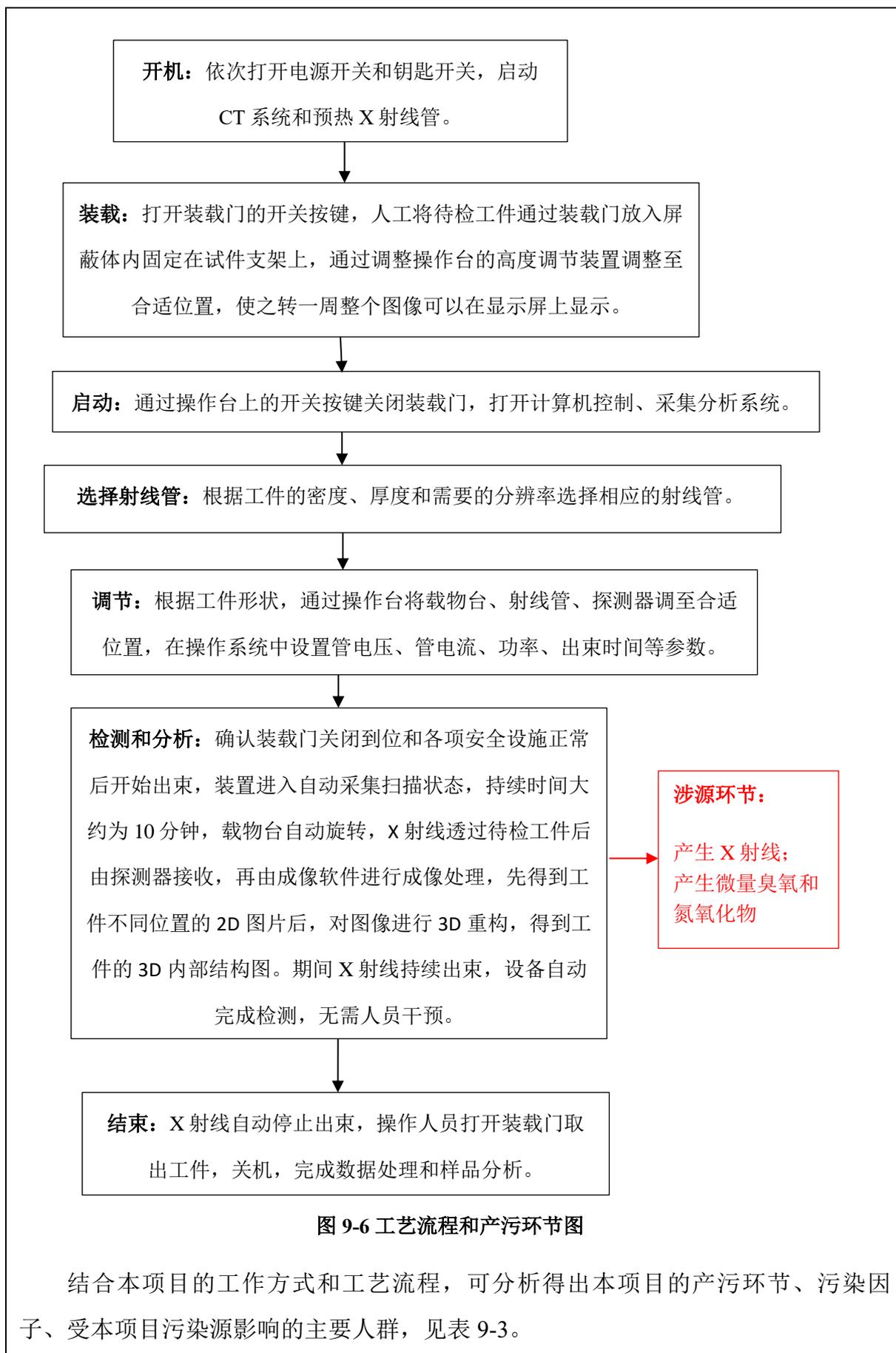


图 9-6 工艺流程和产污环节图

结合本项目的工作方式和工艺流程，可分析得出本项目的产污环节、污染因子、受本项目污染源影响的主要人群，见表 9-3。

表 9-3 产污环节分析一览表

产污环节	“检测和分析”环节
辐射因子	X 射线
污染因子	臭氧、氮氧化物
受本项目污染源影响的主要人群	操作射线装置的人员（辐射工作人员）

9.5 工作负荷和人员配置

建设单位拟为本项目安排 4 名人员，4 名人员同时负责 II 类装置和 III 类装置的操作，经辐射安全与防护培训和考核合格后成为辐射工作人员，其中 1 人负责管理和操作，另 3 名人员负责操作。本项目的射线装置只允许经过辐射培训和考核的辐射工作人员操作，不允许与本项目无关的人员操作。

工业 CT 投入使用后预计每天检测最多 10 个样品，检测每个样品的 X 射线出束时间最长约为 10 分钟；X 射线检测系统投入使用后预计每天检测最多约 10 个样品，检测每个样品的 X 射线出束时间最长约为 4 分钟。本项目每周工作 5 天，全年工作时间为 52 周。本项目工作负荷一览表见表 9-4。

本项目采用轮班制，因辐射工作人员的年操作时长不同，为保守估算，辐射工作人员单人的工作负荷保守取全年负荷值。

表 9-4 工作负荷一览表

射线装置	日出束时间	周出束时间	年出束时间
工业 CT	1.7h	8.5h	442h
X 射线检测系统	0.67h	3.4h	177h

9.6 污染源项描述

9.6.1 辐射源

①正常工况

本项目的污染因子是 X 射线，随射线管的开和关而产生和消失。在正常工况下，检测过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、

反射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

②事故工况

本项目在事故工况下，可能产生辐射影响的情形有以下几点：

(1) 射线装置装载门安全联锁发生故障，导致在装载门未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄露使工作人员受到不必要的照射；

(2) 射线装置装载门安全联锁失效，工作人员在取放工件的过程中，意外开启 X 射线发生器，导致工作人员被意外照射；

(3) 射线装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射。

9.6.2 其他污染源

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，保持工作场所的良好通风可避免辐射工作场所空气中的有害气体含量增加。

9.7 源强分析和参数

本项目拟使用的 III 类射线装置属环境影响较小的建设项目，因此本报告按最大功率的射线管去评价，主要介绍 II 类射线装置（工业 CT）的源强分析和参数。本项目的工业 CT 最大管电压、最大管电流、滤过条件、线束张角、有用线束距辐射源点 1m 处的输出量由设备厂家给出（工业 CT 射线管参数证明材料见附件 3），泄露射线距辐射源点 1m 处的剂量率参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的表 1 选取。源强有关数据见表 9-5。

表 9-5 工业 CT 源项参数

技术参数	数值
最大管电压	225kV
最大管电流	3mA
滤过条件	2mmAl
线束张角	45°

有用线束距辐射源点 1m 处输出量	$0.63\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{s})$
泄露线束距辐射源点 1m 处剂量率	$5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$

表 10 辐射安全与防护

本项目拟使用的III类射线装置属环境影响较小的建设项目，因此本报告主要介绍II类射线装置（工业CT）的辐射屏蔽设计、辐射安全与防护措施。

10.1 辐射屏蔽设计

10.1.1 主体屏蔽设计

本项目使用的工业CT自带钢铅结构的屏蔽体，装载门位于设备的前侧，采用电动平移门，检修门位于设备的左侧，采用手动平开门。装载门和检修门屏蔽厚度与主屏蔽体一致。工业CT三视图如图10-1至图10-3所示，屏蔽参数见表10-1。

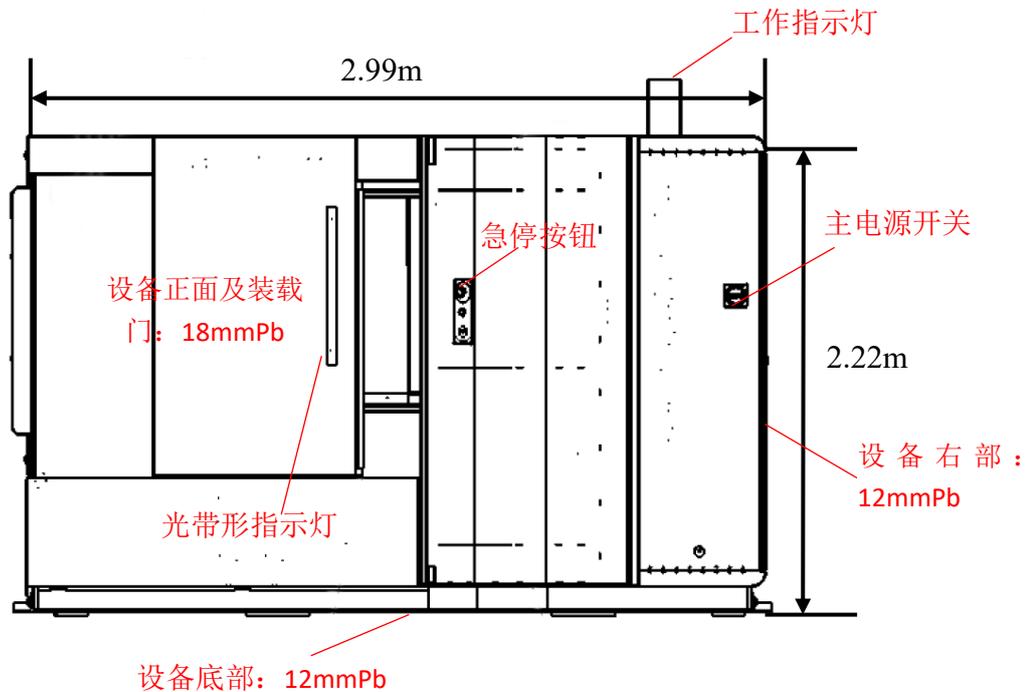


图 10-1 工业CT立体正视图

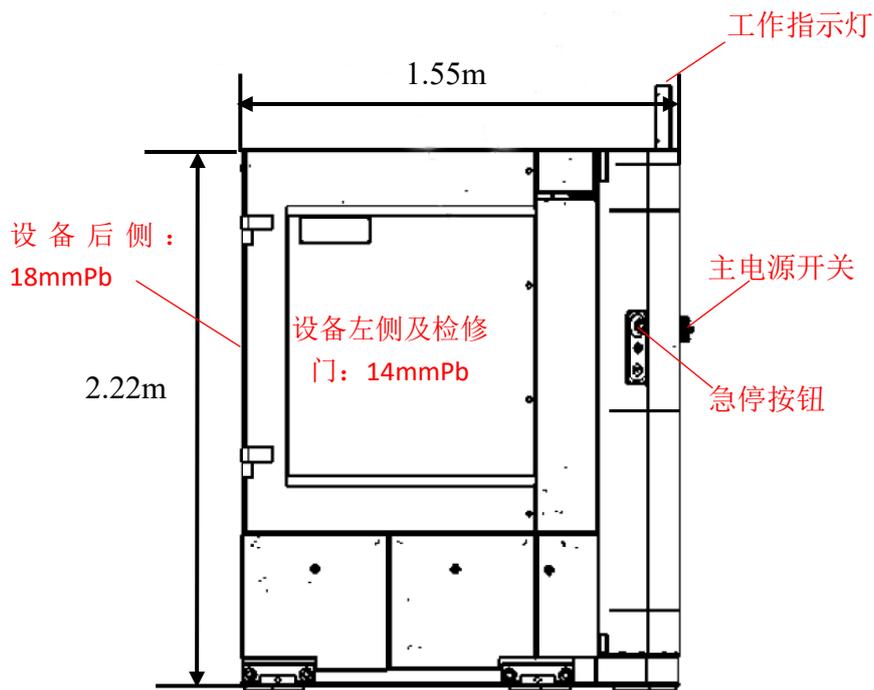


图 10-2 工业 CT 左视图

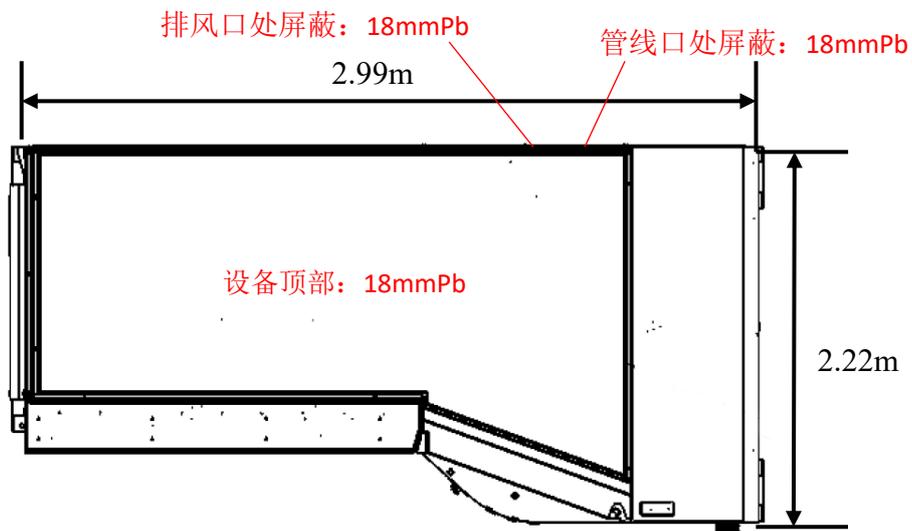


图 10-3 工业 CT 俯视图

表 10-1 射线装置屏蔽参数一览表

项目	设计情况	屏蔽铅当量
正面	合金内衬 18mm 铅板	18mmPb
后侧	合金内衬 18mm 铅板	18mmPb

左侧	合金内衬 14mm 铅板（主射面）	14mmPb
右侧	合金内衬 12mm 铅板	12mmPb
顶部	合金内衬 18mm 铅板	18mmPb
底部	合金内衬 12mm 铅板	12mmPb
装载门	合金内衬 18mm 铅板	18mmPb
左侧检修门	合金内衬 14mm 铅板（主射面）	14mmPb
排风口	18mmPb 屏蔽罩	18mmPb
管线口	18mmPb 屏蔽罩	18mmPb

10.1.2 管线穿屏蔽体补偿措施

本项目工业 CT 内部各组件需要通过管线与屏蔽体外部的操作台连接，在设备的后侧设置了直径为 5cm 的穿线孔，采用 L 型设计，并加装 18mmPb 的屏蔽罩壳，与后侧屏蔽体厚度一致，管线穿屏蔽体示意图见图 10-4。

本项目工业 CT 后侧设置了排风扇，排风口直径为 15cm，设有百叶窗。排风口外设有屏蔽罩壳，屏蔽厚度为 18mmPb，采用“迷道”式设计，与后侧屏蔽体厚度一致，排风口屏蔽补偿示意图见图 10-5。

射线经屏蔽罩壳、屏蔽体衰减并经管道多次散射后，屏蔽体外管线口处和通风口处的辐射泄露可忽略不计，综上说明本项目工业 CT 的管线口和通风口屏蔽补偿设计合理。

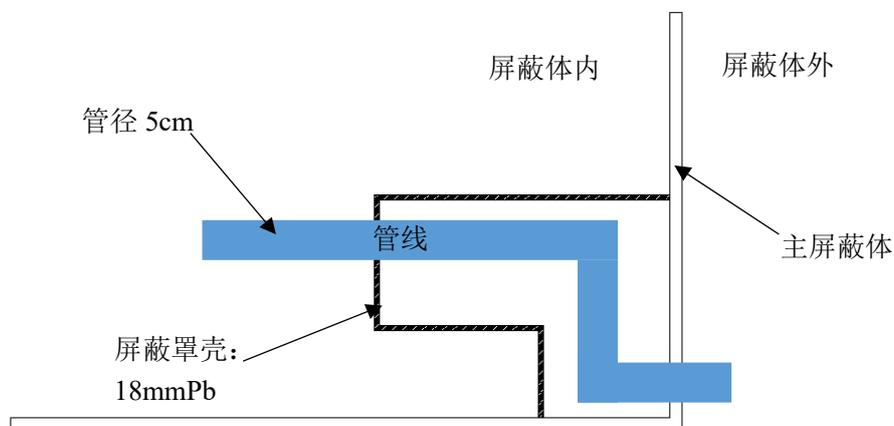


图 10-4 管线穿屏蔽体示意图

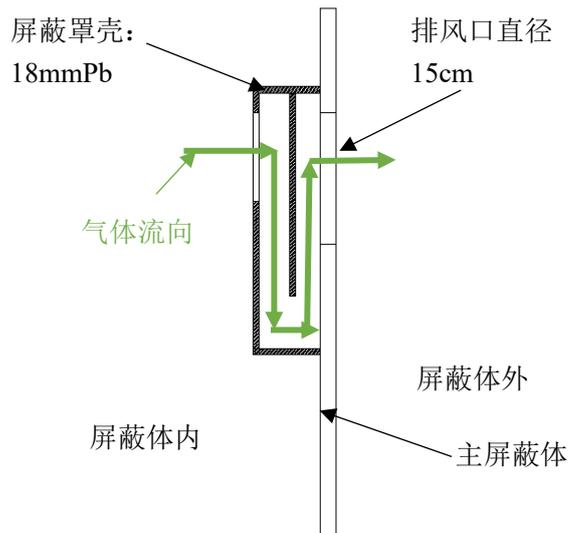


图 10-5 排风口屏蔽补偿示意图

10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 安全联锁系统

本项目的射线装置设有安全联锁系统，安全联锁设计要求钥匙开关闭合、急停按钮复位、装载门正常关闭、指示灯正常的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，一旦其中有一道设施未到位射线装置不能启动。X 射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X 射线立即切断出束，复位后 X 射线不会自动出束。

10.2.2 门机联锁装置

本项目工业 CT 设置了门机联锁装置，在装载门和检修门各设有 2 个限位开关。只有当装载门和检修门关闭到位后，同时触发 2 个限位装置，高压电源才能接通，射线装置才能开启。装载门和检修门打开与限位装置分离时，射线装置高压电源将被切断，并且射线装置系统界面会报告异常，无法出束。射线装置工作时，按下开门按键会先切断高压电源停止出束，重新关上装载门和检修门后射线装置不会自动开启。门机联锁逻辑图见图 10-6。

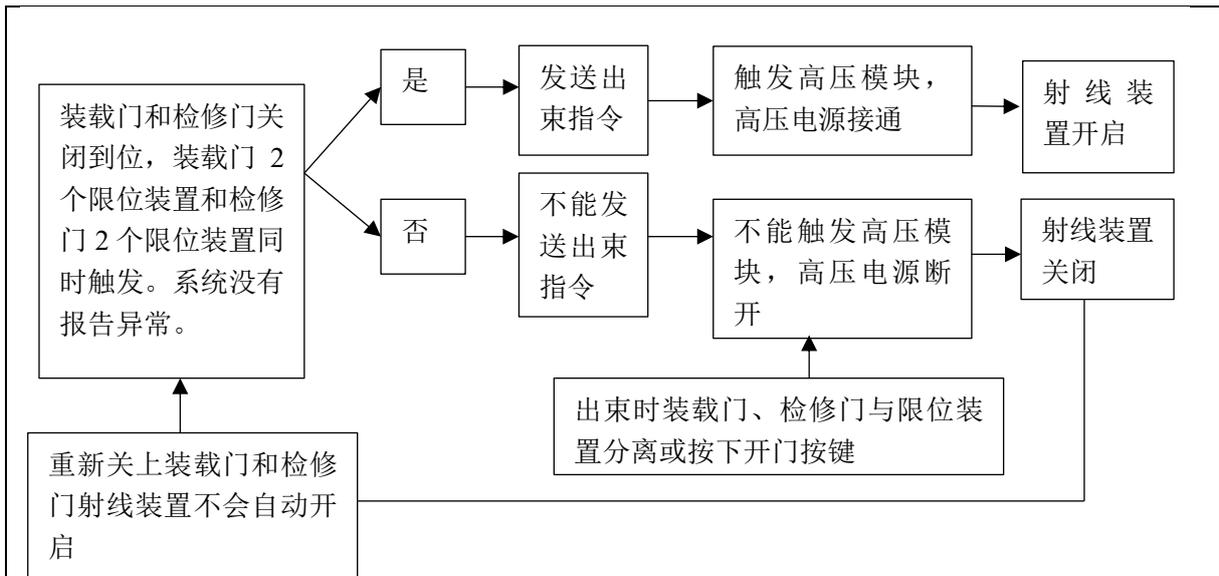


图 10-6 工业 CT 门机联锁逻辑图

10.2.3 警示设施和工作状态指示灯

建设单位将在射线装置的正面张贴电离辐射警示标志，X 射线检测区边界将设立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌。

本项目工业 CT 设有工作状态指示灯（实物图见图 10-7），黄灯闪烁代表 X 射线处于工作状态，有射线出束，熄灭表示高压断开，没有射线出束。工作状态指示灯位置见图 10-1。设备还自带 1 个光带形指示灯，光带形指示灯实物图见图 10-8，X 射线出束时光带形指示灯亮，辐射工作人员可从距射线装置较远的地方知晓射线装置的工作状态。灯带状态：绿灯代表正在扫描；蓝灯表示控制软件关闭，处于待机状态，无法开启射线；白灯表示控制软件打开，处于待机状态，可以开启射线。建设单位将在 X 射线检测区内醒目位置张贴射线装置信号指示意义的说明。



图 10-7 工作状态指示灯实物图



图 10-8 光带形指示灯实物图（蓝灯状态）

10.2.4 多重开关

本项目的射线装置在设备正面设有 1 个主电源开关，在操作台上设有 1 个钥匙开关，只有两个开关同时打开后设备才能启动，任何一道开关未打开 X 射线都将无法正常出束。工业 CT 的钥匙由辐射安全管理机构组长进行保管，只有授权的本项目辐射工作人员才能使用，无关人员无法使用钥匙，使用钥匙时需要填写使用登记表。钥匙开关实物图见图 10-9，主电源开关实物图见图 10-10。



图 10-9 钥匙开关实物图



图 10-10 主电源开关实物图

10.2.5 紧急停机

本项目的射线装置在正面显眼位置、操作台上和射线装置装载门右侧内各设有 1 个急停按钮。操作人员不需要穿过主射线束就能够使用，发生紧急事故时可以迅速切断设备的多项部件的电源，立即停止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。急停按钮实物图见图 10-11。



图 10-11 急停按钮实物图

10.2.6 辐射监测设施

建设单位拟为每名辐射工作人员各配备 1 个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有报警功能、实时辐射剂量率监测显示和可以设置报警值功能（报警阈值设置为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射工作负责人报告。

建设单位拟配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，便携式 X- γ 剂量率仪具有报警功能，

将设置报警阈值为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，在本项目射线装置工作期间保持开启，用于辐射工作人员自我安全监测。拟使用便携式 X- γ 剂量率仪定期（每个月 1 次）对射线装置周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

10.3 辐射工作场所布局、分区及管控

10.3.1 布局和分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，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。

对于控制区：应采用实体边界划定控制区，在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合相关规定的警告标志；运用行政管理程序，如进入控制区的工作许可证制度和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。

对于监督区：采用适当的手段划出监督区的边界；在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.2 的规定：应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

布局：本项目 X 射线检测区设置在精密测量实验室的北侧角落位置，充分考虑了周围的辐射安全，工业 CT 放置在 X 射线检测区的北侧，X 射线检测系统放置 X 射线检测区的东侧，X 射线检测区只放置本项目的射线装置、操作台及配套设施，不作其他用途，工业 CT 的操作台设在射线装置南侧，避开有用射线方向。

分区：建设单位拟将工业 CT 和 X 射线检测系统实体屏蔽内部以及屏蔽体外四周 30cm 的区域划为控制区，将精密测量实验室北侧整个 X 射线检测区设置为监督区。辐射工作场所布局和分区示意图如图 10-12 所示。

10.3.2 管控措施

精密测量实验室设置了门禁，只有授权人员才能进入。建设单位拟在监督区南侧边界设置设立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌。拟在 X 射线检测区东侧的风机房旁设置警戒线，在门上张贴“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌，风机房的门将保持关闭状态。建设单位针对监督区设置的管控措施可有效防止无关人员进入工作场所。

小结：控制区通过实体屏蔽、急停装置、门机连锁装置等进行控制，监督区通

过实体墙壁、工作警示牌等进行管理。综上所述，辐射工作场所的布局和分区方案有利于分区管理，可有效隔离非辐射工作人员进入监督区，布局和分区合理。

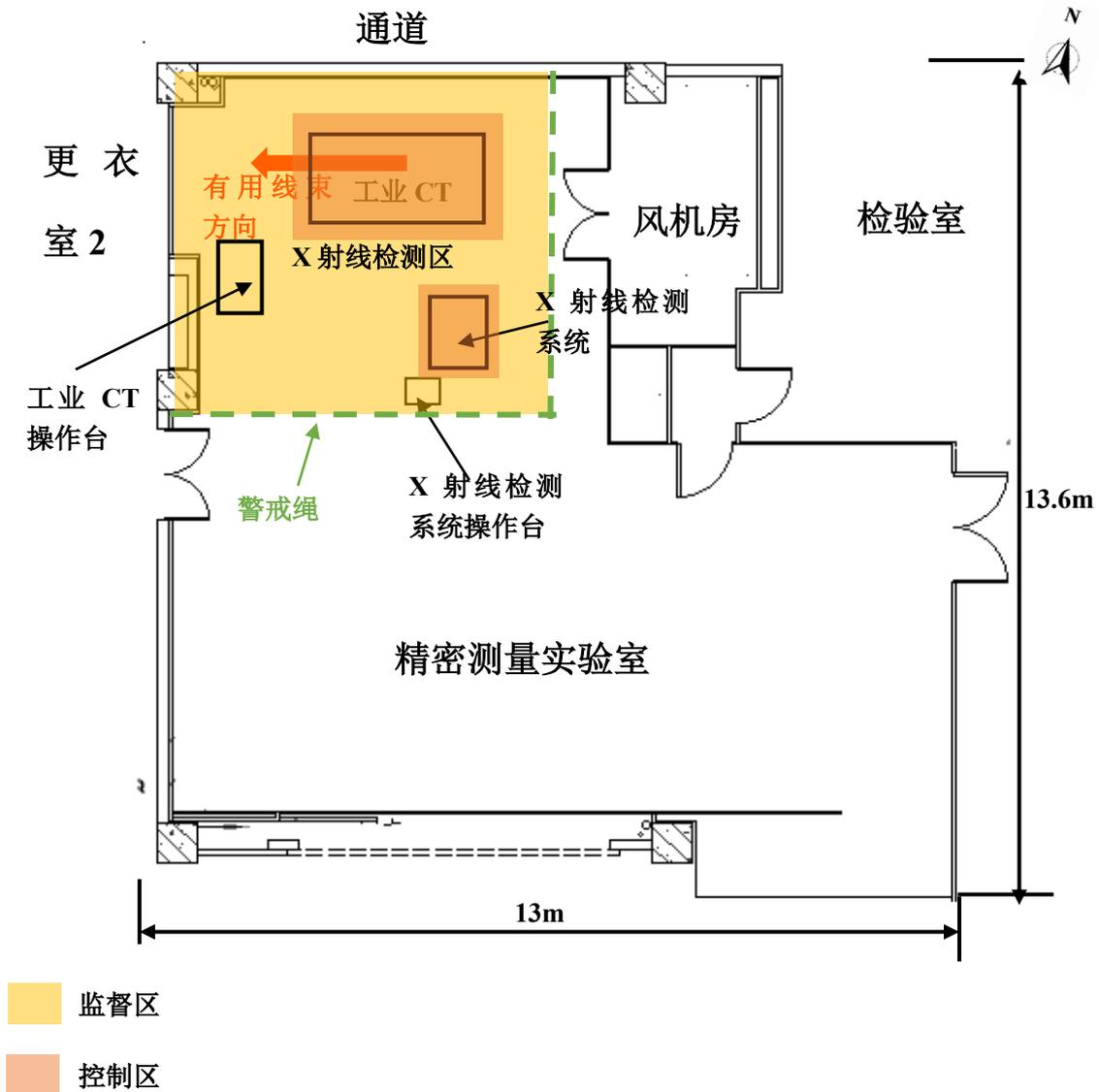


图 10-12 辐射工作场所布局和分区示意图

10.4 辐射安全与防护实施方案

按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)对本项目的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析，对照分析表见表 10-2 至 10-5。

表 10-2 辐射工作场所布局和分区要求对照表

(GBZ117-2022) 的辐射工作场所布局和分区要求	实施方案	评价
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。	本项目射线装置自带屏蔽体，放在精密测量实验室北侧角落的 X 射线检测区内使用，充分考虑了邻近场所的辐射安全。本项目工业 CT 有用线束方向朝设备左侧（西侧），操作台设置在南侧，避开了有用线束方向。	满足要求
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。	建设单位拟将射线装置实体屏蔽内部以及屏蔽体外四周 30cm 的区域划为控制区，将精密测量实验室北侧整个 X 射线检测区设置为监督区。满足 GB 18871 的要求。	满足要求

表 10-3 工作场所辐射屏蔽要求对照表

(GBZ117-2022) 的工作场所辐射屏蔽要求	实施方案	评价
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 30m 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。	根据表 11 的理论计算，射线装置屏蔽体和装载门的辐射屏蔽均同时满足人员在关注点的周剂量控制要求和关注点周围剂量当量率控制要求。	满足要求
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 4.1.3；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为 100 μ Sv/h。	本项目射线装置屏蔽体顶部的辐射屏蔽要求应不大于 2.5 μ Sv/h； 根据表 11 的理论计算，屏蔽体顶部的辐射屏蔽同时满足人员在关注点的周剂量控制要求和关注点周围剂量当量率控制要求。	满足要求

表 10-4 各项辐射安全与防护措施对照表

(GBZ117-2022) 的辐射安全与防护安全要求	实施方案	评价
<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。</p>	<p>本项目工业 CT 设置了门机联锁装置，在装载门和检修门各设有 2 个限位开关。只有当装载门和检修门关闭到位后，触发限位装置，高压电源才能接通，射线装置才能开启。装载门和检修门打开与限位装置分离时，射线装置高压电源将被切断，并且射线装置系统界面会报告异常，无法出束。射线装置工作时，按下开门按键会先切断高压电源停止出束再打开装载门和检修门，重新关上后射线装置不会自动开启。</p>	<p>满足要求</p>
<p>6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机连锁。“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“预备”和“照射”信号意义的说明。</p>	<p>本项目工业 CT 设有工作状态指示灯（实物图见图 10-7），黄灯闪烁代表 X 射线处于工作状态，有射线出射。熄灭表示高压断开，没有射线出射。工作状态指示灯位置见图 10-1。设备还自带 1 个光带形指示灯，光带形指示灯实物图见图 10-8，X 射线出束时光带形指示灯亮，辐射工作人员可从距射线装置较远的地方知晓射线装置的工作状态。灯带状态：绿灯代表正在扫描；蓝灯表示控制软件关闭，处于待机状态，无法开启射线；白灯表示控制软件打开，处于待机状态，可以开启射线。建设单位将在 X 射线检测区内醒目位置张贴射线装置信号指示意义的说明。</p>	<p>满足要求</p>
<p>6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视</p>	<p>装置内部设有摄像机，可以观察到装置的运行情况。</p>	<p>满足要求</p>

器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。		
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标识和中文警示说明。	建设单位在购买和安装了射线装置后，将在装置正面张贴电离辐射警示标志和中文警示说明，在 X 射线检测区边界设立“辐射工作场所，非辐射工作人员请勿靠近”的工作警示牌。	满足要求
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。	射线装置在正面显眼位置、操作台上和装载门内右侧各设有 1 个急停按钮，操作人员不需要穿过主射线束就能够使用，发生紧急事故时可以迅速切断装置的多项部件的电源，立即终止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。	满足要求
6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	<p>本项目射线装置设有机械排风装置，排风口位于设备后侧，CT 内部每小时有效通风换气次数为 5 次。</p> <p>射线装置所在的精密测量实验室设有 3 个排风装置，每个排风装置的排风量为 550m³/h，精密测量实验室的容积约为 499m³，可确保精密测量实验室内部每小时有效通风换气次数为 3.3 次。精密测量实验室的排风口通过管道与 2 号楼的排风系统连接，在无人员居留的楼顶排放，避开了人员密集区域。</p>	满足要求
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	建设单位拟为每位辐射工作人员配备 1 个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有实时显示和报警功能，可以满足实时监测和报警的要求。	满足要求

表 10-5 安全操作要求对照表

(GBZ117-2022) 的安全操作要求	实施方案	评价
<p>6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护措施。</p>	<p>工作人员作业前检查射线装置门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护措施，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。</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>建设单位拟为每位辐射工作人员配备 1 个人剂量报警仪。在工作期间，辐射工作人员将个人剂量报警仪佩戴在身上并保持开机状态，当剂量率达到 2.5μSv/h 时，个人剂量报警仪会立刻报警。</p> <p>建设单位拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，便携式 X-γ 剂量率仪具有报警功能，将设置报警阈值为 2.5μSv/h，在本项目射线装置工作期间保持开启，用于辐射工作人员自我安全监测。</p> <p>当个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪报警时，辐射工作人员应立即关闭射线装置电源、停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作场所，并立即向辐射工作负责人报告。</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。测量值应当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>建设单位拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪用于定期辐射监测，对射线装置周围剂量当量率进行巡测（每月 1 次），做好巡测记录。当测量值高于 2.5μSv/h 时，需立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对装置外的环境辐射水平进行年度检测。</p>	<p>满足要求</p>

<p>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。</p>	<p>工作人员工作前先检查便携式 X-γ 剂量率仪是否正常工作，如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作时，则不能开始检测工作。</p>	<p>满足要求</p>
<p>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。</p>	<p>在每次照射前，辐射工作人员需确认射线装置各项安全联锁设施全部正常、装载门和检修门关闭到位、屏蔽体外观完好的情况下，射线装置才能启动、才能出束，把潜在的辐射降到最小。</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。</p>	<p>在每次照射前，辐射工作人员应在辐射工作前确认各项安全联锁系统正常、装载门和检修门关闭到位的情况下射线装置才能启动，才能开始辐射工作。</p>	<p>满足要求</p>

小结：综上分析，建设单位拟采取的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

10.5 日常检查与维护

10.5.1 日常安全检查

射线装置使用时应检查射线装置装载门门-机联锁装置以及出束信号指示灯等辐射安全与防护措施，若发现任意一项安全措施异常应立刻停止辐射工作，排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- (1) 射线装置外观是否完好；
- (2) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- (3) 液体制冷设备是否有渗漏；
- (4) 装载门是否正常关闭；
- (5) 安全联锁是否正常工作；

- (6) 钥匙开关闭合、急停按钮复位是否正常；
- (7) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- (8) 螺栓等连接件是否连接良好。

10.5.2 设备维护

(1) 建设单位应对射线装置维护负责，每年至少维护一次。射线装置的维修维护由建设单位辐射安全管理机构进行监督和管理，设备维护应由具备资质的设备厂家专业人员负责，由设备管理员做好维修维护记录。

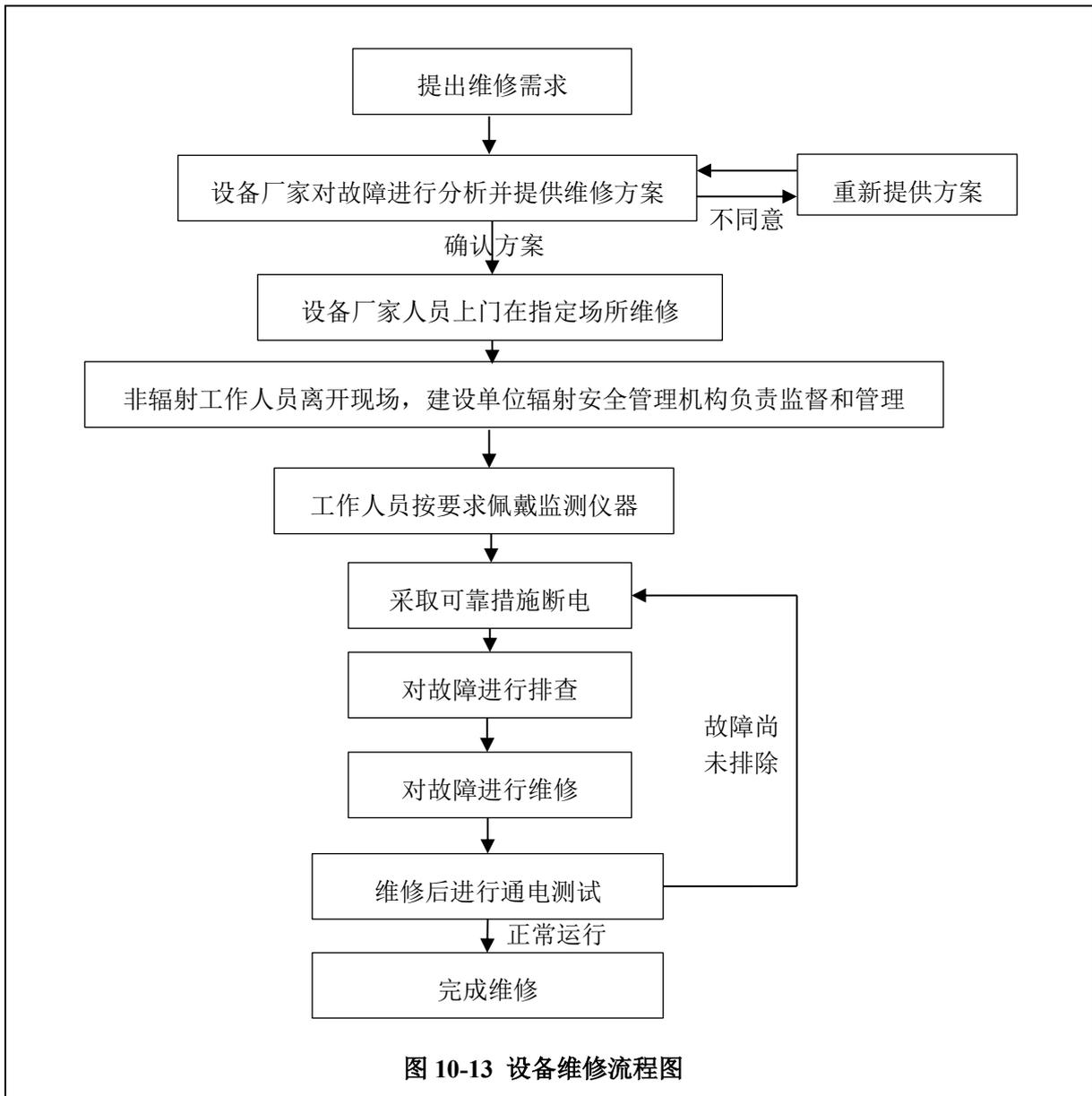
(2) 设备厂家应取得相应维修的资质。

(3) 设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。

(4) 当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品。

(5) 做好设备维护记录。

设备维修流程图见图 10-13。



10.6 三废的治理

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，如果不做处理会使辐射工作场所空气中的有害气体含量增加，浓度较高的臭氧会对人体造成危害。参照国家标准《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022）的相关规定：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。

本项目射线装置在设备的后侧设有机械排风装置，排风量为 15m³/h，在工作期间保持开启，射线装置内部容积约为 3m³，可确保设备内部每小时有效通风换气次数为 5 次。射线装置所在的精密测量实验室设有 3 个排风装置，每个排风装置的排

风量为 550m³/h，精密测量实验室的容积约为 499m³，可确保精密测量实验室内部每小时有效通风换气次数为 3.3 次。精密测量实验室排风口通过管道与 2 号楼的排风系统连接，在无人员居留的楼顶排放，避开了人员密集区域。由射线装置内部空气电离产生的少量臭氧和氮氧化物将被及时排至外环境，并得到迅速分解，不会在室内环境积累。

以上措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“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。”的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段环境影响分析

本项目使用成品电气设备，由生产厂家搬送至辐射工作场所，不涉及施工建设，不会产生施工废水和扬尘，也不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体。本项目主要环境影响因子是设备搬运和安装时产生的噪声及固体废物。

设备搬运和安装时产生间歇性噪声和振动，搬运和安装工作应选在上午 8:00~12:00 或下午 14:00~17:00，避开午间和夜间休息时间，减少对项目周边人员产生的影响。

本项目建设期间不涉及射线装置的使用，不会对周边环境产生电离辐射影响，但在安装调试的过程中，需严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。本工程规模较小，建设时间较短，对周边环境影响程度均仅局限在 2 号楼内。通过控制作业时间、加强施工现场管理措施，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着建设期的结束而消除。

运行阶段环境影响分析

11.1 辐射剂量率计算

11.1.1 工业 CT

本项目拟使用的工业 CT 具备 2 个射线管，其中 225kV 射线管的最大管电压 225kV、最大管电流 3mA，190kV 射线管的最大管电压 190kV、最大管电流 1mA，为了分析该射线装置运行时对周围环境的影响，本项目保守按 225kV 射线管进行估算，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关公式，估算 X 射线出束时，射线装置屏蔽体外的周围剂量当量率水平。

工业 CT 的 X 射线管位于设备内部右侧，X 射线管可上下移动，移动范围为 0.5m。工业 CT 有用线束方向朝人员正视工业 CT 装载门的左侧屏蔽体照射（西侧）。本项工业 CT 有用线束角度为 45°， $L/2=1.62m \times \tan 22.5^\circ=0.67m$ ，可照射整个左侧屏蔽体和部分的前侧、后侧、顶部的屏蔽体。本报告选取工业 CT 屏蔽体外

0.3m 处为辐射水平关注点，工业 CT 内部示意图见图 11-1，关注点分布图见图 11-2。

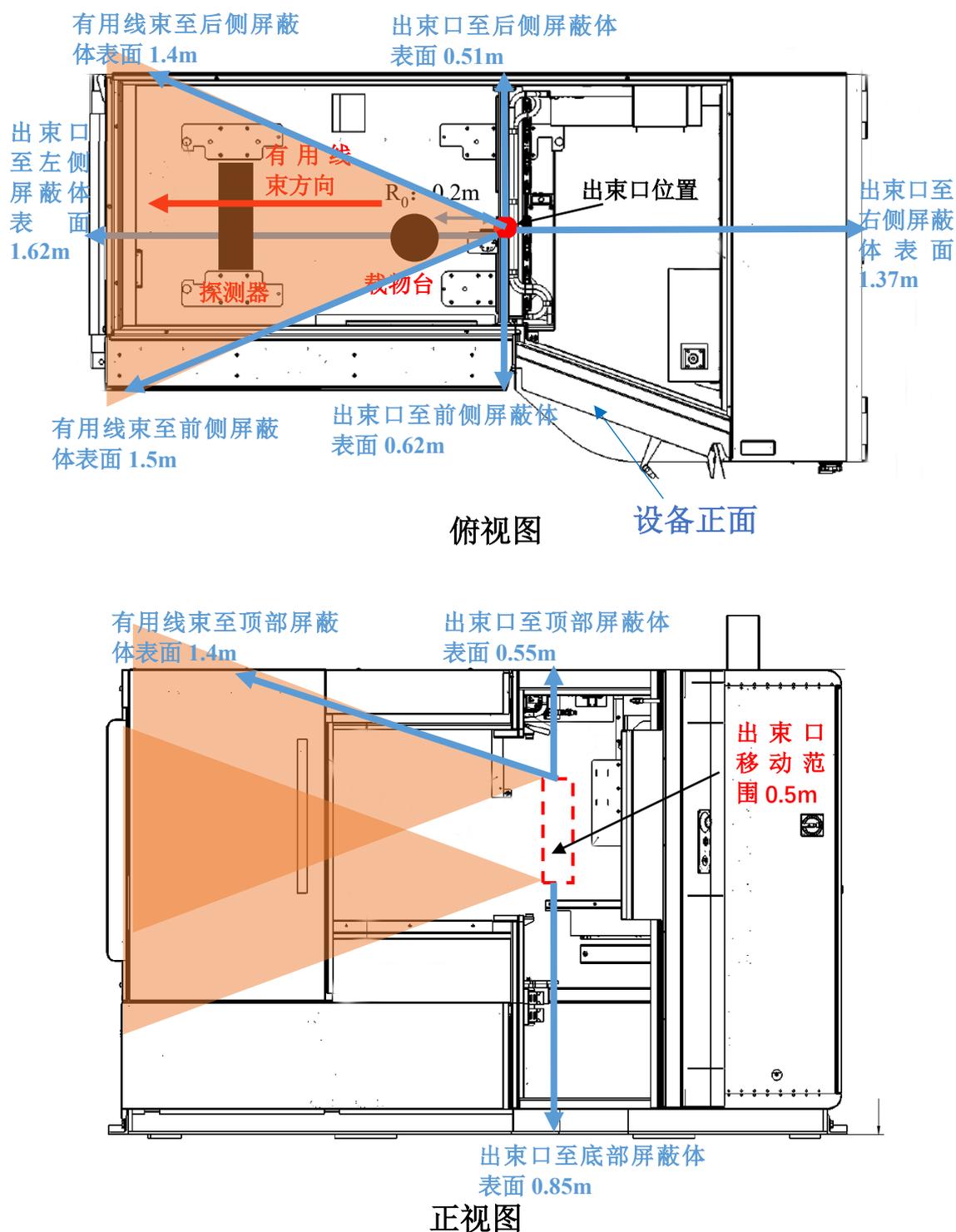
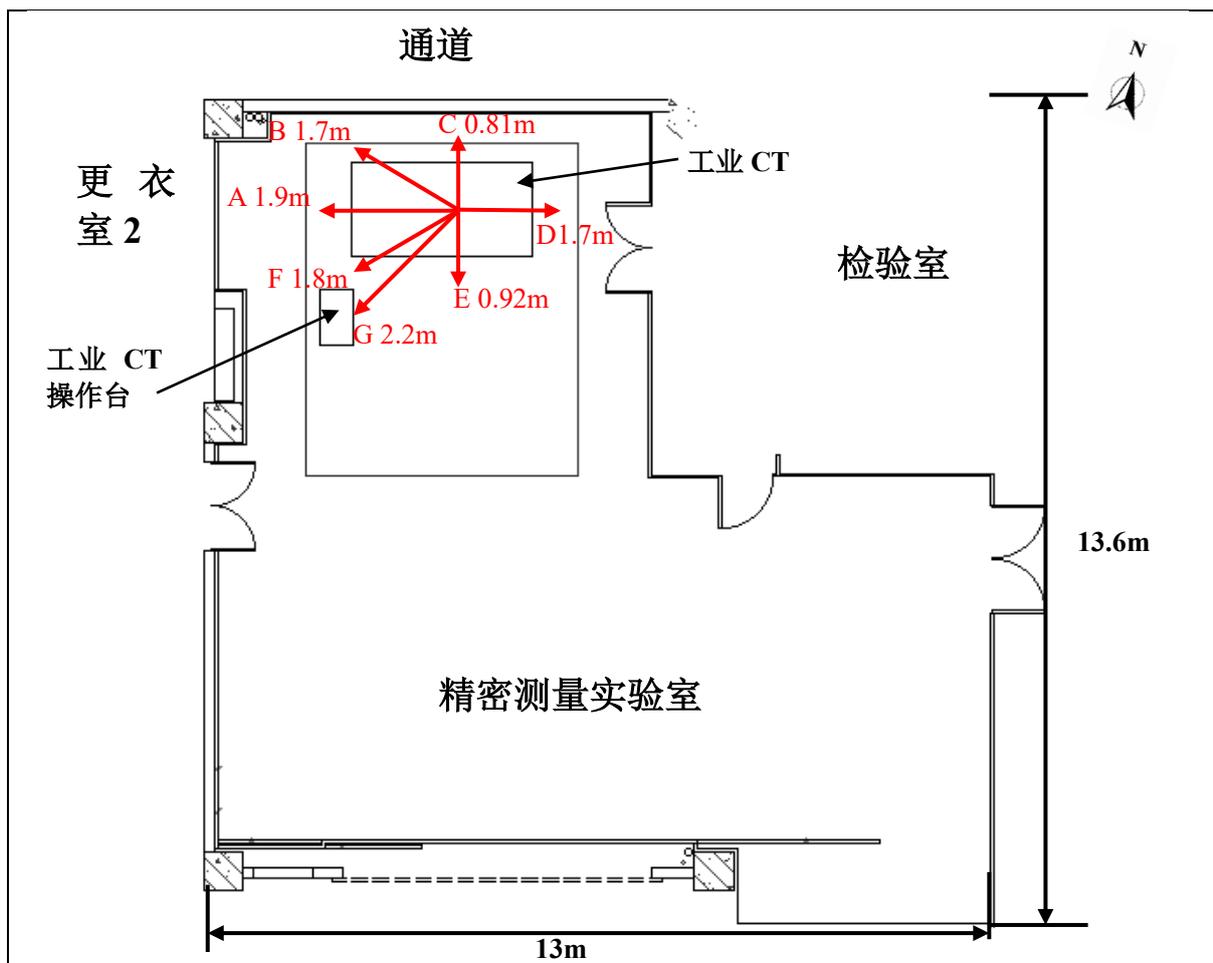
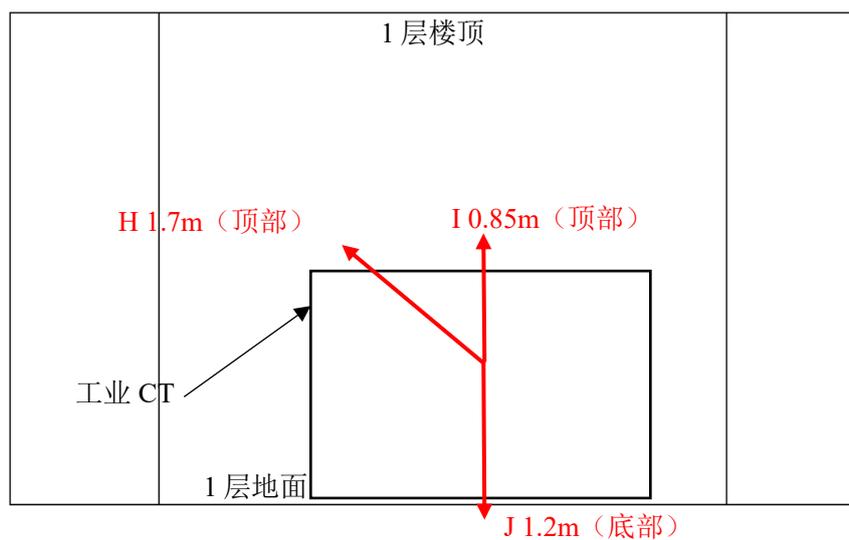


图 11-1 工业 CT 内部示意图



平面图



剖面图

图 11-2 关注点分布图

本项目最大管电压为 225kV，滤过条件为 2mmAl，为保守分析，本项目有用线束的屏蔽透射因子 B 按照 250kV 的参数进行选取。初级射线的透射因子 B 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）图 B.1，当电压为 250kV 的宽束 X 射线透过铅层，滤过条件为 0.5mmCu，铅板厚度为 13mmPb 时，透射因子约为 1.0E-06。本项目最大管电压为 225kV，左侧的屏蔽体的屏蔽厚度为 14mmPb，前侧、后侧、顶部的屏蔽体的屏蔽厚度为 18mmPb，有用线束的透射因子 B 可保守取值 1.0E-06。

初级射线在关注点的剂量率按公式（11-1）计算：

$$\dot{H}_1 = \frac{I \times H_0 \times B}{R^2} \quad (11-1)$$

对于漏射线束和散射线束，给定屏蔽物质厚度 X 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式（11-2）计算：

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

漏射线在关注点的剂量率按公式（11-3）计算：

$$\dot{H}_2 = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad (11-3)$$

90°散射线在关注点的辐射剂量率按公式（11-4）计算：

$$\dot{H}_3 = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-4)$$

式中：

- I 工业 CT 在最高管电压下的常用最大管电流，单位为 mA；
- H₀ 距辐射源点 1m 处输出量，单位为 mGy·m²/(mA·min)；
- B 屏蔽透射因子；
- R 辐射源点至关注点的距离，单位为 m；
- R_s 散射体至关注点的距离，单位为 m；
- X 屏蔽物质厚度，单位为 mm；
- TVL 屏蔽物质的什值层，单位为 mm；
- \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，单位为 μ Sv/h；
- F R₀ 处的辐射野面积，单位为 m²；

a 散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体到其 1m 处的散射辐射剂量率的比。根据（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.3 保守取值 0.0475。

R₀ 辐射源点至散射体的距离，单位为 m。

由于该工业 CT 有用线束方向朝西照射，角度为 45°，有用线束可照射到整个左侧屏蔽体和部分的前侧、后侧、顶部的屏蔽体，因此保守将关注点 A、B、F、H 考虑有用线束的辐射影响，其余关注点主要考虑泄露线束和散射线束的辐射影响。

计算有关参数的选取列于表 11-1，透射因子有关参数的选取列于表 11-2，源项参数列于表 11-3，各屏蔽面外关注点的辐射剂量率估算结果列于表 11-4。

表 11-1 计算参数一览表

关注点	R(m)	R _s (m)	F(m ²)	a	R ₀ (m)
A（西侧）	1.9	-	-	-	-
B（北侧）	1.7	-	-	-	-
C（北侧）	0.81	0.83	0.02	0.0475	0.2
D（东侧）	1.7	1.9	0.02	0.0475	0.2
E（南侧）	0.92	0.94	0.02	0.0475	0.2
F（南侧）	1.8	-	-	-	-
G（操作位）	2.2	2.2	0.02	0.0475	0.2
H（顶部）	1.7	-	-	-	-
I（顶部）	0.85	0.87	0.02	0.0475	0.2
J（底部）	1.2	1.2	0.02	0.0475	0.2

注：R_s的取值通过几何关系得出。辐射野面积的取值： $F=\pi (R_0 \text{tg}(45^\circ/2))^2=0.02 \text{ m}^2$

表 11-2 透射因子计算参数一览表

关注点	屏蔽厚度	射线类型	TVL 值	透射因子 B
A（西侧）	14mmPb	有用线束	-	1.0E-06
B（北侧）	18mmPb	有用线束	-	1.0E-06
C（北侧）	18mmPb	泄漏线束	2.9mm	6.2E-07
		散射线束	1.4mm	1.4E-13

D (东侧)	12mmPb	泄漏线束	2.9mm	7.3E-05
		散射线束	1.4mm	2.7E-09
E (南侧)	18mmPb	泄漏线束	2.9mm	6.2E-07
		散射线束	1.4mm	1.4E-13
F (南侧)	18mmPb	有用线束	-	1.0E-06
G (操作位)	18mmPb	泄漏线束	2.9mm	6.2E-07
		散射线束	1.4mm	1.4E-13
H (顶部)	18mmPb	有用线束	-	1.0E-06
I (顶部)	18mmPb	泄漏线束	2.9mm	6.2E-07
		散射线束	1.4mm	1.4E-13
J (底部)	12mmPb	泄漏线束	2.9mm	7.3E-05
		散射线束	1.4mm	2.7E-09

注：按照（GBZ/T250-2014），泄漏线束的 TVL 值保守取 250kV 对应值，散射线束 TVL 值取 200kV 对应值。

表 11-3 源项参数一览表

射线类型	距辐射源点 1m 处输出量
有用线束	$0.63\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{s})$
泄露线束	$5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$

表 11-4 关注点辐射剂量率水平估算结果（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ）

关注点	控制值	\dot{H}_1	\dot{H}_2	\dot{H}_3	\dot{H}
A (西侧)	2.5	1.9	-	-	1.9
B (北侧)	2.5	2.4	-	-	2.4
C (北侧)	2.5	-	4.7E-03	3.3E-08	4.7E-03
D (东侧)	2.5	-	0.13	1.2E-04	0.13
E (南侧)	2.5	-	3.7E-02	2.6E-08	3.7E-02
F (南侧)	2.5	2.1	-	-	2.1
G (操作位)	2.5	-	6.4E-04	4.7E-09	6.4E-04

H (顶部)	2.5	2.4	-	-	2.4
I (顶部)	2.5	-	4.3E-03	3.0E-08	4.3E-03
J (底部)	2.5	-	0.25	3.0E-04	0.25

注：关注的剂量率 \dot{H} 由 \dot{H}_1 、 \dot{H}_2 和 \dot{H}_3 叠加得到。

从表 11-4 可以看到，本项目工业 CT 屏蔽体外 0.3m 关注点处的辐射剂量率估算值最高约 2.4 μ Sv/h，不大于 2.5 μ Sv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率控制要求。

11.1.2 X 射线检测系统

本项目的 X 射线检测系统自带屏蔽体，根据设备厂家提供的出厂检测报告（见附件 4），该设备按照最大工作条件运行时屏蔽体外 0.1m 辐射剂量率见表 11-5，检测分布图见图 11-3。

表 11-5 X 射线检测系统辐射剂量率检测结果（单位： μ Sv/h）

关注点	位置	测量值
A	设备右侧	0.17~0.19
B	设备前侧	0.17~0.21
C	设备左侧	0.16~0.17
D	设备顶部	0.15~0.23
E	设备后侧	0.18~0.19

注：监测关注点距离屏蔽体 10cm。

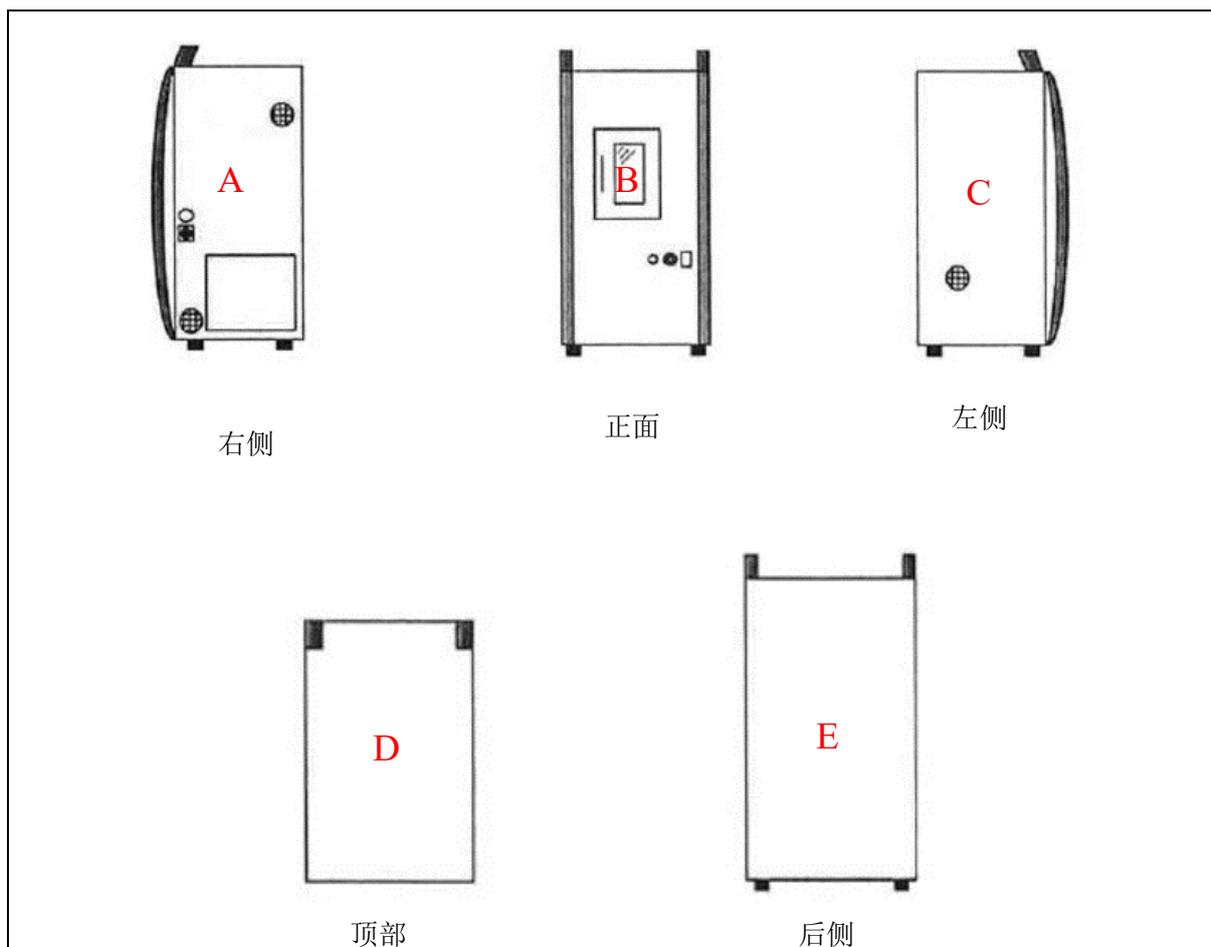


图 11-3 检测分布图

从表 11-5 可以看到，本项目 X 射线检测系统屏蔽体外 0.1m 关注点处的辐射剂量率估算值最高约 0.23 μ Sv/h 小于 2.5 μ Sv/h，即距离屏蔽体外 0.3m 处同样小于 2.5 μ Sv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率控制要求。

11.2 人员受照剂量分析

11.2.1 工业 CT

根据表 11-4 的关注点辐射剂量率估算结果，本报告保守以表 11-4 关注点 F（南侧）的剂量率作为工业 CT 辐射工作人员的关注点剂量率；根据各方向的估算结果，按照“辐射水平与距离平方成反比”，估算评价范围内各方向上各保护目标分布区域（公众）的受照剂量率，结合表 9-4 的工作负荷介绍，按照公式（11-5）可进一步估算出各保护目标的有效受照剂量，估算结果见表 11-6。

$$E = \frac{\dot{H}/1000 \cdot r_g^2}{r_b^2} \times t \times T \quad (11-5)$$

式中：

E ——保护目标的受照剂量， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ 和 mSv/a ；

\dot{H} ——关注点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

r_g ——关注点至辐射源的距离，单位： m ；

r_b ——保护目标分布场所至辐射源的距离， m ；

t ——出束时间， h ；

T ——保护目标的居留因子，选取参照（GBZ/T250-2014）附录 A 中表 A.1。

表 11-6 保护目标受照剂量估算结果

关注点及方位	场所	保护目标	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	r_g (m)	r_b (m)	周出束时间 (h)	年出束时间 (h)	居留因子	受照剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周剂量当量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂量 (mSv/a)
F (南侧)	X射线检测区	辐射工作人员	2.1	1.8	1.8	8.5	442	1	2.1	17.9	0.93
D (东侧)	检验室	公众	1.3E-01	1.7	11	8.5	442	1/2	7.4E-03	3.1E-02	1.6E-03
	高精度测量室	公众	1.3E-01	1.7	16	8.5	442	1/2	3.5E-03	1.5E-02	7.7E-04
	储物室	公众	1.3E-01	1.7	25	8.5	442	1/20	1.4E-03	6.1E-04	3.2E-05
	电梯厅 2	公众	1.3E-01	1.7	42	8.5	442	1/20	5.1E-04	2.2E-04	1.1E-05
F (南侧)	精密测量实验室	公众	2.1	1.8	7	8.5	442	1/2	1.4E-01	5.9E-01	3.1E-02
	园区	公众	2.1	1.8	16	8.5	442	1/10	2.7E-02	2.3E-02	1.2E-03

	道路										
	广州 百花 香料 股份 有限 公司	公众	2.1	1.8	40	8.5	442	1	4.3E-03	3.6E-02	1.9E-03
A（西 侧）	更衣 室	公众	1.9	1.9	5	8.5	442	1/5	0.27	4.7E-01	2.4E-02
	过厅	公众	1.9	1.9	6	8.5	442	1/10	0.19	1.6E-01	8.4E-03
	大厅	公众	1.9	1.9	11	8.5	442	1/10	5.7E-02	4.8E-02	2.5E-03
	电梯 厅 1	公众	1.9	1.9	21	8.5	442	1/20	1.6E-02	6.6E-03	3.4E-04
	实验 室	公众	1.9	1.9	27	8.5	442	1/2	9.4E-03	4.0E-02	2.1E-03
	卫生 间	公众	1.9	1.9	32	8.5	442	1/5	6.7E-03	1.1E-02	5.9E-04
	园区 道路	公众	1.9	1.9	46	8.5	442	1/20	3.2E-03	1.4E-03	7.2E-05
B（北 侧）	通道	公众	2.4	1.7	6	8.5	442	1/20	0.19	8.2E-02	4.3E-03
	花园	公众	2.4	1.7	20	8.5	442	1/20	1.7E-02	7.4E-03	3.8E-04

	客户中心	公众	2.4	1.7	41	8.5	442	1	4.1E-03	3.5E-02	1.8E-03
	1号实验楼	公众	2.4	1.7	44	8.5	442	1/2	3.6E-03	1.5E-02	7.9E-04
H (顶部)	更衣室	公众	2.4	1.7	5	8.5	442	1/5	0.28	4.7E-01	2.5E-02
	过厅	公众	2.4	1.7	7	8.5	442	1/10	0.14	1.2E-01	6.3E-03
	连廊	公众	2.4	1.7	13	8.5	442	1/10	4.1E-02	3.5E-02	1.8E-03
	实验室	公众	2.4	1.7	14	8.5	442	1/2	3.5E-02	1.5E-01	7.8E-03
	电梯厅3	公众	2.4	1.7	21	8.5	442	1/20	1.6E-02	6.7E-03	3.5E-04
	实验室	公众	2.4	1.7	26	8.5	442	1/2	1.0E-02	4.4E-02	2.3E-03
	卫生间	公众	2.4	1.7	32	8.5	442	1/5	6.8E-03	1.2E-02	6.0E-04
	走廊	公众	2.4	1.7	40	8.5	442	1/5	4.3E-03	7.4E-03	3.8E-04
	电梯厅4	公众	2.4	1.7	43	8.5	442	1/20	3.8E-03	1.6E-03	8.3E-05

11.2.2 X 射线检测系统

以表 11-5 的最大剂量率经距离衰减后作为辐射工作人员和公众的受照剂量率，计算 X 射线检测系统的剂量，估算结果见表 11-7。

表 11-7 保护目标受照剂量估算结果

关注点	场所	保护目标	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离 (m)	周出束时间 (h)	年出束时间 (h)	居留因子	受照剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周剂量当量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂量 (mSv/a)
A	X 射线检测区	辐射工作人员	0.19	1.8	3.4	177	1	5.9E-02	2.0E-01	1.0E-02
E	检验室	公众	0.19	11	3.4	177	1/2	1.6E-03	2.7E-03	1.4E-04
	高精度测量室	公众	0.19	16	3.4	177	1/2	7.4E-04	1.3E-03	6.6E-05
	储物室	公众	0.19	25	3.4	177	1/20	3.0E-04	5.2E-05	2.7E-06
	电梯厅 2	公众	0.19	42	3.4	177	1/20	1.1E-04	1.8E-05	9.5E-07
A	精密测量实验室	公众	0.19	7	3.4	177	1/2	3.9E-03	6.6E-03	3.4E-04
	园区道路	公众	0.19	16	3.4	177	1/10	7.4E-04	2.5E-04	1.3E-05

	广州百花香料股份有限公司	公众	0.19	40	3.4	177	1	1.2E-04	4.0E-04	2.1E-05
B	更衣室	公众	0.21	5	3.4	177	1/5	8.4E-03	5.7E-03	3.0E-04
	过厅	公众	0.21	6	3.4	177	1/10	5.8E-03	2.0E-03	1.0E-04
	大厅	公众	0.21	11	3.4	177	1/10	1.7E-03	5.9E-04	3.1E-05
	电梯厅 1	公众	0.21	21	3.4	177	1/20	4.8E-04	8.1E-05	4.2E-06
	实验室	公众	0.21	27	3.4	177	1/2	2.9E-04	4.9E-04	2.5E-05
	卫生间	公众	0.21	32	3.4	177	1/5	2.1E-04	1.4E-04	7.3E-06
	园区道路	公众	0.21	46	3.4	177	1/20	9.9E-05	1.7E-05	8.8E-07
C	通道	公众	0.17	6	3.4	177	1/20	4.7E-03	8.0E-04	4.2E-05
	花园	公众	0.17	20	3.4	177	1/20	4.3E-04	7.2E-05	3.8E-06
	客户中心	公众	0.17	41	3.4	177	1	1.0E-04	3.4E-04	1.8E-05
	1号实验楼	公众	0.17	44	3.4	177	1/2	8.8E-05	1.5E-04	7.8E-06
D	更衣室	公众	0.23	5	3.4	177	1/5	9.2E-03	6.3E-03	3.3E-04
	过厅	公众	0.23	7	3.4	177	1/10	4.7E-03	1.6E-03	8.3E-05
	连廊	公众	0.23	13	3.4	177	1/10	1.4E-03	4.6E-04	2.4E-05

	实验室	公众	0.23	14	3.4	177	1/2	1.2E-03	2.0E-03	1.0E-04
	电梯厅 3	公众	0.23	21	3.4	177	1/20	5.2E-04	8.9E-05	4.6E-06
	实验室	公众	0.23	26	3.4	177	1/2	3.4E-04	5.8E-04	3.0E-05
	卫生间	公众	0.23	32	3.4	177	1/5	2.2E-04	1.5E-04	8.0E-06
	走廊	公众	0.23	40	3.4	177	1/5	1.4E-04	9.8E-05	5.1E-06
	电梯厅 4	公众	0.23	43	3.4	177	1/20	1.2E-04	2.1E-05	1.1E-06

由于本项目的工业 CT 和 X 射线检测系统可能会同时出束，因此进一步考虑叠加剂量的影响，叠加剂量估算结果见表 11-8。

表 11-8 叠加剂量估算结果

方位	场所	保护目标	工业 CT		X 射线检测系统		叠加剂量	
			周剂量当量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年有效剂量 (mSv/a)	周剂量当量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年有效剂量 (mSv/a)	周剂量当量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年有效剂量 (mSv/a)
南侧	X 射线检测区	辐射工作人员	17.9	0.93	2.0E-01	1.0E-02	18.1	9.4E-01
东侧	检验室	公众	3.1E-02	1.6E-03	2.7E-03	1.4E-04	3.4E-02	1.7E-03
	高精度测量室	公众	1.5E-02	7.7E-04	1.3E-03	6.6E-05	1.6E-02	8.4E-04
	储物室	公众	6.1E-04	3.2E-05	5.2E-05	2.7E-06	6.6E-04	3.5E-05
	电梯厅 2	公众	2.2E-04	1.1E-05	1.8E-05	9.5E-07	2.4E-04	1.2E-05

南侧	精密测量实验室	公众	5.9E-01	3.1E-02	6.6E-03	3.4E-04	6.0E-01	3.1E-02
	园区道路	公众	2.3E-02	1.2E-03	2.5E-04	1.3E-05	2.3E-02	1.2E-03
	广州百花香料股份有限公司	公众	3.6E-02	1.9E-03	4.0E-04	2.1E-05	3.6E-02	1.9E-03
西侧	更衣室	公众	4.7E-01	2.4E-02	5.7E-03	3.0E-04	4.8E-01	2.4E-02
	过厅	公众	1.6E-01	8.4E-03	2.0E-03	1.0E-04	1.6E-01	8.5E-03
	大厅	公众	4.8E-02	2.5E-03	5.9E-04	3.1E-05	4.9E-02	2.5E-03
	电梯厅 1	公众	6.6E-03	3.4E-04	8.1E-05	4.2E-06	6.7E-03	3.4E-04
	实验室	公众	4.0E-02	2.1E-03	4.9E-04	2.5E-05	4.0E-02	2.1E-03
	卫生间	公众	1.1E-02	5.9E-04	1.4E-04	7.3E-06	1.1E-02	6.0E-04
	园区道路	公众	1.4E-03	7.2E-05	1.7E-05	8.8E-07	1.4E-03	7.3E-05
北侧	通道	公众	8.2E-02	4.3E-03	8.0E-04	4.2E-05	8.3E-02	4.3E-03
	花园	公众	7.4E-03	3.8E-04	7.2E-05	3.8E-06	7.5E-03	3.8E-04
	客户中心	公众	3.5E-02	1.8E-03	3.4E-04	1.8E-05	3.5E-02	1.8E-03
	1 号实验楼	公众	1.5E-02	7.9E-04	1.5E-04	7.8E-06	1.5E-02	8.0E-04
顶部	更衣室	公众	4.7E-01	2.5E-02	6.3E-03	3.3E-04	4.8E-01	2.5E-02
	过厅	公众	1.2E-01	6.3E-03	1.6E-03	8.3E-05	1.2E-01	6.4E-03

	连廊	公众	3.5E-02	1.8E-03	4.6E-04	2.4E-05	3.5E-02	1.8E-03
	实验室	公众	1.5E-01	7.8E-03	2.0E-03	1.0E-04	1.5E-01	7.9E-03
	电梯厅 3	公众	6.7E-03	3.5E-04	8.9E-05	4.6E-06	6.8E-03	3.5E-04
	实验室	公众	4.4E-02	2.3E-03	5.8E-04	3.0E-05	4.5E-02	2.3E-03
	卫生间	公众	1.2E-02	6.0E-04	1.5E-04	8.0E-06	1.2E-02	6.1E-04
	走廊	公众	7.4E-03	3.8E-04	9.8E-05	5.1E-06	7.5E-03	3.9E-04
	电梯厅 4	公众	1.6E-03	8.3E-05	2.1E-05	1.1E-06	1.6E-03	8.4E-05

根据表 11-7 显示，本项目评价范围内辐射工作人员的周最大受照剂量为 18.1 μ Sv/周，公众的周最大受照剂量为 6.0E-01 μ Sv/周，满足“辐射工作人员不大于 100 μ Sv/周，公众不大于 5 μ Sv/周”的周剂量限值控制要求；辐射工作人员年最大受照剂量为 9.4E-01mSv/a，公众年有效最大受照剂量为 3.1E-02mSv/a，满足“辐射工作人员不超过 5mSv/a、公众不超过 0.25mSv/a”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故类型

(1) 射线装置装载门安全联锁发生故障，导致在装载门未关到位的情况下射线发生器出束，X射线泄露使工作人员受到不必要的照射；

(2) 射线装置装载门安全联锁失效，工作人员在取放工件的过程中，意外开启X射线发生器，导致工作人员被意外照射；

(3) 射线装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启X射线发生器，使检修人员受到意外照射。

本项目最严重事故工况：射线装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启X射线发生器，使检修人员受到意外照射。假设受照人员距出束口1m，人员从开始受照至听到报警后到采取断电措施的持续时长为20s，参考本项目工业CT距辐射源点1m处的输出量为 $0.63\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{s})$ ，计算可得该事故情形下人员有效剂量为37.8mSv。

参考《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表11-9。

表 11-9 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量 (Gy)	急性放射病发 生率 (%)	辐射剂量 (Gy)	死亡率 (%)
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

以上分析表明，本项目发生的辐射事故时，工作人员受到的意外受照剂量超过了年剂量约束值，但是致使辐射工作人员发生急性放射病或死亡的概率极小，参照《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 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，本项目可能发生的辐射事故为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”的类别，属于一般辐射事故。

11.3.2 事故预防措施

(1) 建设单位应定期对设备的各个安全装置进行检修和维护。

(2) 设备的检修和维护工作应由具有资质的设备厂家工作人员来进行，检修时应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修，禁止合闸”安全标志。

(3) 发生事故的风险主要在于建设单位的辐射安全管理情况，建设单位应定期完善辐射安全管理规章制度、操作规程，并严格执行。让辐射工作人员提高辐射安全意识，尽量避免辐射事故的发生。

11.3.3 事故应急措施

一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施。其次对设备、设施进行安全检查，确定其功能和安全性能。

事故发生后，立即启动本单位的辐射事故应急方案，按照事故应急响应程序处理，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生健康部门报告。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，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。

建设单位成立了辐射安全管理机构，组成名单如下：

组 长：代鲲鹏

成 员：邝俊杰、郭文波、梅文华

管理小组职责：

（1）结合单位实际负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施；

（2）做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；

（3）组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；

（4）定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本单位辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

小结：建设单位按照相关法规的要求成立了辐射安全管理机构，明确了管理机构人员职责。

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。

按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求:应建立和实施放射防护管理制度和措施。

为规范管理本单位的辐射工作,有效预防和控制可能发生的辐射事故,强化辐射事故危害意识和责任意识,建设单位制定了《辐射安全管理规章制度》(详情见附件 5,包括以下章节:《辐射安全管理机构及职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责》、《安全操作规程》、《工作人员培训制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员职业健康检查和个人剂量管理要求》、《射线装置维修维护制度》、《辐射事故应急预案》。

小结:建设单位制定的《辐射安全管理规章制度》较全面,易实行,可操作性强。一旦发生辐射事故时,可迅速应对,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。

12.3 辐射工作人员

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:生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照生态环境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。对于从事使用II类射线装置活动的辐射工作人员,应当接受初级辐射安全培训。本项目辐射工作人员和管理人员应参加初级 X 射线探伤辐射安全培训。

根据生态环境部 2021 年 3 月 12 日发布的《进一步优化辐射安全考核的公告》的相关规定:仅从事III类射线装置销售、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。已参加集中考核并取得成绩报告单的,原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年,有效期届满的,应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

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》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,考核成绩单有效期

5年。

建设单位拟为本项目安排4名辐射工作人员，其中1人负责管理兼职操作，3人负责操作，辐射工作人员名单见表12-1。建设单位将在项目筹备阶段安排本项目新增的辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加辐射安全与防护知识培训和考核，其中负责管理的人员报考“辐射安全管理”类别，操作人员报考“X射线探伤”类别。考核通过后方可从事辐射工作。

表12-1 辐射工作人员名单

序号	姓名	工作岗位	辐射培训时间	培训合格证编号
1	代鲲鹏	操作兼管理	在项目筹备阶段进行辐射安全与防护培训和考核	
2	邝俊杰	操作		
3	郭文波	操作		
4	梅文华	操作		

小结：建设单位制定的辐射工作人员培训计划满足相关法律法规的要求。

12.4 辐射监测计划

12.4.1 工作人员个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；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。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作；委托有资质的第三方检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为 90 天，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

小结：建设单位制定的个人剂量监测计划满足相关法律法规的要求。

12.4.2 工作场所辐射监测计划

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：生产、销售、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。

委托检测机构对辐射设备的环境辐射水平进行年度检测，年度检测数据应作为本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 日前上报环境行政主管部门。

建设单位拟为辐射工作人员每人配备 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射工作负责人报告。

为设备日常监测配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，使用便携式 X-γ 剂量率仪定期（每个月 1 次）对工业 CT 和 X 射线检测系统周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

小结：建设单位制定工作场所环境辐射监测计划满足相关法律法规的要求。本项目正常运行时，建设单位应严格按照辐射监测计划做好环境辐射监测工作。

建设单位制定的辐射监测计划一览表见表 12-2。

表 12-2 辐射监测计划一览表

监测对象	监测计划	监测因子	监测周期	实施机构
辐射工作人员	个人剂量监测	个人外照射剂量	1次/90天	有资质的检测机构
工业 CT 和 X 射线检测系统	工作场所年度监测	设备外周围剂量当量率	1次/年	有资质的检测机构
	工作场所日常监测	设备外周围剂量当量率	1次/月	建设单位

12.5 辐射监测方案

12.5.1 监测仪器

本项目用于日常辐射监测的仪器配置一览表见表 12-3。

表 12-3 辐射监测仪器一览表

名称	拟配数量	用途
个人剂量报警仪	4 台	当剂量率达到设定的报警阈值时，将会报警警示工作人员
便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	用于射线装置周围剂量当量率定期监测和辐射工作人员自我安全监测

12.5.2 监测因子和剂量率控制要求

本项目的监测因子：周围剂量当量率，参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的规定，本项目工业 CT 和 X 射线检测系统屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率的控制值为 2.5μSv/h。

12.5.3 检测布点要求及位置

射线装置的放射防护检测应在额定工作条件下，主屏蔽应在没有工件时进行，副屏蔽应在有工件时进行，应首先进行装置整体的辐射水平巡测，以发现可能出现的高辐射水平区，然后再定点检测。定点位置应包括：

- a) 通过巡测，发现辐射水平异常高的位置；
- b) 装载门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周；

c) 屏蔽体外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

d) 操作位；

e) 人员经常活动的位置；

f) 设备管线穿屏蔽体处和排风口。

12.5.4 检测异常处理

一旦发现个人剂量报警仪报警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。

12.6 辐射安全年度评估计划

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：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向相关机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容，年度评估发现存在安全隐患的，应当立即整改。

(1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；

(2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；

(3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；

(4) 放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；

(5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

(6) 辐射事故及应急响应情况；

(7) 核技术利用项目新建、改建、扩建情况；

(8) 存在的安全隐患及其整改情况；

(9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

12.7 辐射事故应急

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应制定辐射事故应急预案。

为使本单位一旦发生紧急辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众及环境的安全，建设单位制定了《辐射事故应急预案》，该《预案》包括：辐射事故应急处理机构与职责、预警机制、事故应急处理程序、事故调查和后期处理等。

12.7.1 辐射事故应急机构

建设单位成立了辐射事故应急小组，人员组成如下：

组长：魏纯，电话 [REDACTED]

成员：代鲲鹏、邝俊杰、郭文波、梅文华

应急职责：

组长：负责辐射事故应急处理具体方案的研究、确定和组织实施工作；根据事件情况启动本预案，指挥、指导应急救援行动；事故发生后立即组织相关部门和人员进行辐射事故应急处理，向当地生态环境部门、公安部门和卫生部门报告；负责组织事故后续工作的开展及总结。

小组成员：对辐射工作区域进行检查，发现事故隐患及时上报应急组长并落实整改；事故状态下，根据应急准备和响应领导小组组长的指示，编制辐射事故处置方案，开展应急救援工作；发生事故人员受到照射时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量，迅速安置受照人员就医，组织控制区和监督区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延；组织辐射事故应急方面的培训和预案演练活动，评估预案的有效性。

12.7.2 人员培训和演习计划

为使参加应急处理的人员能熟悉和掌握应急预案的内容，保持迅速、正确、有效地执行应急技能和知识，提高辐射工作人员应对突发事件的能力，应进行培训和演练。

(1) 人员培训

培训对象包括应急预案成员、辐射工作人员；

培训内容包括应急原则和实施程序，辐射安全与防护专业知识，可能出现的辐射事故及辐射事故经验和教训，辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等。

(2) 演练计划

辐射安全事故应急处理小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

小结：建设单位按要求成立了辐射事故应急机构，明确了应急分工和职责，制定的《辐射事故应急预案》具有可操作性，保证在发生辐射事故时，做到责任和分工明确，能够迅速、有序处理。

12.8 竣工环境保护验收要求

12.8.1 责任主体

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令第六82号）第十一条：将第二十条改为第十七条，修改为：“编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当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，编制验收报告。”建设单位应承担本项目竣工环境保护验收的主体责任。

12.8.2 时间节点

本项目竣工后，建设单位应按照相关程序和要求，在项目竣工后组织自主竣工环保验收，验收期限一般不超过3个月。验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，验收报告公示期满20个工作日后应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台进行备案。

12.8.3 验收清单

本项目竣工环境保护验收“三同时”清单见表12-4。

表 12-4 竣工环境保护“三同时”验收清单

验收内容	验收要求	参考标准
辐射安全与防护措施	<p>本项目的工业 CT 要求钥匙开关闭合、急停按钮复位、装载门和检修门正常关闭、指示灯正常的情况下工业 CT 才能启动。X 射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X 射线立即切断出束，复位后 X 射线不会自动出束。</p>	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）
	<p>本项目工业 CT 设置了门机联锁装置，在装载门和检修门各设有 2 个限位开关。只有当装载门和检修门关闭到位后，触发限位装置，高压电源才能接通，射线装置才能开启。装载门和检修门打开与限位装置分离时，射线装置系统界面会报告异常，无法正常工作，射线装置高压电源将被切断。射线装置工作时，按下开门按键等操作射线装置会先切断高压电源停止出束再打开装载门和检修门，重新关上后射线装置不会自动开启。</p>	
	<p>本项目工业 CT 设有工作状态指示灯，黄灯闪烁代表 X 射线处于工作状态，有射线出射。熄灭表示高压断开，没有射线出射。设备还自带 1 个光带形指示灯，X 射线出束时光带形指示灯亮，辐射工作人员可从距射线装置较远的地方知晓射线装置的工作状态。灯带状态：绿灯代表正在扫描；蓝灯表示控制软件关闭，处于待机状态，无法开启射线；白灯表示控制软件打开，处于待机状态，可以开启射线。建设单位将在 X 射线检测区内醒目位置张贴射线装置信号指示意义的说明。</p>	
	<p>建设单位将在工业 CT 正面张贴电离辐射警告标识和中文警示说明，在监督区边界将设立“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。</p>	
	<p>工业 CT 正面、操作台和装载门内右侧各设有 1 个急停按钮，发生紧急事故时可以迅速切断装置的多项部件的电源，立即终止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。</p>	
	<p>将工业 CT 和 X 射线检测系统实体屏蔽内部以及屏蔽体外四周 30cm 的区域划为控制区，将精密测量实验室北侧整个 X 射线检测区设置为监督区。</p>	
	<p>建设单位为每位辐射工作人员配备 1 个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有实时显示和报警功能，可以满足实时监测和报警的要求。</p>	
“三废”的治理	<p>本项目射线装置设有机械排风装置，排风口位于设备后侧，CT 内部每小时有效通风换气次数为 5 次。</p> <p>射线装置所在的精密测量实验室设有 3 个排风装置，每个排风装置的排风量为 550m³/h，精密测量实验室的容积约为 499m³，可确保精密测量实验室内部每小时有效通风换气次数为 3.3 次。精密测量实验室的排风口通过管道与 2 号楼的排风系统连接，在无人员居留的楼顶排放，避开了人员密集区域。</p>	

辐射安全管理措施	设立辐射安全管理机构，明确职责与分工。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》 《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》
	制定相应的辐射规章制度和应急预案，规章制度应张贴在墙面显眼位置。	
	辐射工作人员考取辐射安全与防护培训和考核合格证书，持证上岗。	
	辐射工作人员应参加职业健康体检。	
	配备相关监测仪器，对工作场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。	
	每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，并按时报送辐射安全年度评估报告。	
	项目取得环评批复后，建设单位应向生态环境主管部门办理辐射安全许可证。	
周围剂量当量率监测情况	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。	《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)
个人剂量监测情况	委托第三方监测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，为每个人配备个人剂量计，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为 90 天，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)

表 13 结论与建议

13.1 结论

广州计量检测技术研究院拟在广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号 2 号楼 1 层精密测量实验室北侧安装使用 1 台依科视朗公司的 YXLON FF35 型工业 CT（属于 II 类射线装置）和 1 台依科视朗公司的 Cougar EVO 型 X 射线检测系统（属于 III 类射线装置），用于轴承滚珠、牙齿模型等精密工件的无损检测。本项目属于核技术利用新建项目，项目选址合理。

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护分析表明，本项目射线装置的辐射屏蔽设计方案、工作场所布局 and 分区、各项辐射安全与防护措施等均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等国家相关标准的要求。辐射安全管理措施分析表明，建设单位制定了较完善的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

理论分析表明，项目正常运行时射线装置实体屏蔽外关注点的辐射水平均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的周围剂量当量率控制要求；工作人员及公众的有效受照剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

13.1.3 可行性分析结论

该项目的投产可辅助建设单位提高科研实力，所造成的辐射影响轻微、可控，本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改版）中鼓励类产业，符合国家产业政策，从代价和利益的角度考虑，符合辐射实践的正当性。

建设单位应对本项目进行严格管理，按照辐射安全与防护要求工作。在落实了本报告提出的各项措施后，本项目对环境的辐射影响能够满足国家有关法规和标准的要求，从环境保护的角度考虑，该核技术利用建设项目是可行的。

13.2 建议

1、组织本项目的操作人员参加辐射安全与防护培训和考核，管理人员参加“辐射安全管理”类别的考核，操作人员参加“X 射线探伤”类别的考核，通过考核后方可从事辐射工作。

2、结合后期运行和管理情况，不断完善辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，使之更具有实操性和针对性；定期做好辐射事故应急人员培训和应急演练。

表 14 审批

<p>下一级环保部门预审意见</p> <p>经办人</p> <p>年 月 日</p> <p>公章</p>
<p>审批意见</p> <p>经办人</p> <p>年 月 日</p> <p>公章</p>

附件 1：项目委托书

委托书

广州星环科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》有关法规，现委托贵司承接《广州计量检测技术研究院使用 II、III 类射线装置项目》环境影响评价工作，并按照相关规定编制《广州计量检测技术研究院使用 II、III 类射线装置项目环境影响报告表》，完成后提交我单位，便于我单位报送环境主管部门办理环评审批手续。

特此委托。

广州计量检测技术研究院

2023 年 11 月 20 日

附件 2: 环境 γ 辐射现状检测报告



检 测 报 告

任务编号: XH23TR090

项目名称: 核技术利用建设项目场所环境 γ 辐射剂量
率检测

委托单位: 广州计量检测技术研究院

检测类型: 环评检测

报告日期: 2023 年 12 月 01 日

广州星环科技有限公司



第 1 页 / 共 8 页

说 明

- 1、本公司保证检测结果的公正性、独立性、准确性和科学性，对委托单位所提供的资料保密。
- 2、检测操作按照相关国家、行业、地方标准和本公司的程序文件及作业指导书执行。
- 3、本报告只适用于本报告所写明的检测目的及范围。
- 4、本报告未盖本公司“CMA 资质认定章”、“检测专用章”及“骑缝章”无效。
- 5、复制本报告未重新加盖本公司“CMA 资质认定章”、“检测专用章”无效，报告部分复制无效。
- 6、本报告无编制人、审核人、批准人签字无效。
- 7、本报告经涂改无效。
- 8、自送样品的委托测试，其监测结果仅对来样负责；对不可复现的监测项目，结果仅对采样（或监测）当时所代表的时间和空间负责。
- 9、本报告未经本公司同意不得用于广告、商品宣传等商业行为。
- 10、对本报告若有异议，请于报告发出之日起十五日内向本公司提出，逾期不申请的，视为认可检测报告。

地 址：广州市海珠区南洲路 365 号二层 236

邮政编码：510289

电 话：020-38343515

网 址：www.foyoco.com



第 2 页 / 共 8 页

广州星环科技有限公司检测报告

受检单位	广州计量检测技术研究院
检测地点	广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号
检测参数	环境 γ 辐射剂量率
检测方式	现场检测
仪器名称	X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪
检测仪器信息	厂家、型号: 中广核贝谷科技有限公司、BG9512P 型 出厂编号: ITRW88AA 能量响应: 25keV~3MeV 测量量程: 10nGy/h~200 μ Gy/h 相对固有误差: -5.4%
仪器校准证书	2023H21-20-4365381001 校准单位: 上海市计量测试技术研究院 校准日期: 2023 年 1 月 11 日; 复校日期: 2024 年 1 月 10 日
检测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)
检测日期	2023 年 11 月 21 日
环境条件	天气: 晴, 气温 26°C, 湿度 36%
建设项目概况	广州计量检测技术研究院拟在广州市黄埔区科学城尖塔山路 19 号 2 号楼 1 层精密测量实验室内设置 X 射线检测区, 在 X 射线检测区内安装使用 1 台 YXLON FF35 型工业 CT 和 1 台 Cougar EVO 型 X 射线检测系统用于精密工件的无损检测。对该核技术利用建设项目场所周围 50m 范围的环境 γ 辐射剂量率进行检测。
检测结果	检测结果见附表 1, 检测布点图见附图 1。

编制: 黄锦超 审核: 陈凯莉 签发: 张子奇
 签发日期: 2023.12.01

附表 1: 检测结果

点位编号	方位	场所	距离(m)	表面介质	测量值(nGy/h)	标准差(nGy/h)	环境性质
1	-	X 射线检测区	1.8	PVC 地板	116	2	楼房
2	东侧	检验室	11	PVC 地板	122	2	楼房
3	东侧	高精度测量室	16	PVC 地板	114	2	楼房
4	东侧	储物室	25	PVC 地板	112	2	楼房
5	东侧	电梯厅 2	42	水磨石	130	1	楼房
6	南侧	精密测量实验室	7	PVC 地板	122	2	楼房
7	南侧	园区道路	16	混凝土	84	1	道路
8	南侧	广州百花香料股份有限公司	40	混凝土	114	2	楼房
9	西侧	更衣室	5	水磨石	125	1	楼房
10	西侧	过厅	6	水磨石	130	2	楼房
11	西侧	大厅	11	水磨石	130	1	楼房
12	西侧	电梯厅 1	21	水磨石	135	2	楼房
13	西侧	实验室	27	水磨石	126	2	楼房
14	西侧	卫生间	32	水磨石	114	2	楼房
15	西侧	园区道路	46	混凝土	95	1	道路
16	北侧	通道	6	混凝土	87	2	道路
17	北侧	花园	20	泥土	85	2	道路
18	北侧	客户中心	41	水磨石	126	1	楼房
19	北侧	1 号实验楼	44	水磨石	117	2	楼房
20	2 层	更衣室	5	水磨石	134	2	楼房
21	2 层	过厅	7	水磨石	126	2	楼房
22	2 层	连廊	13	水磨石	133	2	楼房
23	2 层	实验室	14	水磨石	117	1	楼房
24	2 层	电梯厅 3	21	水磨石	132	2	楼房

任务编号: XH23TR090

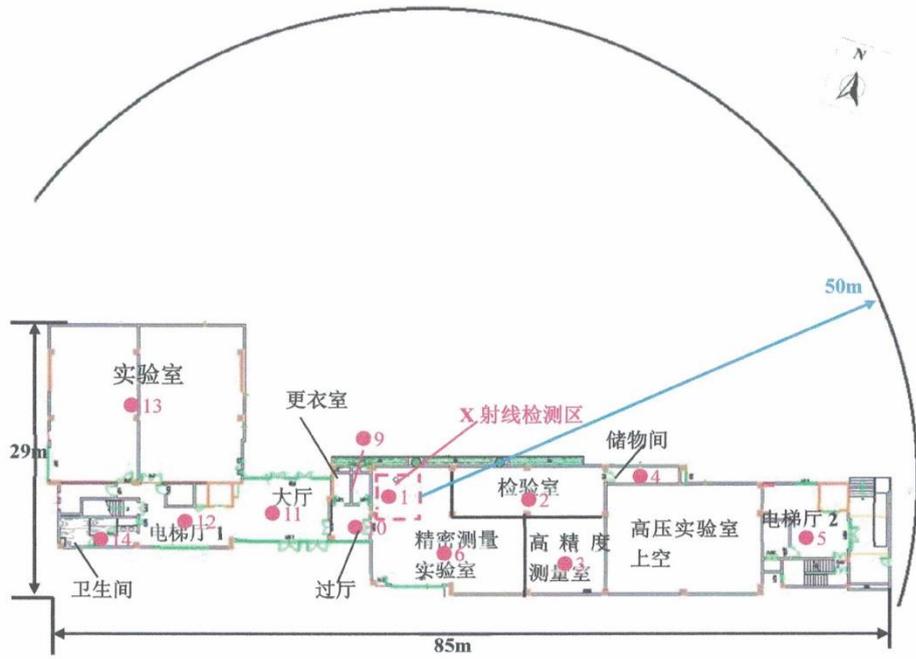
25	2层	实验室	26	水磨石	125	1	楼房
26	2层	卫生间	32	水磨石	127	1	楼房
27	2层	走廊	40	水磨石	130	2	楼房
28	2层	电梯厅 4	43	水磨石	115	2	楼房

注: 1、以上数据已校准, 校准系数为 1.06;

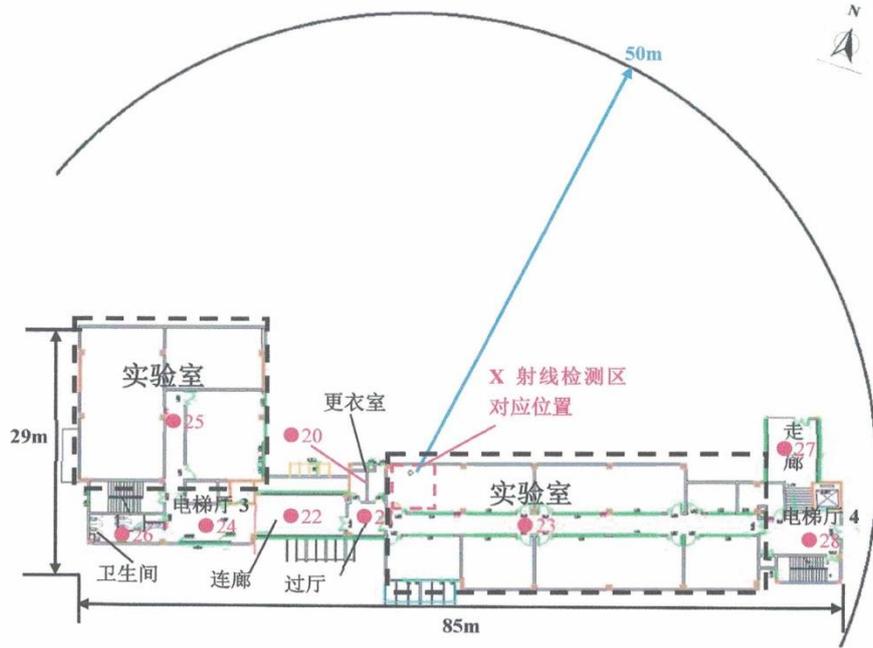
2、检测时仪器探头垂直地面, 距地约 1m, 待读数稳定后, 每个测量点约 10s 间隔读取 10 个数值;

3、检测结果扣除了仪器对宇宙射线的响应部分 (37nGy/h); 建筑物对宇宙射线的屏蔽因子: 楼房取值为 0.8, 平房取值为 0.9, 道路取值为 1。

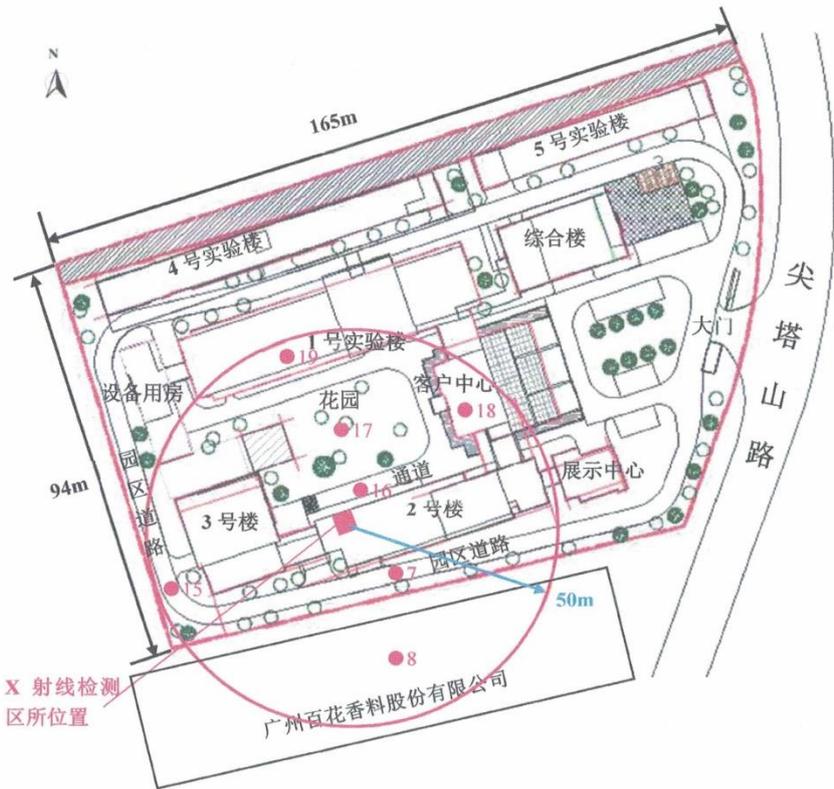
附图 1: 检测布点图



2号楼和3号楼1层50m范围布点图



2号楼和3号楼2层50m范围布点图



50m 评价范围内检测布点图

附件 3: 工业 CT 射线管参数证明材料

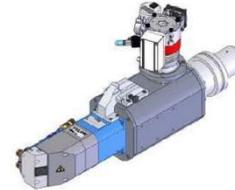
Technische Daten

Mikrofokus-Röntgenröhre

Technical data

Microfocus X-ray tube

FXT225.48-4 FF35CT Röntgenröhre



Hersteller	YXLON International		Manufacturer
Typbezeichnung	FXT225.48-4 FF35CT Röntgenröhre		Type
SAP-Nummer	20077964		SAP-number
Serien-Nummer	11348268		Serial number
Röhrentyp	offene Röntgenröhre	Open X-Ray tube	Tube type
	Reflektion	Reflection beam	
	Target-Kühlung	Target cooling	
Gewicht (inkl. Vakuumpumpe)	~ 41 kg		Weight (incl. vacuum pump)
Hochspannungsbereich	20 - 225 kV		High voltage range
Max. Röhrenleistung	320 W		Max. Tube power
Max. Röhrenstrom	0,1 - 3000 µA		Max. Tube current
Nutzstrahlwinkel	45°		Beam angle
Min. FOA	< 6,75 mm		Min. FOD

Target	Solid target	
Targetmaterial Target material	Wolfram W Tungsten W	
Austrittsfenster Emitting window ¹⁾	1 mm Aluminium Al 1 mm Aluminium Al	
Dosisleistung Dose rate ²⁾	~ 0,63 $\frac{mGy \times m^2}{mA \times s}$	
Max. Targetleistung Max. Target power	100 W	280 W
Max. Auflösung Max. Resolution (JIMA RT RC-02B) ³⁾	< 4 µm	< 5 µm
Fokus Modus Focus Modus	Micro	High Power

¹⁾ weitere Austrittsfenster und Daten auf Anfrage / further emitting windows and data on request
³⁾ bei kleinster Fokusgröße / at minimal focus spot size

²⁾ bei 225kV / at 225kV

Datum: 25.06.2020
Date:

Name (Druckbuchstaben): Dr. Daniel Stickler
Name (Printed):

Unterschrift - Firmenstempel / Signature - company seal

YXLON

Technology with Passion

YXLON International GmbH
a company of the COMET Group
Essener Bogen 15, D-22419 Hamburg
Tel. +49 40 52729-0, Fax +49 40 52729-170
yxl@hbg.yxlon.com, www.yxlon.de

20105577 - v01r00 - de/en
© YXLON International
ALL RIGHTS RESERVED

附件 4: X 射线检测系统出厂检测报告

Radiation protection measurement
QA



System - type: Y.COUGAR Basic
Cabin - model: FXC 15-2.1

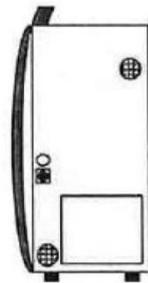
Serial no.: 11504052
Serial no.:

Measuring instrument:

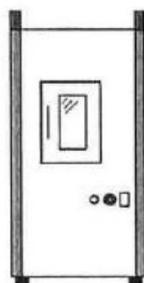


Or: RADOS-110 S/N 280051

Maximum test voltage: 160KV, 15Watt



Right wall	
1.	0.18 μ Sv/h
2.	0.19 μ Sv/h
3.	0.17 μ Sv/h



Front	
1.	0.21 μ Sv/h
2.	0.17 μ Sv/h
3.	0.20 μ Sv/h



Left wall	
1.	0.17 μ Sv/h
2.	0.16 μ Sv/h
3.	0.20 μ Sv/h



Roof	
1.	0.19 μ Sv/h
2.	0.23 μ Sv/h
3.	0.15 μ Sv/h



backside	
1.	0.18 μ Sv/h
2.	0.19 μ Sv/h
3.	0.19 μ Sv/h

Measurement at 10 cm distance to the surface of the cabin
(Yxlon internally $\leq 1,0 \mu$ Sv/h)



27-02-2017
Date

Ingo. Grotkopp
Name

Signature

附件 5：辐射安全管理规章制度

广州计量检测技术研究院辐射安全管理制度

为贯彻环境主管部门对使用射线装置安全管理的有关要求，根据国务院《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、生态环境部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法规文件，为保护辐射工作人员及场所周围公众的健康权益，制定本制度。

1、管理安全管理机构

建设单位成立了辐射安全管理机构，组成名单如下：

组 长：代鲲鹏

成 员：邝俊杰、郭文波、梅文华

管理小组职责：

- (1) 结合单位实际负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施；
- (2) 做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；
- (3) 组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；
- (4) 定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本公司辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

2、辐射防护和安全保卫制度

1、辐射工作人员及辐射安全管理人员应持证上岗，按时按计划参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射防护相关培训，加强理论学习，掌握基本的辐射安全防护知识，并取得《辐射安全考核合格成绩单》。

2、对本单位非辐射工作人员进行辐射安全宣传教育，管控非辐射工作人员接近辐射工作场所监督区域。

3、做好辐射工作场所分区设置，将射线装置屏蔽体内部区域划为控制区，将整个辐射工作场所划为监督区，按要求进行分区管理。控制区通过实体屏蔽、门机连锁装置等进行控制，监督区通过警戒绳、工作警示牌等进行管理。

4、辐射工作区域只能摆放射线装置、操作台及其他辅助设施，不作其他用途，非辐射工作人员不应在该区域进行固定岗位作业。操作台应避开有用射线的照射方向。

5、辐射工作场所按要求张贴电离辐射警示标志，按照 GB18871-2002 的规范制作，标志的单边尺寸不小于 50cm，辐射工作场所监督区设置工作指示牌和警示说明。

6、射线装置操作台宜设置紧急停机按钮，X 射线出束过程中，一旦出现异常，按动急停按钮，可停止 X 射线出束。辐射工作场所应有声光警示装置，X 射线出束时，声音警示装置可发出警示声和光。

7、射线装置屏蔽门应设置门-机连锁装置，并保证在门关闭后射线装置才能出束。门打开时可立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

8、辐射工作场所应配备辐射监测仪器，按要求开展辐射水平日常监测、定期巡测，做好记录。

3、岗位职责

操作人员

(1) 每天工作前先检查射线装置的辐射安全设施状态（主要包括装载门、辐射监测仪器、急停等能否正常工作），并记录于“辐射安全日常检查表”中，任何辐射安全设施不能正常工作时，不允许使用该射线装置；

(2) 按照操作规程操作射线装置，未经辐射安全与防护培训和考核，不能操作射线装置；

(3) 保管好个人剂量计和个人剂量报警仪，并按要求正确佩戴；

(4) 出现异常，如设备故障、辐射水平异常，立即通知设备管理员。

管理人员

(1) 结合单位实际定期完善辐射安全管理规章制度，并组织实施；

(2) 组织落实工作场所日常辐射监测工作；

(3) 做好工作人员的辐射防护与安全培训，组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；

(4) 定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本单位辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

4、安全操作规程

(1) 射线装置需由通过了辐射安全与防护考核的操作人员操作；

(2) 操作人员每天上班后仔细检查设备和防护的完好情况，各种辐射监测仪表应在检定周期内，检查其工作是否正常可靠；

(3) 检查安全防护装置，如装载门关闭状态是否正常，工作指示灯、声音报警装置、急停装置等是否正常，如有异常，不得进行辐射工作；

(4) 开始工作前操作人员要做好个人防护工作，安全装载门没关好前不得开机；

(5) 射线装置操作人员应熟练掌握射线装置的性能和技术参数，严格按照厂家提供的操作流程进行操作；

(6) 射线装置正常使用，管电压和管电流不能超过机器最大允许值；

(7) X射线出束时，如设备、仪表或其它安全防护装置等发生故障，应立即停机并报告，待故障排除后方可继续操作；

(8) 完成当天的辐射工作后，应关闭射线装置总电源，拔掉射线装置的钥匙开关，并由专人保管好。

5、辐射工作人员培训制度

(1) 辐射工作人员培训的目标是使工作人员了解辐射的基本知识、《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和防护条例》等法规文件，以及辐射安全知识和辐射事故应急知识。

(2) 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》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。

(3) 辐射工作人员及辐射安全管理人员应持证上岗，按时按计划参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射防护相关培训，加强理论学习，掌握基本的辐射安全防护知识。考核通过后方可从事辐射工作。

(4) 对于新增辐射工作人员，应进行岗前职业健康体检，体检合格后方可参加辐射安全与防护培训。

(5) 建立辐射安全与防护培训档案，妥善保存档案，培训档案应包括每次培训的内容、培训时间、考核成绩等资料。

6、监测方案

(1) 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》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；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。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

委托检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

(2) 工作场所辐射监测计划

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：生产、销售、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，并应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

委托检测机构对运行的核技术利用项目进行辐射防护年度检测，每年一次，年度检测数据应作为本单位的射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 号前上报环境行政主管部门。

为辐射工作场所配备辐射监测仪器，按要求开展辐射水平日常监测、定期巡测，做好记录。

7、辐射工作人员职业健康检查和个人剂量管理要求

根据《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和防护管理办法》的相关要求，制定该要求。

（1）职业健康检查要求

根据《放射工作人员健康要求及监护规范》的相关要求：职业健康检查包括上岗前、在岗期间、离岗时、应急照射和事故照射后的健康检查。放射工作人员上岗前，应进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康要求的，方可参加相应的放射工作；放射工作单位不得安排未经上岗前职业健康检查或者不符合放射工作人员健康要求的人员从事放射工作。放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定，不得超过 2 年，必要时，可适当增加检查次数，在岗期间因需要而暂时到外单位从事放射工作，应按在岗期间接受职业健康检查。

（2）个人剂量管理要求

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，委托具备资质的个人剂量监测技术服务机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，监测周期最长不超过 3 个月，按要求建立个人剂量档案。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。

（3）档案管理要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，职业照射的记录必须为每一位工作人员都保存职业照射记录，职业照射记录应包括：

①涉及职业照射的工作的一般资料；达到或超过有关记录水平的剂量和摄入量等资料，以及剂量评价所依据的数据资料；对于调换过工作单位的工作人员，其在各单位工作的时间和所接受的剂量和摄入量等资料；

②因应急干预或事故所受到的剂量和摄入量等记录，这种记录应附有有关的调查报告，并应与正常工作期间所受到的剂量和摄入量区分开；

③应按国家审管部门的有关规定报送职业照射的监测记录和评价报告，准许工作人员和健康监护主管人员查阅照射记录及有关资料；当工作人员调换工作单位时，向新用人单位提供工作人员的照射记录的复制件；

④当工作人员停止工作时，应按审管部门或审管部门指定部门的要求，为保存工作人员的职业照射记录做出安排；停止涉及职业照射的活动时，应按审管部门的规定，为保存工作人员的职业照射记录做出安排；

⑤职业照射个人剂量档案应终身保存。

8、射线装置维修维护制度

(1) 应定期对射线装置进行维护，常规维护应至少每年一次，确保机器良好的工作性能。

(2) 射线装置维护包括：机器的性能评估、全面检查、易损件维护和更换，以及控制系统等的可靠性测试和维护。

(3) 日常使用当发现装置有故障或损坏时，应通知厂家进行维修，应保证所更换的零部件都来自原厂。

(4) 辐射安全管理机构负责对射线装置进行监督和管理。

(5) 射线装置的维修维护应由具备资质的厂家专业人员负责，由设备管理员做好维修维护记录。

(6) 维修维护工作必须两人以上参与，佩戴好个人剂量报警仪，在做好安全防护的情况下进行维修维护工作。

(7) 射线装置检修和维护时应采取可靠的断电措施，切断设备的总电源，并经启动复查确认无电后，在总电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”的安全标志。

(8) 定期（每周一次）对辐射工作场所的警示标志、警示灯、工作指示灯、急停按钮、安全联锁等安全设施进行检查，保证良好的防护效果。

广州计量检测技术研究院辐射事故应急处理预案

一、总则

为有效处理辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，根据《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和防护管理办法》，制定本预案。

二、事故应急机构

成立辐射事故应急处置小组，组织、开展生产过程发生的辐射事故应急救援工作：

组长：魏纯，电话[REDACTED]

成员：代鲲鹏、邝俊杰、郭文波、梅文华

广州市生态环境局黄埔分局应急联系电话：82111870

广州市黄埔区卫生健康局应急联系电话：82112112

广州市公安局黄埔分局应急联系电话：110、82270828

三、辐射事故应急处置小组职责

辐射事故应急小组的主要负责人由魏纯担任，为辐射事故应急第一责任人。主要职责为：

- (1) 负责辐射事故应急处理具体方案的研究、确定和组织实施工作；
- (2) 根据事件情况启动本预案，指挥、指导应急救援行动；
- (3) 事故发生后立即组织相关部门和人员进行辐射事故应急处理，向当地生态环境部门、公安部门和卫生部门报告；
- (4) 负责组织事故后续工作的开展及总结。

其他成员主要职责为：

- (1) 对辐射工作区域进行检查，发现事故隐患及时上报应急组长并落实整改；
- (2) 事故状态下，根据应急准备和响应领导小组组长的指示，编制辐射事故处置方案，开展应急救援工作；
- (3) 发生事故人员受到照射时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量，迅速安置受照人员就医，组织控制区和监督区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延；

(4) 组织辐射事故应急方面的培训和预案演练活动，评估预案的有效性。

四、应急处理要求

(一) 发生下列情况之一，应立即启动本预案：

(1) 射线装置装载门安全联锁发生故障，导致在装载门未关到位的情况下射线发生器出束，X射线泄露使工作人员受到不必要的照射；

(2) 射线装置装载门安全联锁失效，工作人员在取放工件的过程中，意外开启X射线发生器，导致工作人员被意外照射；

(3) 射线装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启X射线发生器，使检修人员受到意外照射。

(二) 事故发生后，当事人应立即切断射线装置的电源，立即报告辐射事故应急小组，由应急小组有关部门和人员进行辐射事故应急处理，负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作。

(三) 向环境主管部门及时报告事故情况。

(四) 辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量。

(五) 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延，防止演变成公共事件。

五、辐射事故分类与应急原则

根据本单位的射线装置工作方式和辐射安全性，可能发生的事故情形为：射线装置失控导致人员受到超过年剂量限制的照射，事故等级为一般辐射事故。

辐射事故应急救援应遵循的原则：

- 1、迅速报告原则；
- 2、主动抢救原则；
- 3、生命第一的原则；
- 4、科学施救，防止事故扩大的原则；
- 5、保护现场，收集证据的原则。

六、辐射事故应急处理程序及报告制度

(一) 一旦发生辐射事故，必须马上停止使用射线装置，切断总电源，当事人应立即通知工作场所的所有人员离开，并立即上报辐射事故应急小组；

(二) 对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施，其次对设备、设施进行检查，确定其功能和安全性能。

(三) 应急小组组长应立即召集成员，根据具体情况迅速制定事故处理和善后方案。事故处理必须在单位负责人的领导下，在经过培训过的辐射事故应急人员的参与下进行。

除上述工作外，辐射事故应急人员还应进行以下几项工作：

1、根据现场辐射强度，估算工作人员在现场工作的时间，估算事故人员的受照剂量。

2、对严重剂量事故，应尽可能记下现场辐射强度和有关情况，对现场重复测量，估计当事人所受剂量，根据受照剂量情况决定是否送医院进行医学处理或治疗。

3、各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

(四) 发生辐射事故后，当事人应第一时间上报辐射事故应急小组。小组成员接到报告后应在两小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生部门报告。

七、人员培训和演习计划

1、辐射安全事故相关应急人员须经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等；

2、辐射安全事故应急处理小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

八、辐射事故的调查

(一) 本单位发生重大辐射事故后，应立即成立由安全第一责任人或主要负责人为组长的，有工会负责人、安全部负责人参加的事故调查组、善后处理组。

（二）调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤亡情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录要妥善保管。

（三）配合应急救援小组编写、上报事故报告书方面的工作，同时，协助环境行政部门、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

本预案自发布之日起生效，实施过程中如有与国家、省、市应急救援预案相抵触之处，以国家、省、市应急救援预案的条款为准。