

237960

编号: XHKJ2209

核技术利用建设项目
广东工业大学生态环境与资源学院
使用工业 X 射线 CT 装置项目
环境影响报告表

送审版



环境保护部监制

打印编号: 1649387326000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	tal592		
建设项目名称	广东工业大学生态环境与资源学院使用工业X射线CT装置项目		
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)	广东工业大学		
统一社会信用代码	12440000455860226X		
法定代表人 (签章)	邱学青		
主要负责人 (签字)	冯景春		
直接负责的主管人员 (签字)	孙立伟		
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
魏来	201905035430000004	BH024228	魏来
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
马雯茹	环境质量和辐射现状	BH042474	马雯茹
黄铭熙	项目基本情况、评价依据及评价标准、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	BH047171	黄铭熙

编制主持人环境影响评价工程师资格证书

 **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，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。

 
中华人民共和国人力资源和社会保障部 中华人民共和国生态环境部



姓名: 魏来
证件号码: 430104198811124339
性别: 男
出生年月: 1988年11月
批准日期: 2019年05月19日
管理号: 201905035430000004



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	评价标准与保护目标	-13-
表 8	环境质量和辐射现状	-15-
表 9	项目工程分析与源项	-21-
表 10	辐射安全与防护	-28-
表 11	环境影响分析	-37-
表 12	辐射安全管理	-44-
表 13	结论与建议	-52-
表 14	审批	-53-
附件 1	辐射安全许可证	-54-
附件 2	原有项目环评批复验收意见	-56-
附件 3	环境 γ 辐射现状检测报告	-59-
附件 4	辐射安全管理规章制度	-65-
附件 5	辐射安全与防护考核成绩单	-74-

表 1 项目基本情况

建设项目名称		广东工业大学生态环境与资源学院使用工业 X 射线 CT 装置项目			
建设单位		广东工业大学			
法人代表	邱学青	联系人	席慧娟	联系电话	██████████
注册地址		广州市东风东路 729 号			
项目地点		广州市番禺区大学城外环西路 100 号广东工业大学科技南楼一层分析室			
建设项目总投资(万元)	100	项目环保投资(万元)	10	投资比例(环保投资/总投资)	10%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	16
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		
	其它	/			
<p>1.1 项目概况</p> <p>1.1.1 建设单位情况</p> <p>广东工业大学，是广东省人民政府重点建设的省属重点大学、广东省“211 工程”高水平大学，是以工为主，多学科协调发展的综合性研究型大学。</p> <p>广东工业大学生态环境与资源学院（下称：建设单位）拟使用 1 台工业 X 射线 CT 装置（下称：工业 CT），该工业 X 射线 CT 装置是专门配套生态环境与资源学院下设的滨海与深海生态环境研究中心设立的 X 射线微纳成像检测技术，目的是面向海洋强国建设和构建海洋命运共同体的国家重大战略需求，聚焦“全球变化下滨海与深海环境生态保护与修复、资源能源可持续开发利用”的重大科学前沿研究。</p>					

1.1.2 项目来由和目的

建设单位使用工业 X 射线 CT 装置对采集的海底沉积物柱状样、湖泊沉积物柱状样以及岩石岩芯等进行多角度、多层次扫描，通过计算机技术及图像重建技术，可测得样品内部的三维结构，分析得到样品内部的细微缺陷。并根据三维数据模型进行各种实验模拟分析，为科研工作提供无损检测技术支撑，丰富其科研成果。

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 X 射线 CT 装置属于 II 类射线装置，本项目属于使用 II 类射线装置项目。现受广东工业大学委托，广州星环科技有限公司对广东工业大学生态环境与资源学院使用工业 X 射线 CT 装置项目进行环境影响评价。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），本项目应编制环境影响报告表。

1.1.3 项目建设规模

广东工业大学生态环境与资源学院拟在广州市番禺区大学城外环西路 100 号科技南楼一层分析室内安装使用 1 台 GE 公司的 Phoenix v|tome|x s240 型工业 CT，最大管电压 240kV、最大管电流 3mA，属于 II 类射线装置，用于科研上的无损检测分析。该工业 CT 自带屏蔽体，本项目属于核技术利用扩建项目，，装置的基本参数信息见表 1-1。

表 1-1 拟使用射线装置信息一览表

名称	型号	最大管电压	最大管电流	数量	类别
工业 CT	Phoenix v tome x s240	240kV	3mA	1 台	II 类

项目所在区域图见图 1-1，广东工业大学平面布置图见图 1-2。



图 1-1 项目所在地区域图



图 1-2 广东工业大学总平面图

1.2 项目选址和周边关系

本项目选址位于广州市番禺区大学城外环西路 100 号广东工业大学科技南楼一层南侧，科技南楼为地上六层的建筑，无地下层。科技南楼四周有城建学院、实验一号楼、实验二号楼、环境生态研究院、校区道路及绿化带等，项目周边关系图见图 1-3。

建设单位拟在科技南楼一层南侧的分析室安装使用 1 台工业 CT，科技南楼一层平面布置图见图 1-4，二层平面布置图见图 1-5。分析室东侧是实验室，南侧是道路，西侧是通道，北侧是通道。项目 50m 范围内场所分布一览表见表 1-2。

本项目选址位于分析室，射线装置固定在自屏蔽体内使用，设置了专门的辐射工作区域，本项目四周 50m 范围内主要是教学和实验场所，无宿舍楼和商业区，200m 范围内无小学和幼儿园，综上可判断本项目的选址合理。



图 1-3 项目周边关系图

表 1-2 项目 50m 范围内场所分布一览表

方位	场所
东侧	分析室、实验室、机房、办公室、办公室、报告厅、庭园、门厅
南侧	分析室、道路
西侧	通道、实验二号楼、实验一号楼
北侧	通道、管材室、实验室、办公室、卫生间、电梯厅、值班室、道路
二层（正上方）	办公室

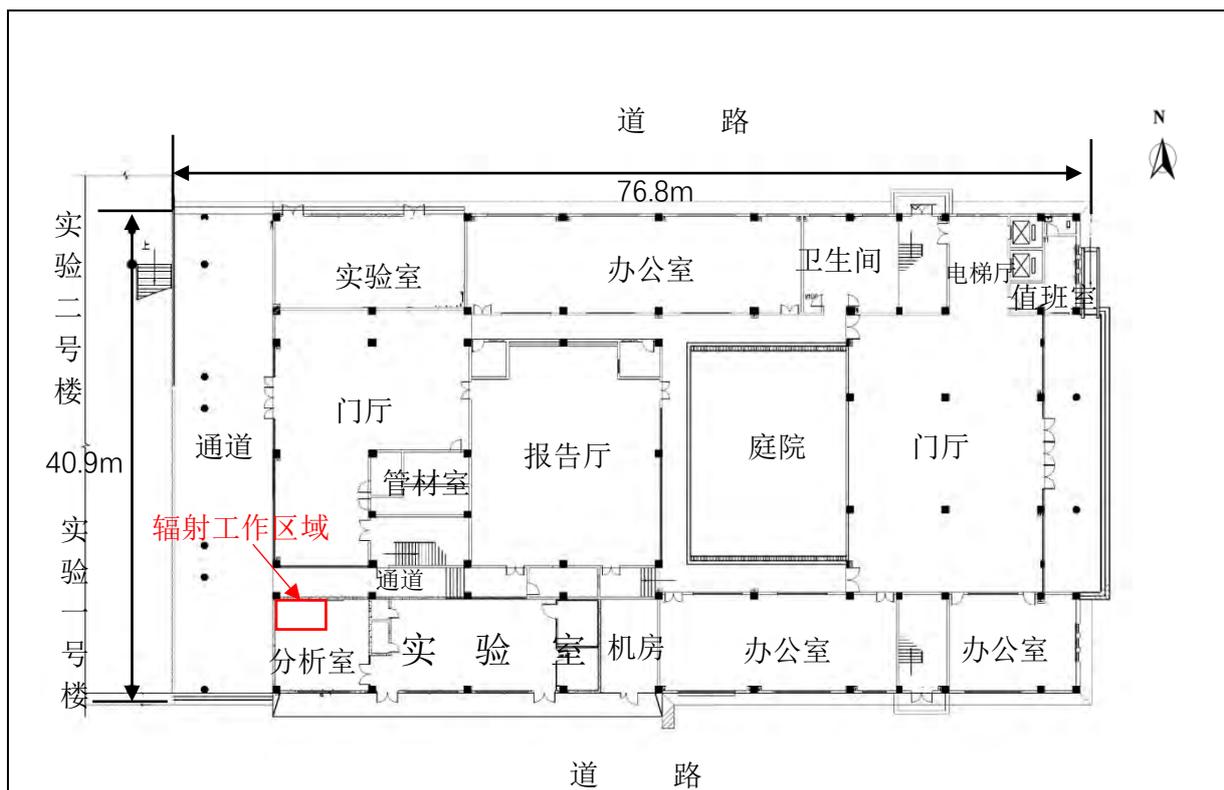


图 1-4 科技南楼一层平面布置图

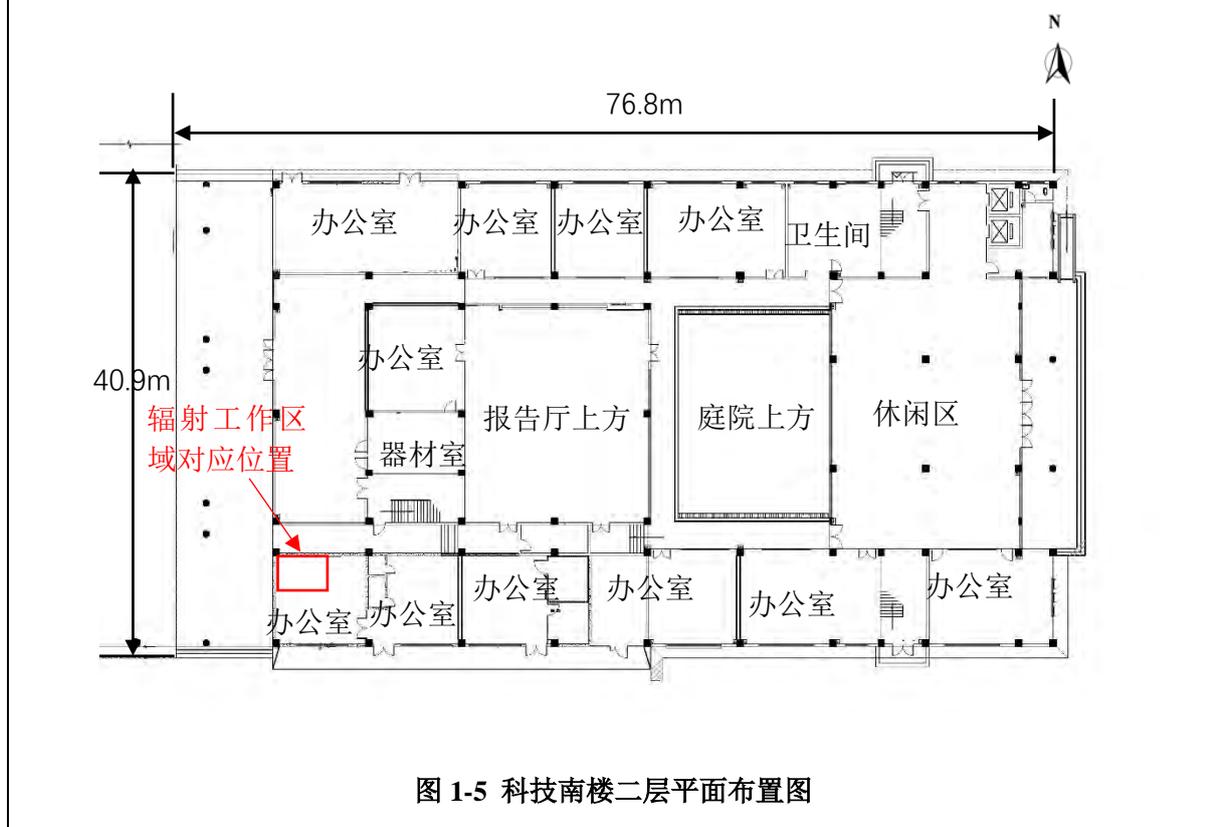


图 1-5 科技南楼二层平面布置图

1.3 原有核技术利用项目许可情况

广东工业大学现持有辐射安全许可证（见附件 1），证书编号：粤环辐证[A8106]，有效期至 2024 年 9 月 26 日，种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，现有射线装置明细表见表 1-3，现有核技术利用项目环保手续完善，其中原有使用Ⅱ类射线装置的环评批复文件和验收意见见附件 2。

表 1-3 现有射线装置明细表

序号	型号名称	类别	使用场所	数量
1	正业科技 XG3300 工业 X 光检查机	Ⅲ	工学一号馆	1 台
2	立方通达 Lifetime610 型工业 CT 机	Ⅱ	工学一号馆	1 台
3	DG5015A 医用诊断 X 射线机	Ⅲ	校医院	1 台
4	BSX-50ACPAS 医用诊断 X 射线机	Ⅲ	校医院	1 台
5	AXGQ-620 医用诊断 X 射线机	Ⅲ	校医院	1 台

广东工业大学严格遵守《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条例》等相关法律法规开展核技术利用建设项目，按要求落实了各项环保手续，申领了辐射安全许可证，并定期做好延续工作；设置了辐射安全管理机构，明确了管理职责，制定了辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，并在实际工作中严格执行各项规章制度，辐射安全管理各项工作落实情况见表 1-4。

表 1-4 辐射安全管理各项工作落实情况一览表

管理措施	制定情况	落实情况
辐射安全管理机构及职责	已制定	设置了辐射安全管理机构，明确了管理职责
操作规程	已制定	已在各个辐射工作场所张贴操作规程
岗位职责	已制定	已在各个辐射工作场所张贴岗位职责
辐射防护和安全保卫制度	已制定	在日常管理中执行了辐射防护和安全保卫制度的各个条款
辐射监测方案	已制定	制定了辐射监测方案和个人剂量监测计划；定期进行了工作场所日常监测和辐射工作人员个人剂量监测

辐射工作人员培训计划	已制定	辐射工作人员定期参加了辐射安全与防护培训，持有培训合格证上岗
设备检修维护制度	已制定	在日常管理中执行了设备检修维护制度的各个条款
辐射事故应急预案	已制定	成立了辐射事故应急领导小组，但未组织辐射事故应急人员培训和应急演练
辐射安全年度评估	已制定	建设单位每年均落实了辐射安全年度评估，年度评估报告按要求上传到了“全国核技术利用辐射安全申报系统”

综上所述，广东工业大学现有核技术利用项目环保手续落实情况和日常管理情况良好，建议进一步做好以下工作：

- (1) 定期组织辐射事故应急人员培训和应急演练；
- (2) 结合管理实际情况，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。

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)	额度电流 (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	Phoenix v tome x s240	240kV	3mA	科研上的无损检测分析	分析室	-

(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
无	-	-	-	-	-	-	-	-

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》(主席令第二十四号,2018年12月29日修订)</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)</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日实施)</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(3)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)</p>

	<p>(4)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)</p> <p>(5)《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>(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)《<工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范>(GBZ/T250-2014)第 1 号修改单》</p>
其他	<p>(1)《广东省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(广东省环境监测中心站, 1995年)</p>

表 7 评价标准与保护目标

7.1 评价范围

本项目使用的II类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，因此本项目将射线装置自带屏蔽体外 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	人数	剂量约束值
-	辐射工作区域	相邻	辐射工作人员	2	5mSv/a
东侧	分析室	2	公众	3	0.25mSv/a
	实验室	3	公众	3	
	机房	22	公众	1	
	办公室	27	公众	6	
	办公室	50	公众	8	
	报告厅	12	公众	2	
	庭园	30	公众	1	
	门厅	44	公众	2	
南侧	分析室	2	公众	2	
	道路	7	公众	3	
西侧	通道	5	公众	2	
	实验二号楼	13	公众	5	
	实验一号楼	24	公众	4	
北侧	通道	2	公众	2	
	管材室	10	公众	1	
	实验室	27	公众	6	
	办公室	29	公众	8	
	卫生间	46	公众	2	
	电梯厅	50	公众	3	
	道路	36	公众	1	

正上方	办公室	4	公众	4	
-----	-----	---	----	---	--

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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的规定:

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足: 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

对于本项目带自屏蔽体的射线装置, 屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率应不大于 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

为了解项目场址的环境现状，评价人员于 2022 年 3 月 17 日到项目现场进行资料收集、环境调查，本项目位于广州市番禺区大学城外环西路 100 号，项目地理位置见图 8-1。本项目的建设场所位于广东工业大学科技南楼一层分析室内。

目前分析室还在施工建设阶段，项目四周 50m 范围均在广东工业大学校区内，附近无宿舍楼、商业区等人群密集场所，环境介质是瓷砖和混凝土，现状照片见图 8-2。



图 8-1 项目地理位置图



图 8-2 项目场址现状照片

8.2 检测方案

8.2.1 检测方法和因子

检测方法和因子见表 8-1。

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 辐射空气吸收剂量率

8.2.2 检测仪器

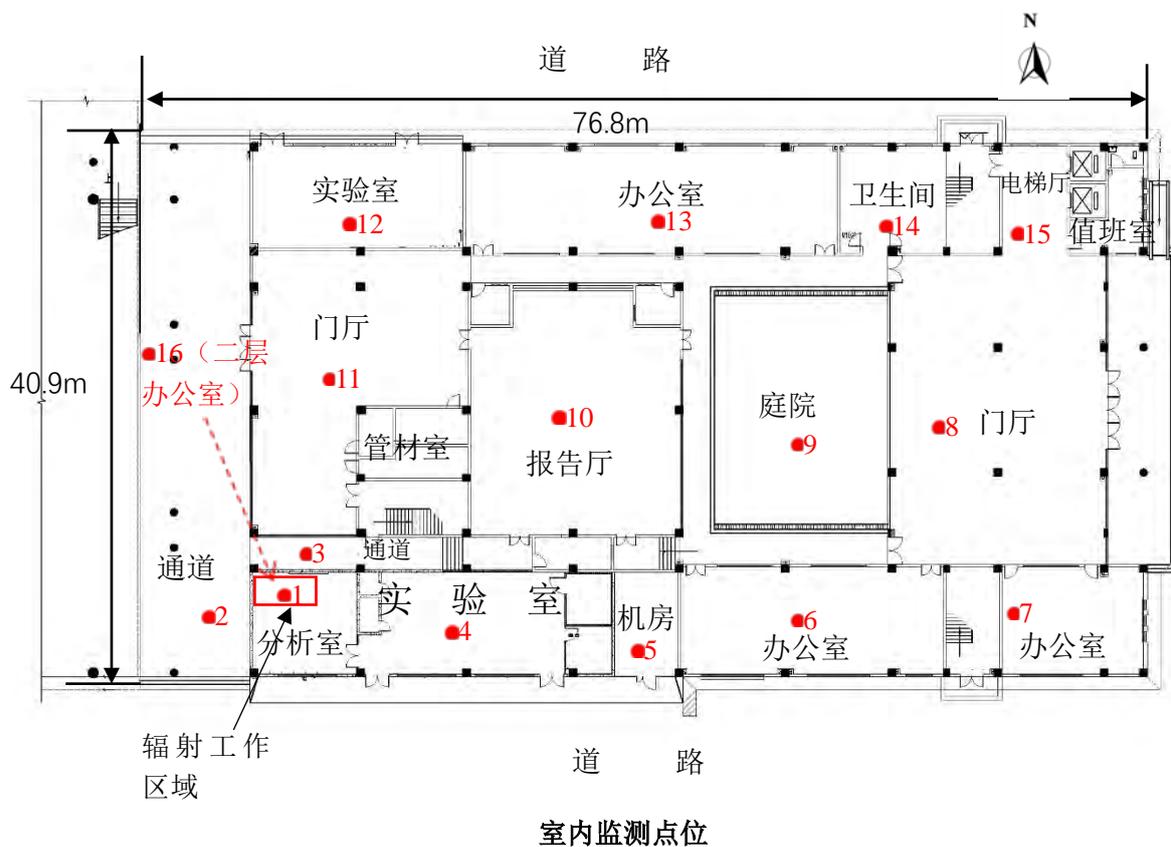
我公司检测人员于 2022 年 3 月 17 日对项目场址周围进行环境 γ 辐射现状检测，检测仪器信息见表 8-2。

表 8-2 检测仪器信息

仪器名称	X、 γ 辐射空气比释动能率仪	仪器型号	BG9511 型
生产厂家	中广核贝谷科技有限公司	仪器编号	ISB07Y5R
检定日期	2021 年 11 月 25 日	有效期	1 年
测量范围	10nGy/h -600 μ Gy/h	能量响应	48keV-3MeV
检定单位	深圳市计量质量检测研究院	证书编号	214708220

8.2.3 布点原则

本项目的环境辐射现状监测的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。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及楼上层，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 24 个检测点位，检测布点见图 8-3。



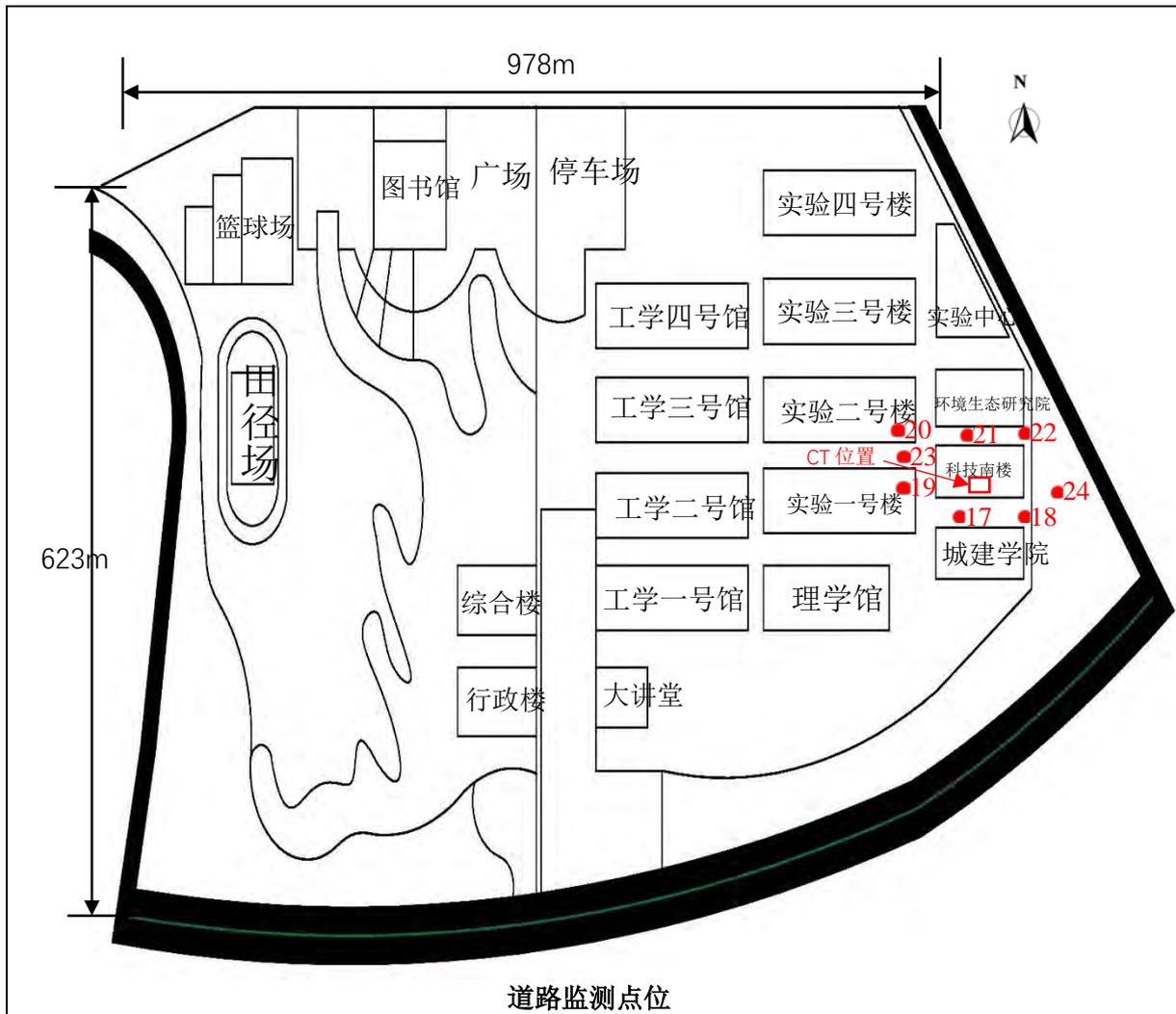


图 8-3 检测布点图

8.3 质量保证措施

(1) 检测人员具备从事环境辐射监测的工作经验，经环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格，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，读数稳定后，连续读取 10 个值，并经校正后求出平均值和标准偏差。

(3) 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，选用相对固有误差小的仪器 ($<15\%$)。

(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)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。

(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)监测报告严格执行三级审核制度,经过校对、校核,最后由技术总负责人审定。

8.4 检测结果

检测数据见表 8-3,检测报告见附件 3。

表 8-3 建设项目场所环境 γ 辐射现状检测结果

点位编号	点位描述	距离(m)	表面介质	平均值(nGy/h)	标准差(nGy/h)	环境性质
1	CT 位置	-	混凝土	112	2	楼房
2	西侧通道	6	混凝土	109	2	楼房
3	北侧通道	4	混凝土	97	3	楼房
4	东侧实验室	12	混凝土	119	3	楼房
5	东侧机房	28	混凝土	108	2	楼房
6	东侧办公室	39	瓷砖	139	3	楼房
7	东侧办公室	50	瓷砖	136	4	楼房
8	东侧门厅	50	瓷砖	128	4	楼房
9	东侧庭园	40	泥土	62	2	室外
10	北侧报告厅	25	瓷砖	128	1	平房
11	北侧门厅	18	瓷砖	141	2	楼房
12	北侧实验室	30	瓷砖	129	4	楼房
13	北侧办公室	43	瓷砖	136	2	楼房
14	北侧卫生间	50	瓷砖	116	3	楼房
15	北侧电梯厅	59	瓷砖	137	2	楼房

16	办公室（二层）	5	瓷砖	109	2	楼房
17	南侧道路	11	地砖	66	3	道路
18	南侧道路	45	地砖	62	4	道路
19	西侧实验一号楼	15	地砖	105	2	楼房
20	西侧实验二号楼	31	地砖	105	3	楼房
21	北侧道路	41	地砖	68	1	道路
22	北侧道路	62	地砖	57	3	道路
23	北侧道路	26	地砖	74	3	道路
24	东侧研究院正门	76	地砖	77	2	道路

注：1、以上数据已校准，校准系数为 0.915；

2、检测时仪器探头垂直地面，距地约 1m，待读数稳定后，每个测量点测量 10 个读数；

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

从表 8-3 中的数据可见，本项目建设场地及周围区域的室内环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测值为 97~141nGy/h，道路环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测值为 57~77nGy/h，室外环境 γ 辐射空气吸收剂量率检测值为 62 nGy/h。

参考《广东省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（广东省环境监测中心站，1995 年）对广东省全省的环境 γ 辐射空气吸收剂量率的调查结果，广东省全省的室内 γ 辐射剂量率调查水平 33.5~338.3nGy/h 之间，道路、室外 γ 辐射剂量率调查水平在 26.9~178.8nGy/h。对比表明，项目选址周围的环境 γ 辐射剂量率与该调查水平基本一致，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

工程设备与工艺分析

9.1 X 射线装置原理

X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成，其中 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（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，称之为轫致辐射，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，此称为特性辐射。

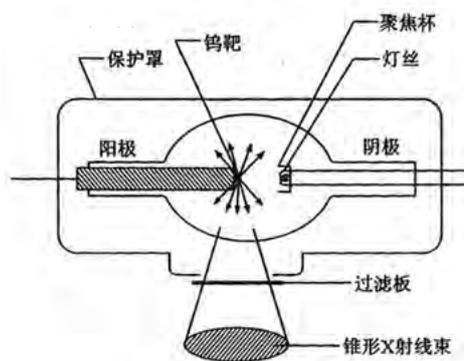


图 9-1 X 射线管示意图

从 X 射线管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 射线管两极上的高压即为管电压。X 射线机产生的 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 射线管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。

9.2 工业 CT 工作原理

电子计算机断层摄影(Computed tomography, 简称 CT)是近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, 发现被检对象内部辐射密度的微小变化。

工业 CT 机一般由射线源、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, 其工作示意图如图 9-2 所示。射线源提供 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 图象重建。与射线源紧密相关的射线发生器用以将射线源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象重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整, 完成图象重建、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。

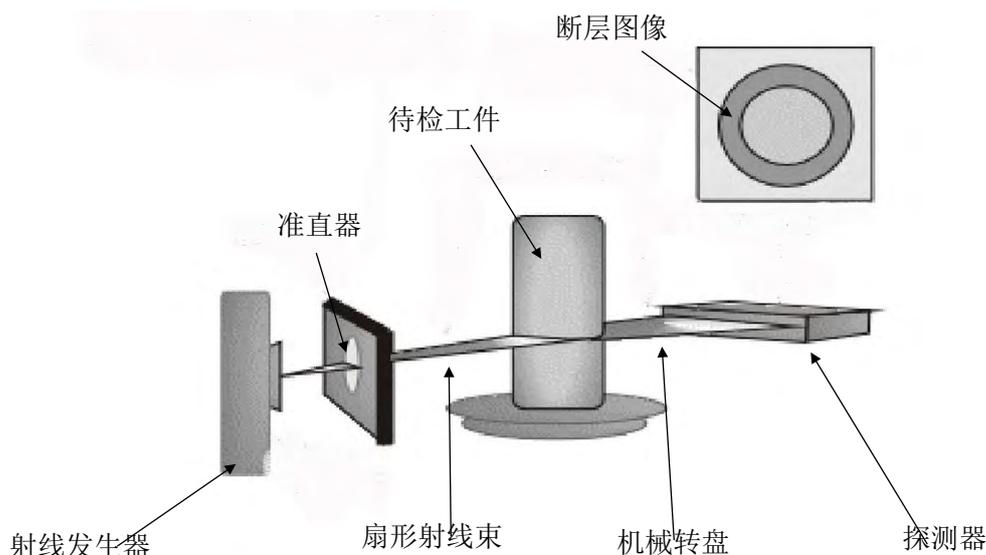


图 9-2 工业 CT 工作示意图

9.3 装置结构和工作方式

本项目拟使用的 Phoenix v|tome|x s240 型工业 CT 由 X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、图像分析与处理软件系统、三维图像重建和处理系统等组成，设备外观结构图和内部结构实物图分别见见图 9-3 和图 9-4，各部件名称一览表见表 9-1。

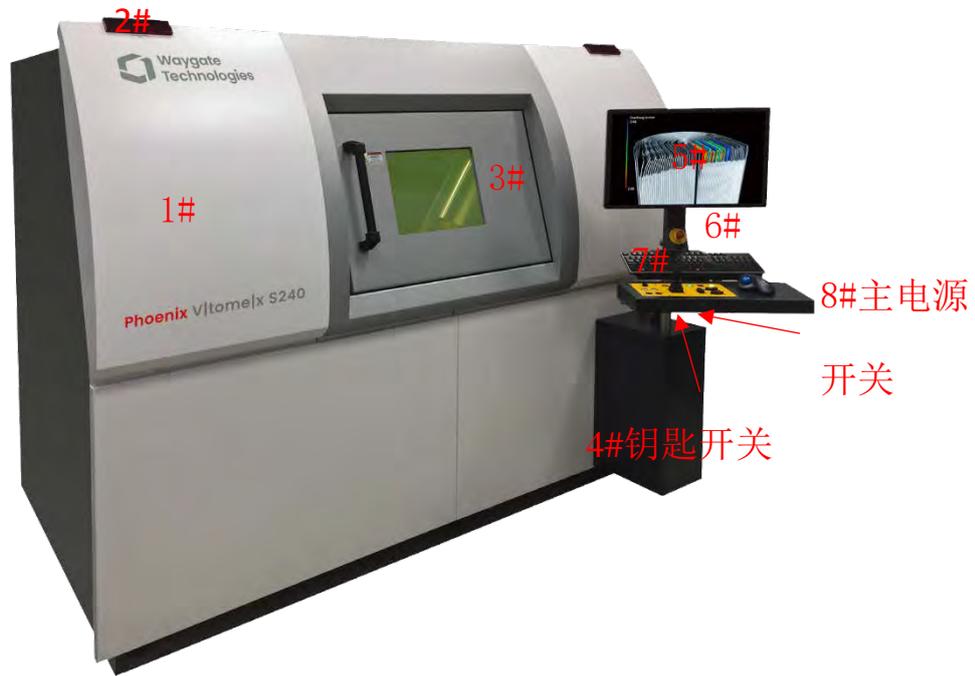


图 9-3 设备外观结构图

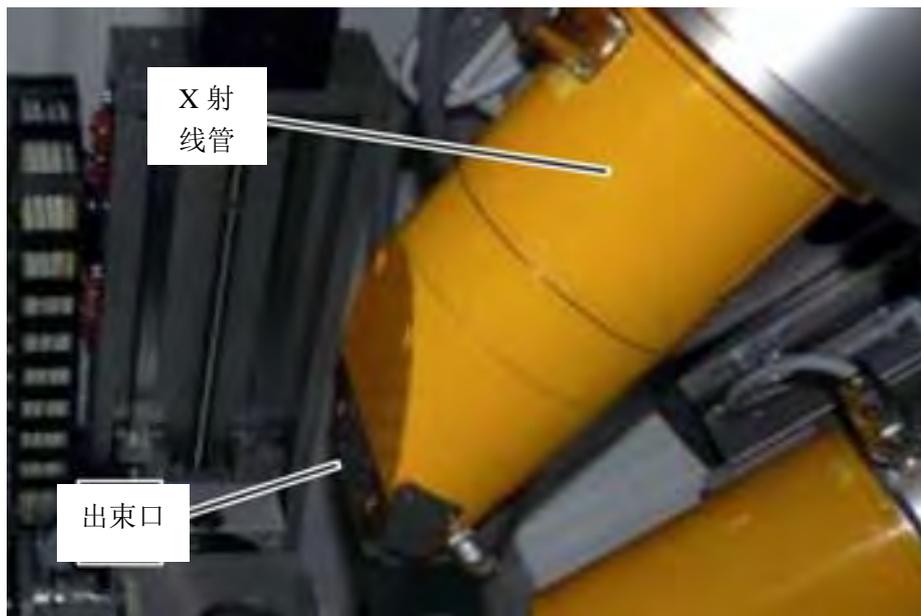


图 9-4 内部结构实物图

表 9-1 设备外各部件名称一览表

序号	名称	序号	名称
1	防辐射铅房	5	显示屏
2	警示灯	6	急停按钮
3	防护门	7	操作面板

4	钥匙开关	8	主电源开关
---	------	---	-------

9.4 工艺流程和产污环节

本项目的射线装置的操作流程和产污环节如图 9-5 所示。

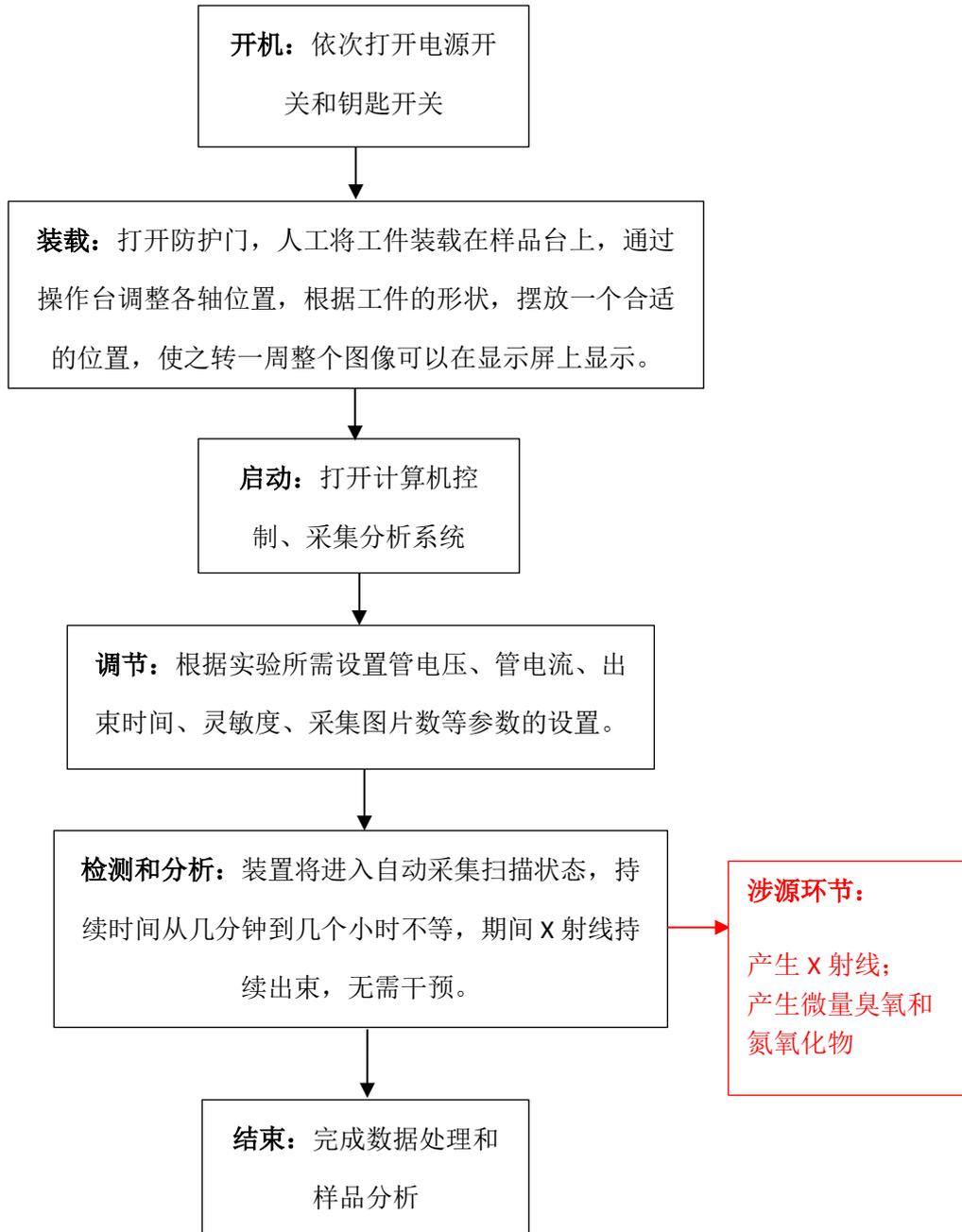


图 9-5 工艺流程和产污环节图

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、污染源、受

本项目污染源影响的主要人群，见表 9-2。

表 9-2 产污环节分析一览表

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

9.5 工作负荷和人员配置

该装置投入使用后，预计每天检测和分析样品 10 个，每个样品检测时间平均 0.5 小时，每个月约 20 工作日，因此使用该装置全年累计 X 射线照射时间约 1200 小时。

建设单位拟配置 5 名工作人员组成辐射安全管理机构管理该射线装置，其中 2 人兼职操作，单人年操作时长为 600 小时。

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 X 射线发生器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：

- a. 装载门安全连锁发生故障，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；
- b. 装载门安全连锁发生故障，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；
- c. 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

本项目的射线装置距辐射源点 1m 处的剂量率和滤过条件由设备厂家给出，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）保守取值。源强有关数据见表 9-3。

表 9-3 射线装置源项参数

技术参数	数值
最大管电压	240kV
最大管电流	3mA
滤过条件	0.5mmBe+0.5mmCu
有用线束距辐射源点 1m 处剂量率	0.79mGy/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

10.1 辐射屏蔽设计

本项目使用的射线装置自带钢铅结构的屏蔽体，三视图如图 10-1 至图 10-3 所示，结构和屏蔽参数见表 10-1。

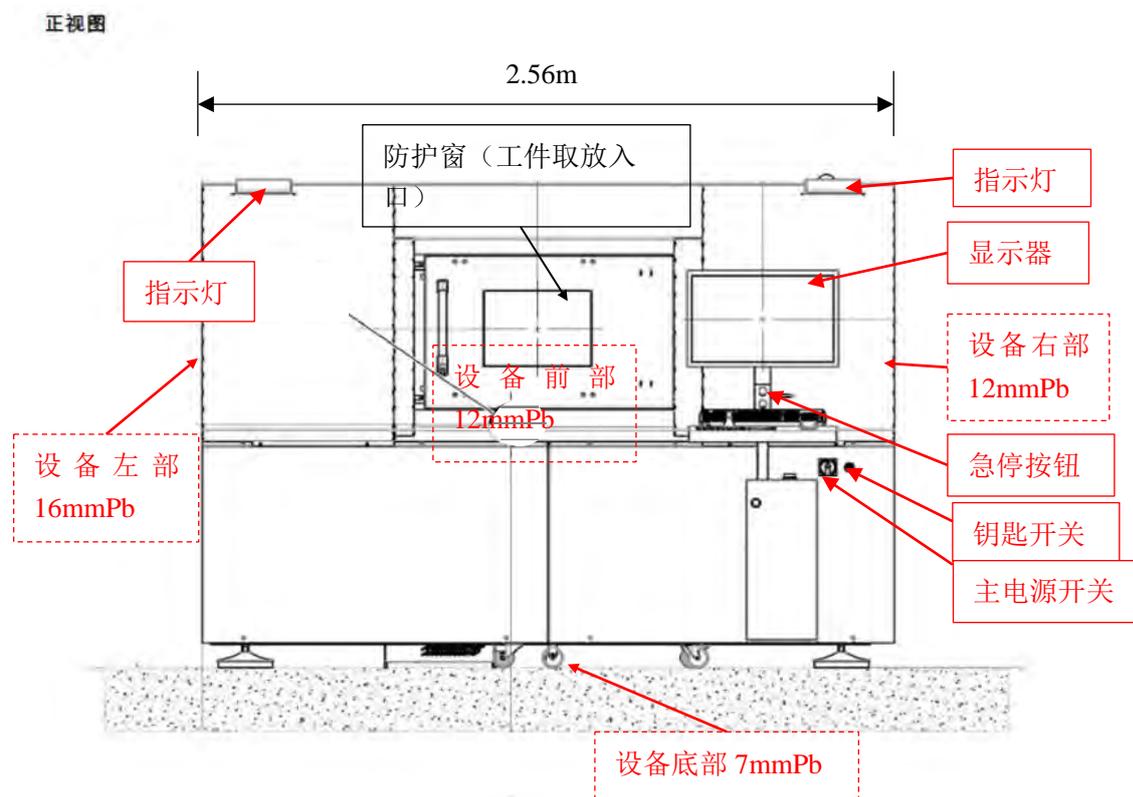


图 10-1 射线装置主视图

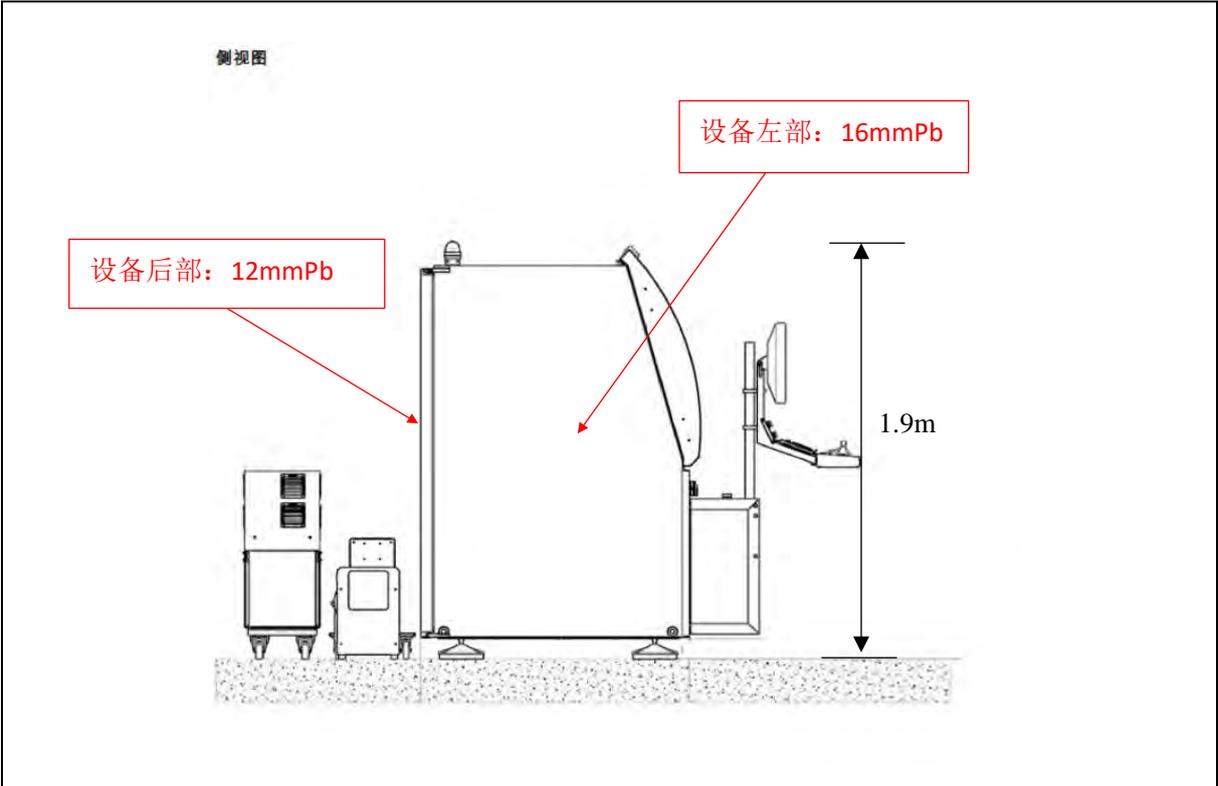


图 10-2 射线装置左视图

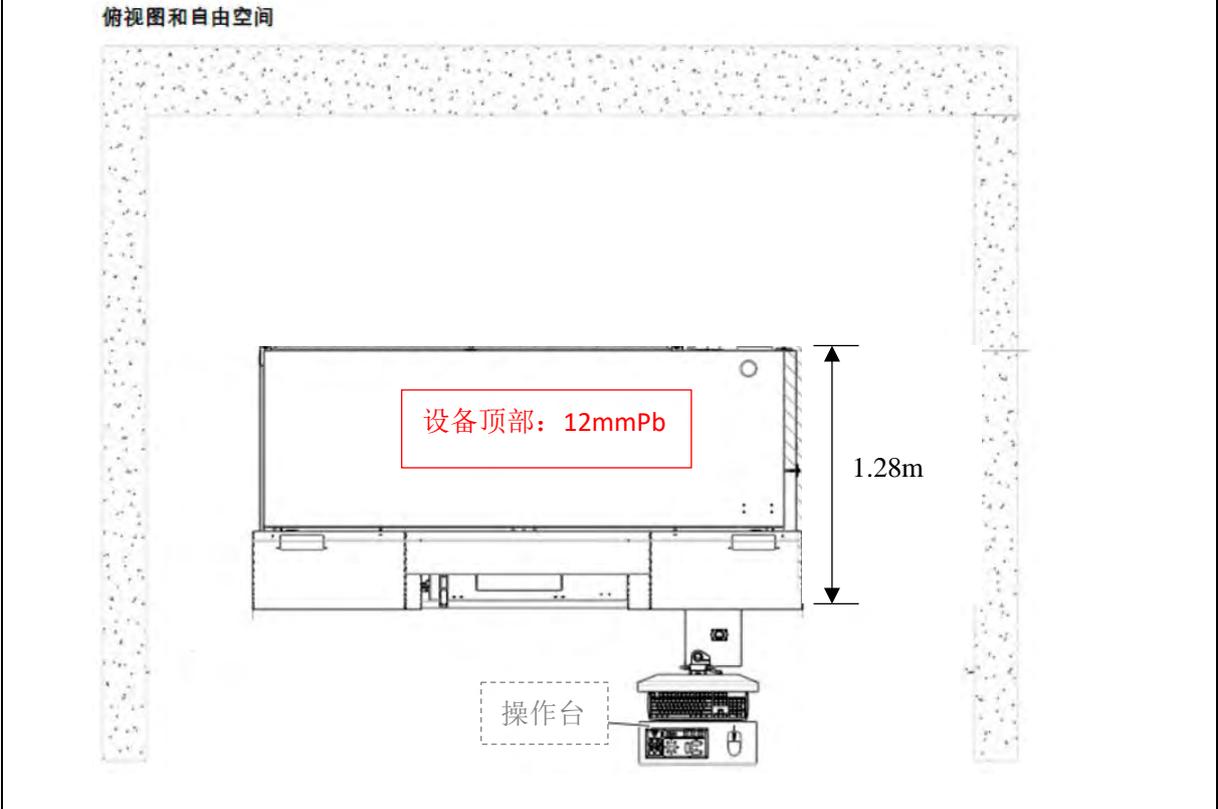


图 10-3 射线装置俯视图

表 10-1 屏蔽体结构和屏蔽参数一览表

项目	设计情况	屏蔽铅当量
尺寸	长×宽×高=2.56m×1.28m×1.9m	
前部	合金内衬 12mm 铅板	12mmPb
后部	合金内衬 12mm 铅板	12mmPb
左部	合金内衬 16mm 铅板	16mmPb(主射面)
右部	合金内衬 12mm 铅板	12mmPb
顶部	合金内衬 12mm 铅板	12mmPb
底部	合金内衬 7mm 铅板	7mmPb
装载门	四周：合金内衬 12mm 铅板 中间：12mmPb 当量特种玻璃	12mmPb

10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 安全联锁装置

本项目使用的射线装置的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、检修门正常关闭、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，安全联锁逻辑图如图 10-4 所示。

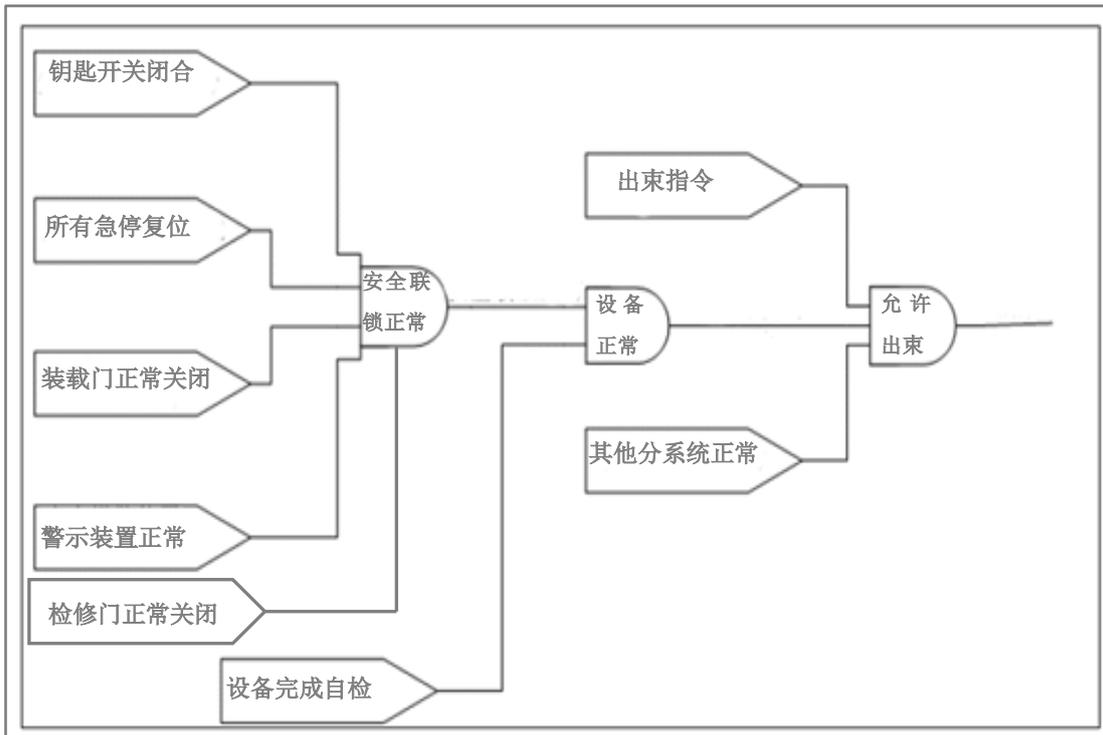


图 10-4 安全联锁逻辑图

10.2.2 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，辐射工作区域监督区边界将树立“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”警示牌。射线装置自带有警示灯，X 射线出束时警示灯将闪动进行警示，警示灯见图 10-1。

本项目的射线装置自带有工作状态指示灯，具有三种工作状态的指示：绿灯（装置准备就绪，可以出束），黄灯（装载门未关标志），红灯（X 射线正在出束）。

10.2.3 多重开关

本项目的射线装置设有钥匙开关、主电源开关见图 10-1，只有两个开关同时打开后设备才能启动，关闭任意一道开关 X 射线都将无法正常出束。

10.2.4 紧急停机

本项目的射线装置在显眼位置设有急停按钮，见图 10-1，发生紧急事故时可以迅速切断设备的多项部件的电源，包括：

X 射线管线圈；

X 射线管冷却装置；

X 射线管发生器的功率部件和控制部件；

操作机的所有驱动装置；

自动装载门的驱动装置。

10.2.5 辐射监测设施

建设单位拟为辐射工作人员每人配备 1 个人剂量计，定期送检；为射线装置配备 1 台个人剂量报警仪，用于实时监测工作环境的辐射水平。

个人剂量报警仪在工作期间将保持开机，悬挂在射线装置正面，用于实时监测工作环境的辐射水平。使用个人剂量报警仪（具备巡测功能）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。

根据国家标准（GBZ117-015）第 4.1.2 的规定：应对探伤工作场所实行分区管理，一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

布局：设备靠分析室的西墙和北墙，将设备南面和东面外 2m 的范围规划为辐射工作区域，边界用隔离绳作为管控措施。辐射工作区域里只放置射线装置、操作台及配套设施，不作其他用途，操作台设在射线装置正面一侧，避开了有用射线方向。

分区：辐射工作场所布局和分区示意图如图 10-5 所示，建设单位拟将射线装置实体屏蔽内部区域划为控制区，将屏蔽体外整个辐射工作场（设备南面和东面外 2m）划

为监督区。

控制区通过实体屏蔽、门机连锁装置等进行控制，监督区通过警示标志、地面黄色标志线和隔离绳等进行管理。该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。由上可知，本项目辐射工作场所的布局 and 分区合理。

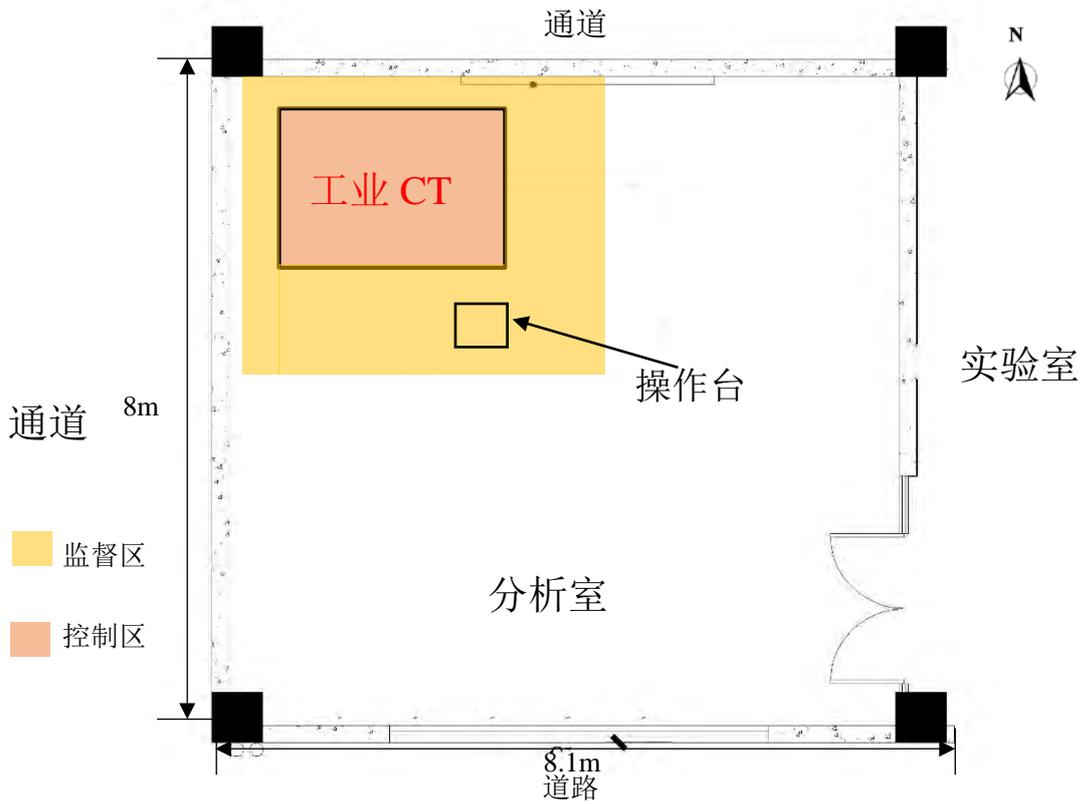


图 10-5 辐射工作场所布局和分区示意图

10.4 与标准的对照分析

按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)对本项目的各项辐射安全与防护措施、安全操作各项实施计划进行分析。辐射安全与防护措施对照分析表见表 10-2，安全操作要求及实施计划对照表见表 10-3。

表 10-2 辐射安全与防护措施对照分析表

《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015) 的防护安全要求	辐射安全与防护实施计划	评价
4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全,操作室应与探伤室分开并尽量避免有用线束照射的方向。	本项目辐射工作场所的操作台设在射线装置正面一侧,避开了有用射线方向。	满足要求
4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区,与墙壁外部相邻区域划为监督区。	建设单位拟对辐射工作场所实施分区管理,具体的分区方案见表 10 第 3 节“辐射工作场所布局 and 分区”。	满足要求
4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置,并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线照射。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。	本项目使用的射线装置带有安全联锁功能,装载门、检修门在打开或者没有关到位的情况下,高压电源无法打开;门打开时高压电源将随即关闭,X 射线停止出束,重新关上门后不会自动打开高压电源。人员不能进入设备内部。	满足要求
4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。	本项目的射线装置自带有工作状态指示灯,工作状态指示灯与 X 射线装置联锁,X 射线正在出束具有红灯指示。	满足要求
4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。	建设单位将在射线装置屏蔽体的正面张贴电离辐射警示标志,在监督区边界树立“辐射工作场所,无关人员工作期间禁止进入”的中文警示说明。	满足要求

<p>4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮应带有标签，标明使用方法。</p>	<p>射线装置操作台显眼位置设有急停按钮，急停按钮将标明功能和使用方法，发生紧急事故时能立即终止照射。</p>	<p>满足要求</p>
---	---	-------------

表 10-3 安全操作要求对照分析表

<p>《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015) 的安全操作要求</p>	<p>安全操作实施计划</p>	<p>评价</p>
<p>4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p>	<p>建设单位拟为每个辐射工作人员配备 1 个人剂量计，定期送检；为射线装置配备 1 台个人剂量报警仪。个人剂量报警仪在工作期间将保持开机，悬挂在射线装置正面，用于实时监测工作环境的辐射水平。</p>	<p>满足要求</p>
<p>4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，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>建设单位计划每年一次委托第三方检测机构对设备外的环境辐射水平进行年度检测。</p> <p>日常使用个人剂量报警仪（具有巡测功能），定期（每个季度 1 次）对射线装置周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录，一旦发现辐射值超过参考控制水平需暂停辐射工作，查找原因。</p>	<p>满足要求</p>
<p>4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。</p>	<p>工作人员作业前检查个人剂量报警仪是否正常工作，如发现个人剂量报警仪不能正常工作，则不能开始辐射工作。</p>	<p>满足要求</p>

<p>4.2.5 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>工业 CT 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。</p>	<p>满足要求</p>
--	---	-------------

小结: 综上所述,建设单位拟采取的各项辐射安全与防护措施、辐射安全操作要求等满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的要求。

10.5 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。参照国家标准《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的相关规定: X 射线探伤场所每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

为保持分析室的空气清新,建设单位拟在分析室内安装 1 个机械排风装置,单排风量不小于 0.25m³/s。分析室的体积为 259.2m³,排风扇在工作期间保持开启,可确保分析室每小时有效通风换气次数为 3.05 次,满足“X 射线探伤场所每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。工业 CT 内部由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,不会在室内积累。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

本项目配套的工作场所还处于毛坯状态，需要进行土建施工。在进行改建、装修过程中会有轻微的固废、噪声等非电离辐射因素的环境影响，如建筑垃圾、扬尘、施工噪声等。施工单位应按照规定对建设期产生的一般环境污染进行防治，如：建筑垃圾分类堆放、及时处理；如需使用噪声较大的工具施工，应尽量选择人员较少的时间短施工。通过以上措施使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

本工程在施工期非电离辐射因素的环境影响时间短暂，影响范围小，随施工结束而消除。本项目使用成品电气设备，施工阶段无电离辐射的环境影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射剂量率计算

本项目拟使用的射线装置的最大管电压为 240kV，最大管电流为 3mA。为了分析该射线装置运行时对周围环境的影响，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。

该射线装置的有用线束朝左面（西侧）照射，选取射线装置屏蔽体外 0.3m 处为辐射水平关注点，关注点分布示意图见图 11-1，X 射线出束口至屏蔽体外各关注点的距离列于表 11-1。

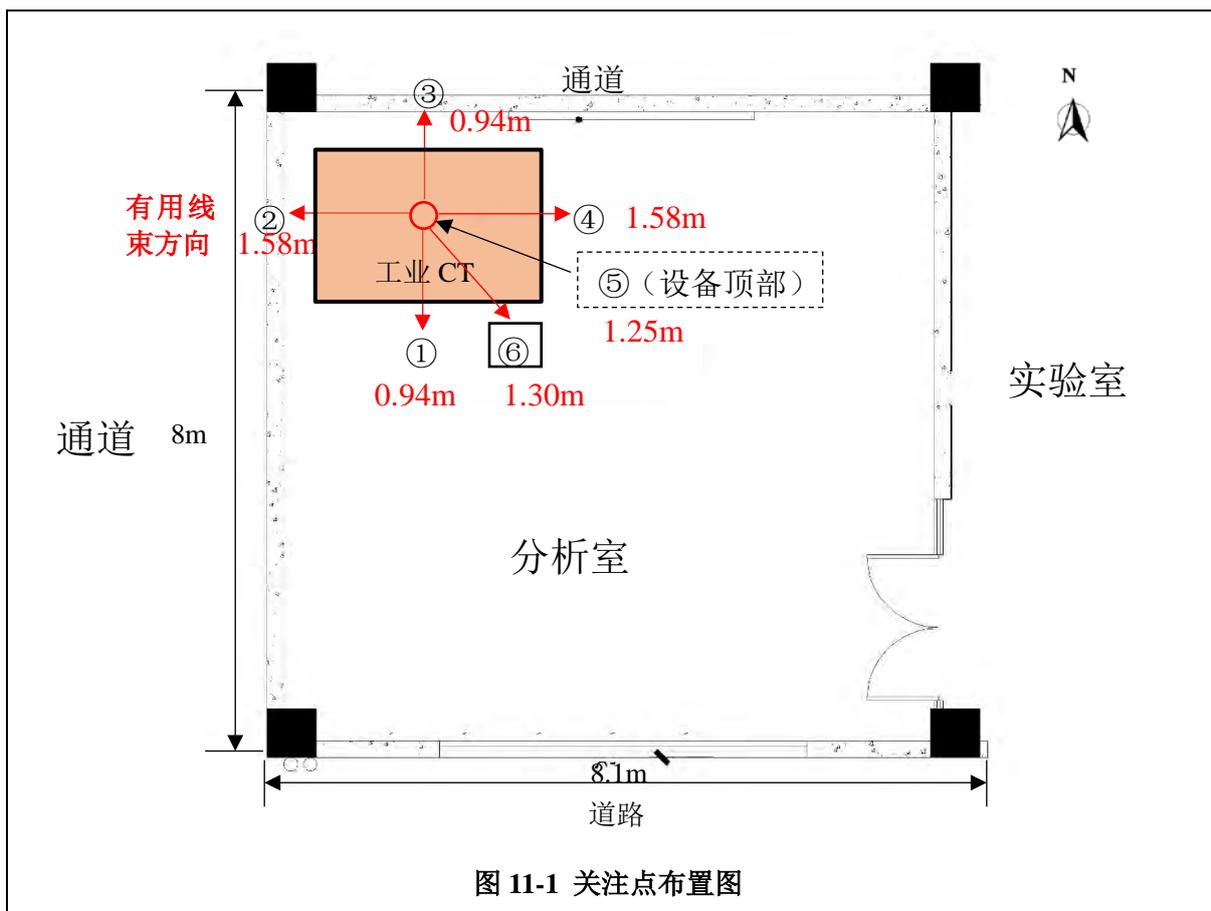


图 11-1 关注点布置图

为保守评价，本项目按照 250kV 的参数进行辐射剂量率估算。

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，滤过条件为 0.5mmCu 的宽束 X 射线透过铅层，透射因子为 1E-06 时，铅板厚度约 13.1mmPb。本项目最大管电压为 240kV，滤过条件为 0.5mmBe+0.5mmCu，有用线束方向的屏蔽厚度为 16mmPb，大于 13.1mmPb。因此本项目有用线束的透射因子 B 可保守取值 1E-06，有用线束在关注点的剂量率按公式 (11-1) 计算：

$$\dot{H}_1 = \frac{\dot{H}_0 \times B}{R^2} \quad (11-1)$$

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：

$$\dot{H}_3 = \frac{\dot{H}_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-4)$$

式中：

- I 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为 mA；
- \dot{H}_0 距辐射源点（靶点）1m 处输出量/剂量率；
- B 屏蔽透射因子；
- R 辐射源点（靶点）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 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；
- F R_0 处的辐射野面积，单位为 m^2 ；
- a 散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）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 $1.90\text{E-}03 \times 10000/400$ 。
- R_0 辐射源点（靶点）至工件的距离，单位为 m。

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)	I(mA)
①（南侧）	0.94	0.96	0.01	0.0475	0.2	3
②（西侧）	1.58	-	-	-	-	3
③（北侧）	0.94	0.96	0.01	0.0475	0.2	3
④（东侧）	1.58	1.78	0.01	0.0475	0.2	3
⑤（顶部）	1.25	1.27	0.01	0.0475	0.2	3
⑥（操作台）	1.30	1.37	0.01	0.0475	0.2	3

注： R_s 的取值通过三角函数关系得出。

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
①（南侧）	12mmPb	泄漏线束	2.9mm	7.28E-05
		散射线束	1.4mm	2.68E-09
②（西侧）	16mmPb	有用线束	-	1E-06
③（北侧）	12mmPb	泄漏线束	2.9mm	7.28E-05
		散射线束	1.4mm	2.68E-09
④（东侧）	12mmPb	泄漏线束	2.9mm	7.28E-05
		散射线束	1.4mm	2.68E-09
⑤（顶部）	12mmPb	泄漏线束	2.9mm	7.28E-05
		散射线束	1.4mm	2.68E-09
⑥（操作台）	12mmPb	泄漏线束	2.9mm	7.28E-05
		散射线束	1.4mm	2.68E-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	距靶 1m 输出量/剂量率
有用线束/散射线束	0.79mGy/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}
①（南侧）	2.5	-	4.12E-01	9.82E-05	4.12E-01
②（西侧）	2.5	1.14	-	-	1.14
③（北侧）	2.5	-	4.12E-01	9.82E-05	4.12E-01
④（东侧）	2.5	-	1.46E-01	2.86E-05	1.46E-01
⑤（顶部）	2.5	-	2.33E-01	7.22E-05	2.33E-01
⑥（操作台）	2.5	-	2.15E-01	4.82E-05	2.15E-01

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

由于该装置放于一层，没有地下层，因此不对底部进行辐射水平估算。

从表 11-4 可以看到，本项目射线装置屏蔽体外 0.3m 关注点处的辐射剂量率估算值最高约 1.14 μ Sv/h，小于 2.5 μ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的剂量率控制要求。

11.2.2 人员受照剂量分析

根据以上方法，可估算出评价范围内各场所的辐射剂量率，结合表 9 的工作负荷介绍（单人操作时间为 600 小时，公众受照时间为 1200 小时），按照公式（11-5）可进一步估算出各保护目标的年有效受照剂量。

$$E = \dot{H}/1000 \times t \times T \quad (11-5)$$

式中：

E——保护目标的受照剂量，mSv/a

\dot{H} ——保护目标的受照剂量率， μ Sv/h；

t——本项目全年出束时间，h；

T——保护目标的居留因子。

表 11-5 保护目标年受照剂量估算结果(单位：mSv/a)

关注点	场所	保护目标	居留因子	受照剂量率 μ Sv/h	受照剂量
⑥（操作台）	辐射工作区域	辐射工作人员	1	2.15E-01	1.29E-01
④（东侧）	分析室	公众	1/2	1.78E-01	5.35E-02
	实验室	公众	1/2	1.99E-02	5.97E-03
	机房	公众	1/20	6.73E-04	2.02E-05
	办公室	公众	1	4.56E-04	2.73E-04
	办公室	公众	1	1.39E-04	8.32E-05
	报告厅	公众	1/5	2.07E-03	2.48E-04
	庭园	公众	1/10	3.73E-04	2.24E-05
	门厅	公众	1/10	1.78E-04	1.07E-05

①（南侧）	分析室	公众	1/2	3.32E-01	9.95E-02
	道路	公众	1/10	6.47E-03	3.88E-04
②（西侧）	通道	公众	1/10	7.22E-02	4.33E-03
	实验二号楼	公众	1/2	1.40E-02	4.19E-03
	实验一号楼	公众	1/2	4.45E-03	1.34E-03
③（北侧）	通道	公众	1/2	5.22E-02	1.57E-02
	管材室	公众	1/5	3.22E-03	3.86E-04
	实验室	公众	1/2	4.77E-04	1.43E-04
	办公室	公众	1	4.14E-04	2.49E-04
	卫生间	公众	1/10	1.67E-04	1.00E-05
	电梯厅	公众	1/10	1.42E-04	8.52E-06
	道路	公众	1/10	2.71E-04	1.63E-05
⑤（顶部）	办公室	公众	1	1.88E-02	1.13E-02

注：居留因子的选取参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 A.1。

表 11-5 显示，根据理论估算，本项目评价范围内的辐射工作人员的全年最大受照剂量 $1.29\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，公众的全年最大受照剂量 $9.95\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。以上估算结果说明本项目投入使用后，对辐射工作人员及公众产生的辐射影响满足“工作人员不超过 5mSv/a 、公众不超过 0.25mSv/a ”的剂量约束要求，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 辐射事故类型及风险分析

（1）装载门安全联锁发生故障，导致在防护门未关到位的情况下 X 射线出束，X 射线泄露使工作人员或公众受到不必要的照射；

（2）装载门安全联锁发生故障，辐射工作人员在取放工件的过程中，意外开启 X 射线发生器，导致工作人员被误照射；

（3）设备检修时，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。

本项目最严重的辐射事故是情景(3)：设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到有用射线的直接照射。假设受照人员距出束口的 1m，人员从开始受照至意识到采取断电措施的持续时长为 15s，则按照射线装置距辐射源点 1m 处剂量率 0.79mGy/s，经计算及换算可得该事故情形下人员受照剂量为 11.85mSv。

以上分析表明，本项目单次辐射事故造成的人员受照剂量高于职业照射全年有效受照剂量约束值（5mSv/a），说明本项目具有一定辐射事故风险，事故等级一般不会超出“一般事故”。

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。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。

(2) 应定期对安全联锁装置、急停按钮等防护设施进行检修和维护，工作人员应严格遵守操作规程。

(3) 本项目发生事故的风险主要在于建设单位的辐射安全管理，建设单位应制定完善的管理制度、操作规程，并严格遵守，由此可最大程度避免发生辐射事故。

综上所述，建设单位如能严格采取以上事故预防措施，加强管理，让工作人员提高安全意识，可最大程度降低辐射事故的影响，避免辐射事故的发生。

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》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。

建设单位针对本项目成立了辐射安全管理机构，落实了机构的成员及其职责，组成名单见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理机构成员一览表

管理机构	姓名	职务	部门	联系电话
组长	冯景春	教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
成员	孙立伟（专职人员）	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	谢炎	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	易晓英	科研助理	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	张卉（专职人员）	博士生	滨海与深海生态环境研究中心	██████████

管理小组职责：

- （1）结合本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。

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。

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4），包括以下章节：

辐射安全管理机构

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

射线装置台账和维修维护制度

辐射事故应急预案

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，如能做到严格按照制定管理公司的核技术利用项目，可以实现安全和规范管理，一旦发生辐射事故时，可以实现迅速和有效的应对，基本满足《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。

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。

建设单位拟安排 5 名辐射工作人员负责管理本项目的射线装置，其中 2 名人员兼射线装置的操作，建设单位将在项目筹备阶段安排本项目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，考核通过后方可从事辐射工作。

在原有的核技术利用项目中，建设单位安排了辐射工作人员参加了辐射安全与防护上岗培训和考核。原有辐射工作人员情况一览表见表 12-2，原有辐射工作人员辐射安全考核成绩单见附件 5。

表 12-2 原有辐射工作人员名单

序号	姓名	岗位类型	培训时间	成绩单编号
1	沈宝云	操作兼管理员	2020 年 11 月 30 日	FS20HN1000109
2	何瑞华	操作兼管理员	2020 年 9 月 11 日	FS20GD0101321

评价和建议：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，在旧的核技术利用项目管理中，严格执行了辐射工作人员培训计划。

12.4 辐射监测计划及执行情况

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。

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。

在原有的核技术利用项目管理中，建设单位按要求进行了辐射工作人员职业健康检查和个人剂量监测，建立了职业健康档案和个人剂量档案。

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日前按要求上传到“全国核技术利用辐射安全申报系统”。

建设单位拟为射线装置配备1台个人剂量报警仪，用于进行日常辐射检测。个人剂量报警仪在工作期间将保持开机，悬挂在射线装置正面，用于实时监测工作环境的辐射水平。定期（每个季度1次）使用个人剂量报警仪（具备巡测功能）对设备的各个面进行巡测，并做好巡测记录。

在原有的核技术利用项目管理中，建设单位按要求进行了工作场所日常监测，并委托检测机构对运行的核技术利用项目进行了辐射防护年度检测。

辐射监测仪器配置一览表见表12-5。

表12-5 辐射监测仪器一览表

名称	型号	数量
个人剂量计	热释光式	2个
个人剂量报警仪	待定	1台

12.4.3 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) 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、扩建和退役情况；
- (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。

在原有的核技术利用项目管理中，建设单位执行了年度检测和年度评估计划，年度评估报告按要求上传到了“全国核技术利用辐射安全申报系统”。

12.4.4 工作场所辐射监测方案

(1) 剂量率控制要求

本项目射线装置屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率的控制水平为 2.5 μ Sv/h。

(3) 检测布点要求及位置

射线装置的放射防护检测应工作在额定工作条件下、没有工件，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) 装载门的中间和门缝四周；
- c) 装置屏蔽体外 30cm 处，每个面至少测 1 个点；

d) 操作位。

(4) 检测异常处理

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。验收监测发现超过控制水平的，应整改合格后方可通过竣工环境保护验收。

建设单位制定的辐射工作场所监测周期一览表见表 12-6。

表 12-6 辐射工作场所监测和检查周期一览表

类型	检测项目	频率	方式
年度检测	设备外周围剂量当量率	1 次/年	委托检测
日常检测	设备外周围剂量当量率	实时监测+定期检测（每季度一次）	自行检测
验收监测	设备外周围剂量当量率	竣工后（一次）	委托检测

小结：建设单位制定的个人剂量监测、工作场所环境辐射监测计划满足相关法律法规的要求。在原有的核技术利用项目管理中，建设单位执行和落实了各项辐射监测计划。本项目正常运行时，建设单位应继续严格按照辐射监测计划做好个人剂量监测、工作场所环境辐射监测工作。

12.5 辐射事故应急

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，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。

12.5.1 辐射事故应急机构

建设单位成立了辐射事故应急小组，人员组成见表 12-7。

表 12-7 辐射事故应急小组成员一览表

应急机构	姓名	职务	部门	联系电话
组长	冯景春	教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
成员	孙立伟	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	谢炎	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	易晓英	科研助理	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	张卉	博士生	滨海与深海生态环境研究中心	██████████

12.5.2 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付突发事件的能力，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。

在原有的核技术利用项目的辐射事故应急中，建设单位执行了《辐射事故应急处理预案》，暂未进行事故应急人员培训和演习，应在后续的管理中加强落实。

12.6 竣工环境保护验收要求

12.6.1 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 682 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。

12.6.2 时间节点

该项目竣工后，建设单位应按照相关程序和要求，在项目竣工后 3 个月内组织自主竣工环保验收，验收相关材料按要求公示和备案。

12.6.3 主要验收依据

（1）关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告（国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日发布）；

（2）《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）；

（3）其他：本报告表 6 所列评价依据。

验收项目明细表见表 12-8。

表 12-8 验收项目明细表

序号	验收项目	验收要求
1	关注点周围剂量当量率	按照本报告和环评批复文件的要求
2	职业照射及公众照射约束值	
3	辐射安全与防护各项措施	
4	辐射安全管理机构、制度	
5	辐射事故应急预案	
6	个人剂量监测和辐射工作场所检测	
7	环境影响报告表及其批复的其他要求	

表 13 结论与建议

13.1 结 论

广东工业大学生态环境与资源学院拟在广州市番禺区大学城外环西路 100 号科技南楼一层分析室内安装使用 1 台 GE 公司的 Phoenix v|tome|x s240 型工业 CT。本项目属于核技术利用扩建项目，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、工作场所分区和布局、各项辐射安全与防护措施等均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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，项目运行时射线装置实体屏蔽外关注点的辐射水平满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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低于评价标准提出的剂量约束值，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

本项目的投产可辅助广东工业大学开展 X 射线微纳成像检测技术，有助于广东工业大学进一步开展海洋生态等方面的研究，满足海洋强国的建设和构建海洋命运共同体的国家重大战略需求，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、尽快组织本项目的辐射工作人员参与辐射安全与防护培训和考核，通过考核后方可从事辐射工作。

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：辐射安全许可证



广东省生态环境厅

粤环穗审〔2021〕68号

广东省生态环境厅关于广东工业大学机电 工程学院核技术利用扩建项目环境 影响报告表的批复

广东工业大学：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称报告表，编号为 XHKJ2116)等材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位注册地址为广州市东风东路 729 号，本次核技术利用扩建项目位于广州市番禺区大学城外环西路 100 号工学 1 号馆。项目内容为：拟在机电工程学院工学 1 号馆一楼东侧的现代产品设计与制造实验室安装使用 1 台立方通达公司 Lifetime610 型工业 CT (最大管电压 190kV、最大管电流 0.2mA)，用于科研上

— 1 —

的材料无损检测，属Ⅱ类射线装置。

二、广州市环境技术中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全防护措施以及安全责任，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于5毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定的程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由广州市生态环境局番禺分局负责。



公开方式：主动公开

抄送：广州市生态环境局番禺分局、固辐处、执法处，广州市环境技术中心，广州星环科技有限公司。

广州市生态环境局办公室

2021年10月18日印发

广东工业大学使用工业 X 射线 CT 装置项目

竣工环境保护验收意见

广东工业大学于 2022 年 3 月 21 日在广州市组织《使用工业 X 射线 CT 装置项目》竣工环境保护验收工作。由广东工业大学（建设单位）、广州星环科技有限公司（验收监测单位、验收报告编制单位）的代表组成验收工作组。验收工作组采取现场检查、资料查阅的方式，经讨论、审议，形成验收意见如下：

一、建设项目基本情况

广东工业大学位于广州市番禺区大学城外环西路 100 号，机电工程学院在工学 1 号馆一楼东侧的现代产品设计制造实验室安装使用 1 台立方通达公司 Lifetime610 型工业 CT（最大管电压 190kV、最大管电流 0.2mA，属 II 类射线装置），用于科研上的材料无损检测。

二、工程变动情况

无

三、环境保护设施落实情况

项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，申领了辐射安全许可证，设置了辐射安全管理机构，制定了辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，工作人员参加了辐射安全上岗培训和考核，配备了辐射监测仪器和防护用品，落实了各项辐射安全与防护措施。

-1-

四、环境保护设施调试效果

无

五、环境影响情况

检测结果表明，按照常用最大工作条件运行时，射线装置屏蔽体外的周围剂量当量率均不超过 2.5 μ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的辐射剂量率要求；辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv/a，公众年有效剂量不超过 0.25mSv/a，满足环评批复文件“粤环辐审[2021]68 号”的剂量约束要求。

六、验收结论

项目环境保护审查批手续齐全，落实了环境影响报告表及其批复文件的相关要求，环境保护设施验收合格，符合环境保护验收条件，通过竣工环境保护验收。

验收工作组签名：黄郁坚 姚奇 沈志尔 魏晓 卢耀安

二〇二二年三月二十一日

-2-

附件 3: 环境 γ 辐射现状检测报告



检 测 报 告

任务编号: XHJC22016m1

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:	广东工业大学
检测类型:	环评检测
报告日期:	2022 年 04 月 01 日

广州星环科技有限公司



第 1 页 / 共 6 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



广州星环科技有限公司检测报告

受检单位	广东工业大学
检测地点	广州市番禺区大学城外环西路100号科技南楼
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 辐射空气比释动能率仪
检测仪器信息	厂家、型号: 中广核贝谷科技有限公司、BG9511型 出厂编号: 1SB07Y5R 能量响应: 48keV~3MeV 测量量程: 10nGy/h~600 μ Gy/h 相对固有误差: -9.3%
仪器校准证书	214708220 校准单位: 深圳市计量质量检测研究院 校准日期: 2021年11月25日; 复校日期: 2022年11月24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	2022年3月17日
环境条件	天气: 晴, 气温 28 $^{\circ}$ C, 湿度 62%
建设项目概况	广东工业大学拟在广州市番禺区大学城外环西路100号科技南楼一层的分析室安装使用1台GE公司的Phoenix v tome x s240型工业CT, 用于科研上的无损检测。
检测结果	检测结果见附表1, 检测布点图见附图1。

编制: 黄铭熙 审核: 张厚 签发: 张奇
 签发日期: 2022.4.1

附表 1: 检测结果

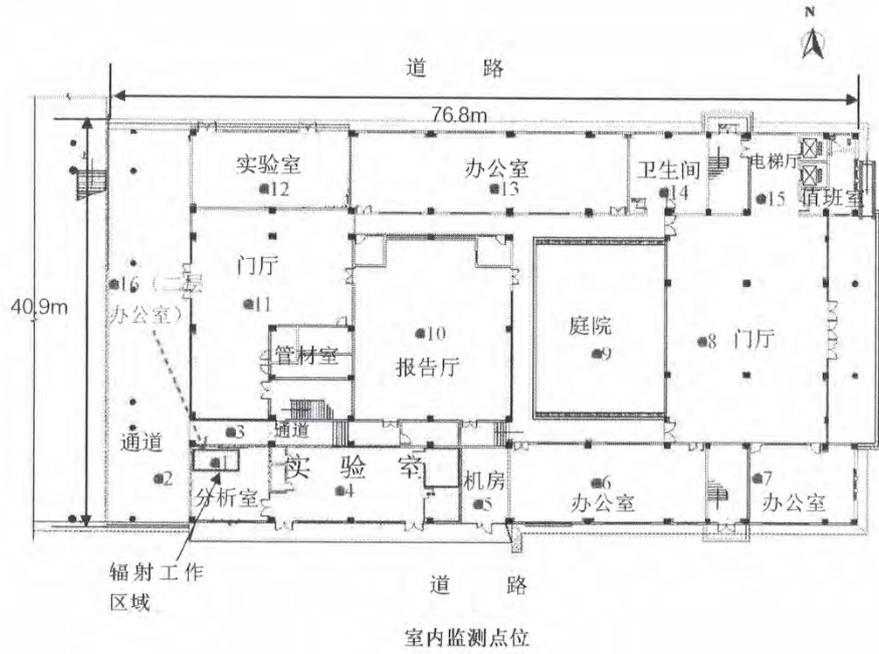
点位编号	点位描述	距离(m)	表面介质	平均值(nGy/h)	标准差(nGy/h)	环境性质
1	CT 位置	-	混凝土	112	2	楼房
2	西侧通道	6	混凝土	109	2	楼房
3	北侧通道	4	混凝土	97	3	楼房
4	东侧实验室	12	混凝土	119	3	楼房
5	东侧机房	28	混凝土	108	2	楼房
6	东侧办公室	39	瓷砖	139	3	楼房
7	东侧办公室	50	瓷砖	136	4	楼房
8	东侧门厅	50	瓷砖	128	4	楼房
9	东侧庭院	40	泥土	62	2	室外
10	北侧报告厅	25	瓷砖	128	1	平房
11	北侧门厅	18	瓷砖	141	2	楼房
12	北侧实验室	30	瓷砖	129	4	楼房
13	北侧办公室	43	瓷砖	136	2	楼房
14	北侧卫生间	50	瓷砖	116	3	楼房
15	北侧电梯厅	59	瓷砖	137	2	楼房
16	办公室(二层)	5	瓷砖	109	2	楼房
17	南侧道路	11	地砖	66	3	道路
18	南侧道路	45	地砖	62	4	道路
19	西侧实验一号楼	15	地砖	105	2	楼房
20	西侧实验二号楼	31	地砖	105	3	楼房
21	北侧道路	41	地砖	68	1	道路
22	北侧道路	62	地砖	57	3	道路
23	北侧道路	26	地砖	74	3	道路
24	东侧研究院正门	76	地砖	77	2	道路

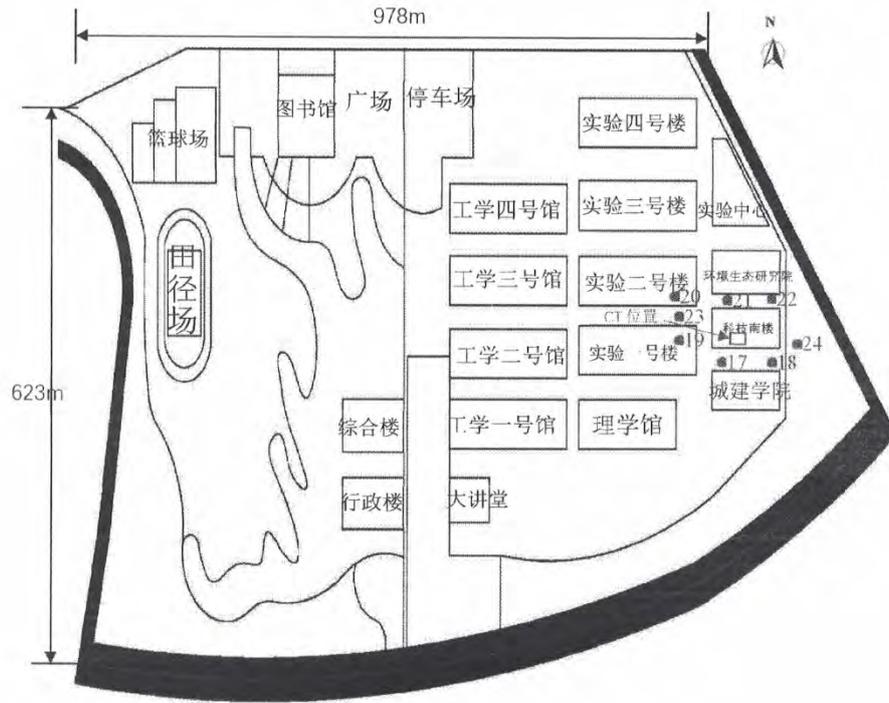
注: 1、以上数据已校准, 校准系数为 0.915;

2、检测时仪器探头垂直地面, 距地约 1m, 每个测量点测量 10 个读数;

3、检测结果扣除了仪器对宇宙射线的响应部分; 建筑物对宇宙射线的屏蔽因子: 楼房取值 0.8, 平房取 0.9, 道路、室外取值 1。

附图 1: 检测布点图





室外监测点位

附件 4：辐射安全管理规章制度

广东工业大学（生态环境与资源学院）

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

管理机构	姓名	职务	部门	联系电话
组长	冯景春	教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
成员	孙立伟	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	谢炎	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	易晓英	科研助理	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	张卉	博士生	滨海与深海生态环境研究中心	██████████

管理小组职责：

- (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。

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) 严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，委托检测机构对直接操作射线装置的辐射工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，监测周期为3个月，建立个人剂量档案和职业健康档案。

(3) 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。

(4) 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，将整个辐射工作区域划为监督区，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，监督区通过警示标志、实体边界等进行管理。

(5) 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。操作台设应避开有用射线方向。

(6) 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。

(7) 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，按动紧急止动按钮，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。

(8) 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。

(9) 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（主要包括防护门、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，如防护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，安全防护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；
- (8) 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；
- (9) 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。

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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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

凡辐射工作人员上岗前，必须进行上岗前的职业健康检查，建立职业健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。定期组织上岗后的辐射工作人员进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 5 年，必要时可增加临时性检查。

辐射工作人员脱离辐射工作岗位时，应当对其进行离岗前的职业健康检查；发生应急照射或事故照射情况应及时组织健康检查和必要的医学处理。

（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，为保存工作人员的记录做出安排；

⑤在工作人员年满 75 岁之前，应为他们保存职业照射记录，在工作人员停止辐射工作后，其照射记录至少要保存 30 年。

8、射线装置台账登记和维修维护制度

(1) 设备管理员负责射线装置使用台账的建立和管理，做到台账清晰，账物对应。射线装置台账实行动态管理，及时更新，准确记录设备变更情况。

(2) 操作人员在使用射线装置填写《射线装置使用台帐》。操作过程中如遇到故障或异常情况，必须详细记录在《射线装置使用台帐》的使用情况记录栏中。《射线装置使用台帐》所有内容务必如实填写，不得模糊不清。

(3) 完善定期射线装置射线装置台账登记和维修维护制度，加强管理。

(4) 建立设备检修及维护保养记录，填写《射线装置维修台帐》。定期对射线装置进行维护，使其保持最佳性能。

(5) 辐射安全管理机构负责对台帐登记进行监督。

(6) 射线装置的检修和维护由厂家专业人员负责，由管理员做好检修和维护记录。

(7) 维修维护工作必须两人以上参与，佩戴好个人剂量报警仪，在防护安全的情况下进行维修维护工作。

(8) 射线装置检修和维护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。

广东工业大学（生态环境与资源学院）

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辐射防护条例》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：

应急机构	姓名	职务	部门	联系电话
组长	冯景春	教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
成员	孙立伟	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	谢炎	特聘副教授	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	易晓英	科研助理	滨海与深海生态环境研究中心	██████████
	张卉	博士生	滨海与深海生态环境研究中心	██████████

环保应急联系电话：12369、12345

三、应急处理要求

（一）发生下列情况之一，应立即启动本预案：

（1）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）装载门安全联锁发生故障，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）设备检修时，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) 向环境行政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。

四、辐射事故分类与应急原则

使用射线装置可能发生的辐射事故, 根据人员受照剂量和伤亡人数分为一般辐射事故、较大辐射事故、严重辐射事故和重大辐射事故:

事故等级	事故情形
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限制的照射
较大辐射事故	射线装置失控导致 9 人以下 (含 9 人) 急性重度辐射病、局部器官残疾。
重大辐射事故	射线装置失控导致 2 人以下 (含 2 人) 急性死亡或者 10 人 (含 10 人) 以上急性重度辐射病、局部器官残疾。
特别重大辐射事故	射线装置失控导致 3 人 (含 3 人) 以上急性死亡。

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。

五、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,当事人员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》,向当地环境保护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行政部门报告。

六、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。

七、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、过程和人员伤害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。

附件 5：辐射安全与防护考核成绩单

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩单



沈宝云，女，1990年02月20日生，身份证：[REDACTED] 于2020年11月参加 非医学其他 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS20HN1000109 有效期：2020年11月30日 至 2025年11月30日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩单



何瑞华，女，1985年07月06日生，身份证：[REDACTED] 于2020年09月参加 医用X射线诊断与介入放射学 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS20GD0101321 有效期：2020年09月11日 至 2025年09月11日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn

