

编号：XHKJ2234

核技术利用建设项目
中山职业技术学院机电工程学院
使用工业 X 射线 CT 装置项目
环境影响报告表

送审版

中山职业技术学院（盖章）

2022年9月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
中山职业技术学院机电工程学院
使用工业 X 射线 CT 装置项目
环境影响报告表

建设单位名称：中山职业技术学院（盖章）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：广东省中山市博爱七路 25 号

邮政编码：528400

电子邮箱：

联系人：富阳

联系电话：



编制单位和编制人员情况表

项目编号	4fqp18		
建设项目名称	中山职业技术学院机电工程学院使用工业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)	中山职业技术学院		
统一社会信用代码	12442000779202801N		
法定代表人 (签章)	王忠		
主要负责人 (签字)	富阳		
直接负责的主管人员 (签字)	孙明慧		
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	项目基本情况、环境质量和辐射现状、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理	BH042474	马雯茹
魏来	评价依据及评价标准、项目工程分析与源项、结论	BH024228	魏来

编制主持人环境影响评价工程师资格证书

	<h2>环境影响评价工程师</h2> <p>Environmental Impact Assessment Engineer</p>	
<p>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。</p>		姓名： <u>魏来</u>
		证件号码： <u>430104198811124339</u>
		性别： <u>男</u>
		出生年月： <u>1988年11月</u>
		批准日期： <u>2019年05月19日</u>
		管理号： <u>201905035430000004</u>
 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	

目 录

表 1 项目基本情况.....	-1-
表 2 放射源.....	-10-
表 3 非密封放射性物质.....	-10-
表 4 射线装置.....	-10-
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	-11-
表 6 评价依据.....	-12-
表 7 评价标准与保护目标.....	-14-
表 8 环境质量和辐射现状.....	-16-
表 9 项目工程分析与源项.....	-23-
表 10 辐射安全与防护.....	-31-
表 11 环境影响分析.....	-40-
表 12 辐射安全管理.....	-48-
表 13 结论与建议.....	-56-
表 14 审批.....	-58-
附件 1 环境 γ 辐射现状检测报告.....	-59-
附件 2 辐射安全管理规章制度.....	-65-

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中山职业技术学院机电工程学院使用工业 X 射线 CT 装置项目			
建设单位		中山职业技术学院			
法人代表	王忠	联系人	富阳	联系电话	
注册地址		广东省中山市博爱七路 25 号			
项目地点		广东省中山市博爱七路 25 号崇实园 8 栋			
建设项目总投资 (万元)	300	项目环保投 资(万元)	10	投资比例（环保投 资/总投资）	3%
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（m ² ）	25
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>中山职业技术学院是一所省市共管、以市为主，面向社会，面向市场，培养高素质技术技能人才的公办全日制普通高等学校。筹建于 2005 年，2006 年 6 月正式成立，2013 年 11 月被确定为广东省示范性职业院校建设单位。学院实施“一镇一品一专业”专业布局，大力开展创新创业教育，是全省唯一获评广东省知识产权示范事业单位的高职院校，师生专利授权量自 2008 年以来连续数年名列广东高职院校之首，学院坚持学历教育与技能培训并重思路办学，为中山市经济社会发展提供人才支撑；积极开展对外合作办学，先后和英国、澳大利亚、德国等多个国家知名大学建立合作关系；大力推进产学研一体化，服务地方经济与社会发展，组建了 8 个市级应用技术研究所，</p>					

学院自觉践行科学发展观要求，按照强化内涵建设、深化教育教学改革、建设和谐校园的整体思路，遵循质量立校、人才强校、创新名校的治校方略，为建设“特色鲜明、国内一流”的现代高职院校而努力。

1.1.2 项目来由和目的

工业 X 射线 CT 装置用于高精密材料、电子器件的缺陷检测及结构分析，其检测精度可达微米量级，被誉为当今最佳无损检测和分析评估技术。中山职业技术学院机电工程学院（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 CT 是机电工程学院为建立高分辨综合扫描分析系统检测技术，用于开展材料科学、新能源电池、电子元器件、汽车零部件、增材制造等内部微小缺陷的无损检测，为科研工作提供无损检测技术支撑，完成在材料科学、先进制造的测试比对，丰富科研成果。工业 CT 通过 X 射线对实验样品进行多角度、多层次扫描，通过计算机技术及图像重建技术，可得到样品内部的三维结构，测得样品内部的细微缺陷，为进一步丰富科研成果提供依据。

根据《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，第 66 号）对射线装置的分类，工业 CT 属于 II 类射线装置，本项目属于使用 II 类射线装置项目。现受中山职业技术学院委托，广州星环科技有限公司对中山职业技术学院机电工程学院使用工业 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

中山职业技术学院机电工程学院拟在中山市博爱七路 25 号崇实园 8 栋设置 1 间 CT 室，在 CT 室内使用 1 台三英精密 Nano voxel 3000 型工业 CT，用于科研上的无损检测。射线装置的基本参数信息见表 1-1。

表 1-1 拟使用装置信息一览表

名称	型号	最大管电压	最大管电流	数量	类别	使用场所
工业 CT	三英精密 Nano voxel 3000	180kV	0.5mA	1 台	II 类	CT 室

本项目的工业 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。建设单位将崇实园 8 栋的闲置间设置成 CT 室，CT 室不具有辐射屏蔽效果。CT 室只用作辐射工作场所，用作摆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，中山职业技术学院崇实园总平面布置图见图 1-2。



图 1-1 项目所在区域图

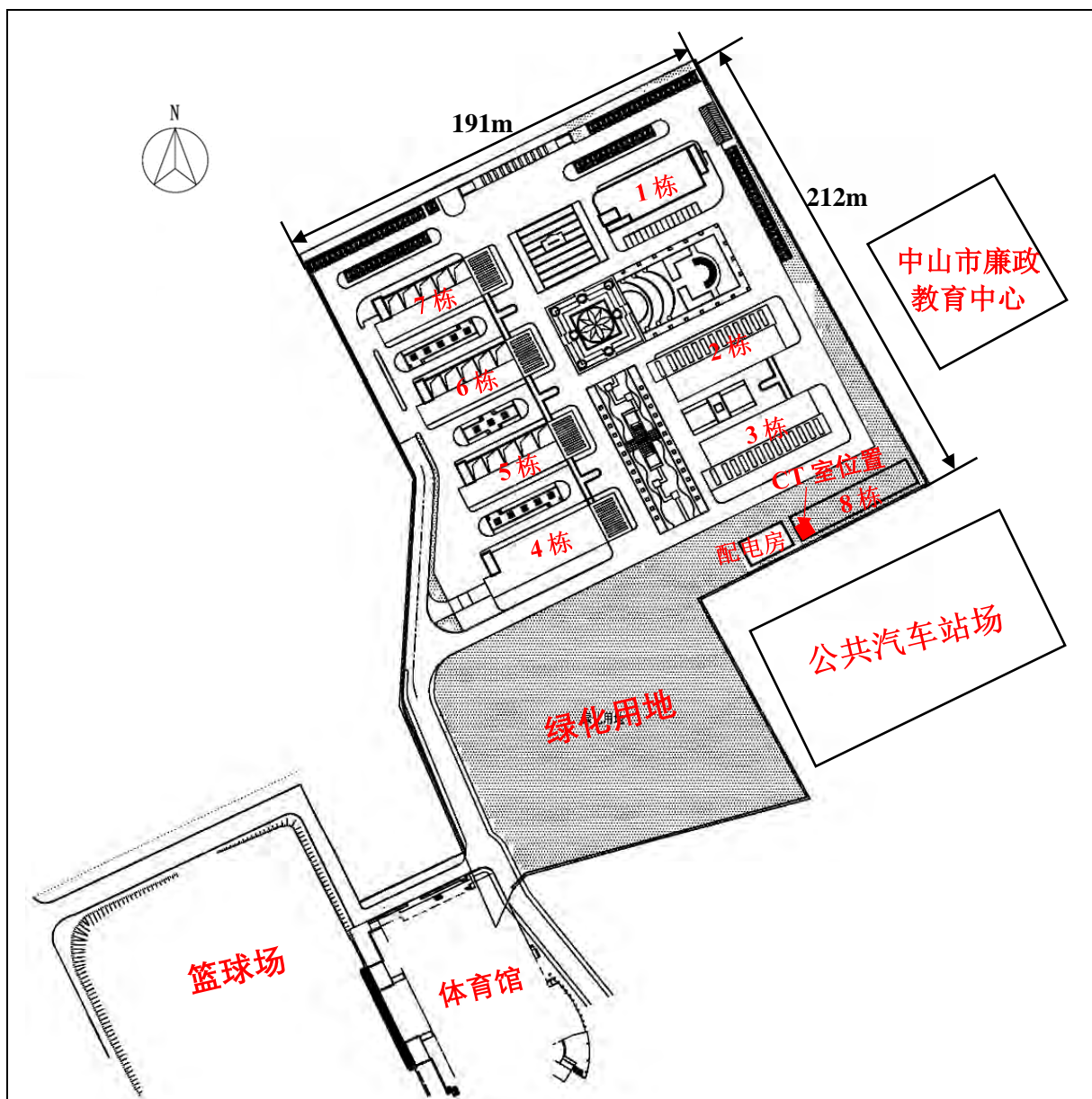


图 1-2 崇实园平面布置图

1.2 项目选址和周边关系

中山职业技术学院园区范围如图 1-3 所示，崇实园位于学院的北侧位置。本项目选址位于中山职业技术学院崇实园 8 栋，崇实园 8 栋四周分布有崇实园 3 栋、配电房、园区道路及绿化带、公交汽车站场（校外）、中山市廉政教育中心（校外）。项目选址楼外东侧 77m 处是中山市廉政教育中心，南侧 14m 处是公共汽车站场，西侧毗邻园区道路、7m 处是配电房、78m 处是崇实园 4 栋，北侧 15m 处是园区道路、32m 处是崇实园 3 栋。项目 50m 周边关系图见图 1-4，200m 周边关系图见图 1-5。

本项目选址所在主体为地上一层的建筑，无地下层，崇实园 8 栋主要是实训室和仓库，平面布置图见图 1-6。本项目的工业 CT 拟放置在崇实园 8 栋的 CT 室，CT 室东侧是废料存放区，西侧是园区道路，北侧是工作室，正上方是楼顶天台（人员不可达）。项目选址四周相邻场所一览表见表 1-2。

本项目的工业 CT 自带屏蔽体，在独立的空间内使用，本项目选址 50m 范围内无居民区，200m 范围内无中小学、幼儿园等敏感点，综上可以判断本项目的选址合理。

表 1-2 项目选址四周相邻场所分布一览表

方位	楼内场所	楼外场所
东侧	废料存放区、封存设备存放区、物料存放区、实训室、仓库	-
南侧	-	公共汽车站场
西侧	-	园区道路、配电房
北侧	工作室	园区道路、崇实园 3 栋



图 1-3 中山职业技术学院范围示意图



图 1-4 项目 50m 周边关系图



图 1-5 项目 200m 周边关系图

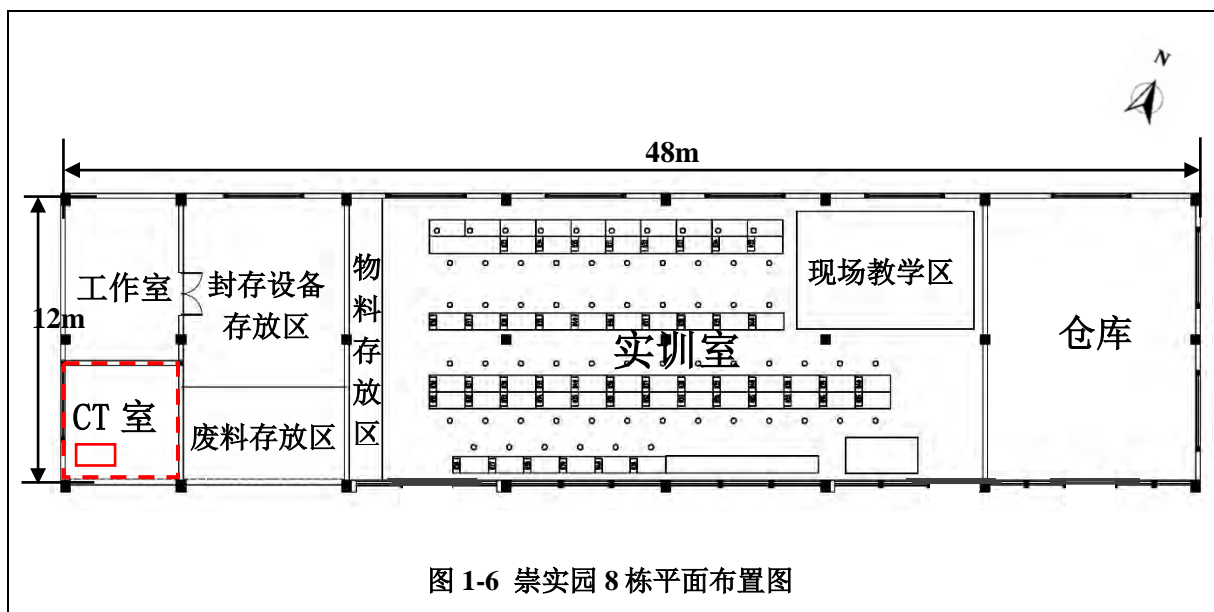


图 1-6 崇实园 8 栋平面布置图

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 台	Nano voxel 3000	180kV	0.5mA	用于科研上的无损检测	CT 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
有害气体 O ₃ 、NO _x 等	气体	-	-	-	微量	-	直接排放	经排风系统直接排至外环境

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》(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>(11) 《广东省未成年人保护条例》(2009 年 1 月 1 日实施)</p> <p>(12) 《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》</p>
-------------	--

	(生态环境部令第57号, 2020年1月1日实施)
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) 《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) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)</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》(国卫通[2017]23 号)</p>
其他	《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015年出版)

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射线装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围，因此本报告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

结合本项目的评价范围，本项目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情况

方位	区域	距离(m)	保护目标	影响人数	剂量约束值
-	CT室	-	辐射工作人员	2	$\leq 5\text{mSv/a}$
东侧	废料存放区	4	公众	1	$\leq 0.25\text{mSv/a}$
	封存设备存放区	5	公众	1	
	物料存放区	10	公众	1	
	实训室	12	公众	10	
	仓库	37	公众	1	
南侧	公共汽车站场	14	公众	20	
西侧	园区道路	相邻	公众	2	
	配电房	7	公众	1	
北侧	工作室	3	公众	3	
	园区道路	15	公众	4	
	崇实园 3 栋	32	公众	30	

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射及公众照射剂量控制要求

(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**职业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 辐射工作人员:

本报告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

参考《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015), 探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足:

(1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平, 对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周, 对公众不大于 5 μ Sv/周;

(2) 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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目选址位于中山市博爱七路 25 号，项目地理位置见图 8-1。为了解项目场址的环境现状，本项目的建设场所位于崇实园 8 栋，目前射线装置未安装使用，不存在未批先建的情况，四周的环境性质主要是楼房和道路，场址现状照片见图 8-2。



图 8-1 项目地理位置图



图 8-2 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，本项目委托广州星环科技有限公司于 2022 年 8 月 3 日对项目场址周围进行环境 γ 辐射现状检测，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 辐射空气吸收剂量率

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	BG9511 型
生产厂家	中广核贝谷科技有限公司	仪器编号	1SB07Y5R
检定日期	2021 年 11 月 25 日	有效期	1 年
测量范围	10nGy/h-600μGy/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

8.2.2 项目概述

项目名称：中山职业技术学院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：中山职业技术学院

建设地点：中山市博爱七路 25 号崇实园 8 栋

检测日期：2022 年 8 月 3 日

环境条件：天气：晴；气温：29℃；湿度：81%

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，测量点覆盖控制区和监督区，并覆盖 50m 范围内的办公区、商业区等周围环境及敏感点。

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 15 个检测点位，检测布点见图 8-3。

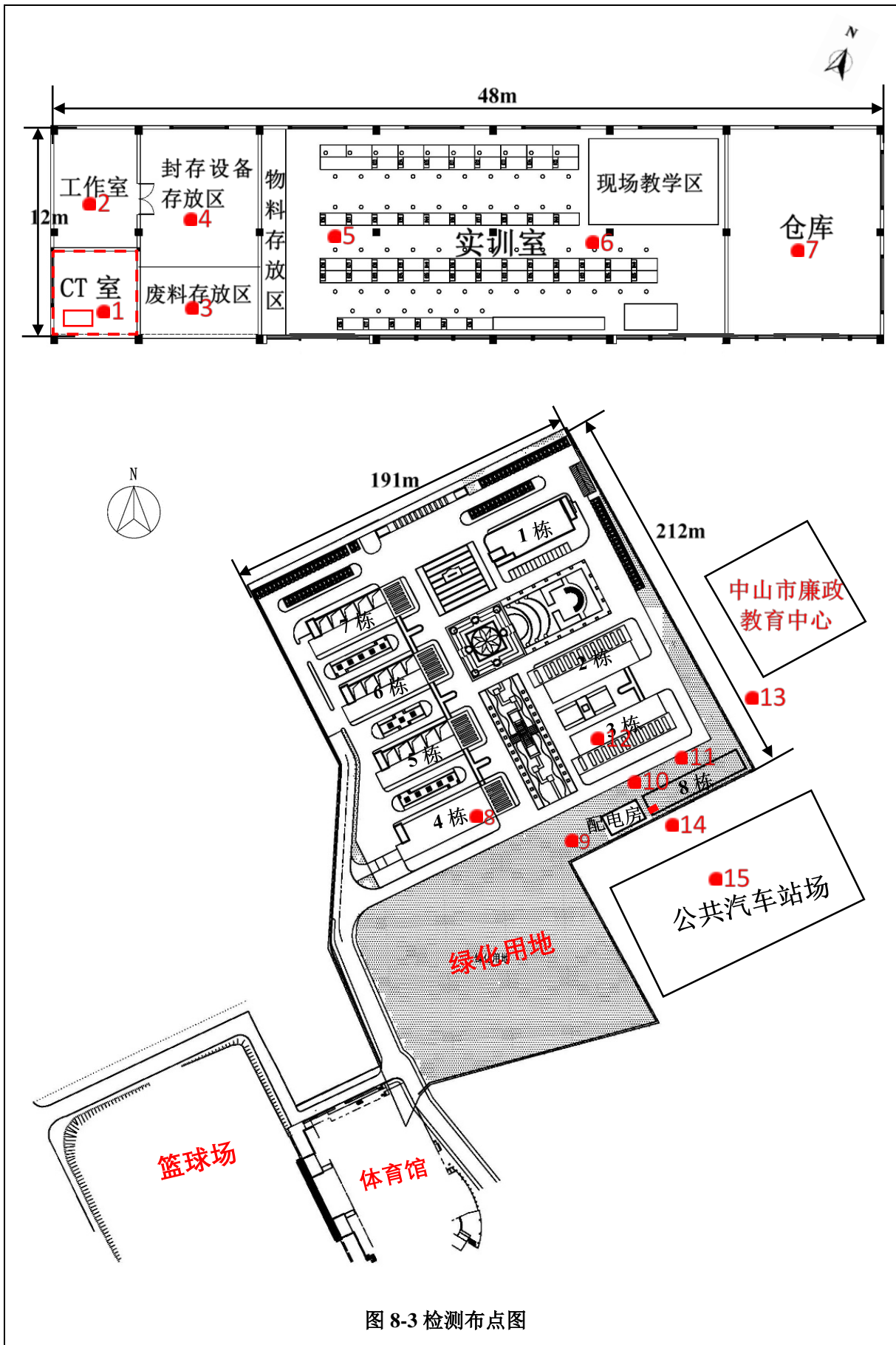


图 8-3 检测布点图

8.3 质量保证措施

(1) 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，依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 的标准，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，并经校正后求出测量值和标准偏差。除此之外还应做好以下质量保证措施：

(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。

(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，最后由技术总负责人审定。

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;

k_1 : 仪器校准因子, 0.915;

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;

k_3 : 建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子, 楼房取值为 0.8, 平房取值为 0.9, 原野、道路取值为 1;

\dot{D}_c : 测点处宇宙射线响应值, 35nGy/h。

检测数据见表 8-3, 检测报告见附件 1。

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	测量值(nGy/h)	标准差(nGy/h)	环境性质
1	CT室	-	地胶	96	3	平房
2	北侧工作室	6	地胶	98	3	平房
3	东侧废料存放区	6	地胶	96	3	平房
4	东侧封存设备存放区	9	地胶	105	3	平房
5	东侧实训室	17	地胶	113	3	平房
6	东侧实训室	30	地胶	117	2	平房
7	东侧仓库	41	地胶	108	3	平房
8	西侧崇实园 4 栋一层	83	地胶	121	3	楼房
9	西侧园区道路	30	地胶	88	3	道路
10	北侧园区道路	16	混凝土	64	2	道路
11	北侧园区道路	18	混凝土	68	3	道路
12	北侧崇实园 3 栋一层	42	地胶	126	3	楼房
13	北侧中山廉政教育中心旁	65	混凝土	101	3	道路
14	南侧公共汽车站场道路	29	混凝土	70	3	道路
15	南侧公共汽车站场	52	混凝土	76	3	道路

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

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为 96~126nGy/h，室外道路环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 64~101nGy/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在 35.3~338.3nGy/h 之间，室外道路 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 辐射剂量率在该调查水平范围内，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 设备组成和工作方式

本项目拟使用的三英精密 Nano voxel 3000 型工业 CT 由自带钢铅屏蔽体、X 射线发生器、探测器、工件装载系统、数据处理系统和操作系统等基本组件组成，外观结构图如图 9-1 所示，内部构造示意图如图 9-2 所示，基本安全组件列于表 9-1。

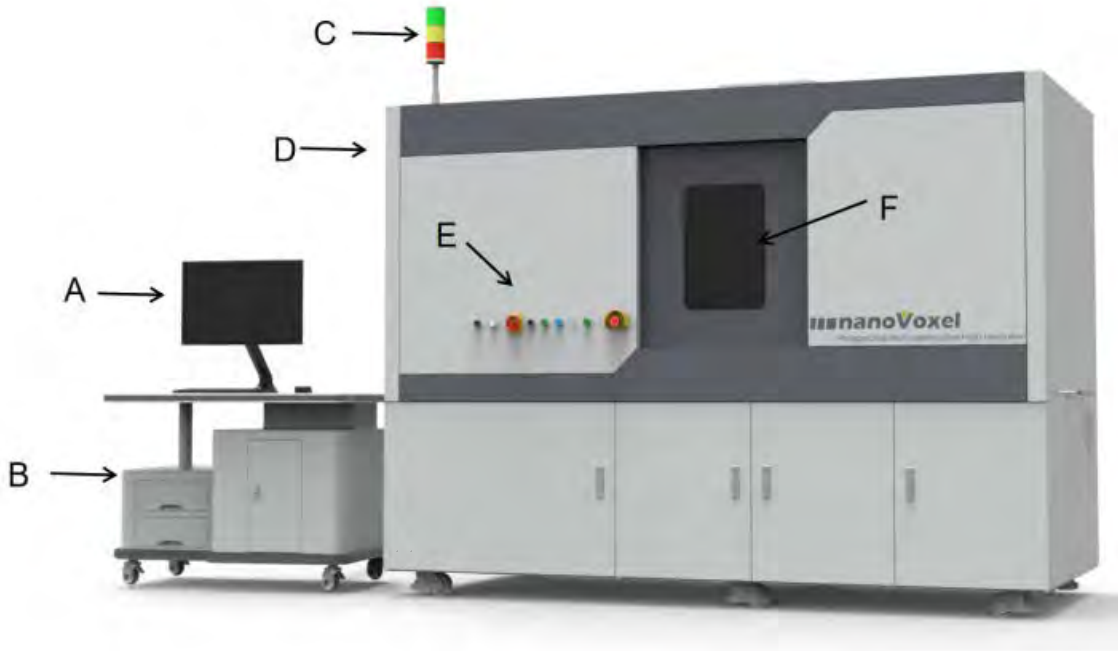


图 9-1 工业 CT 外观结构图

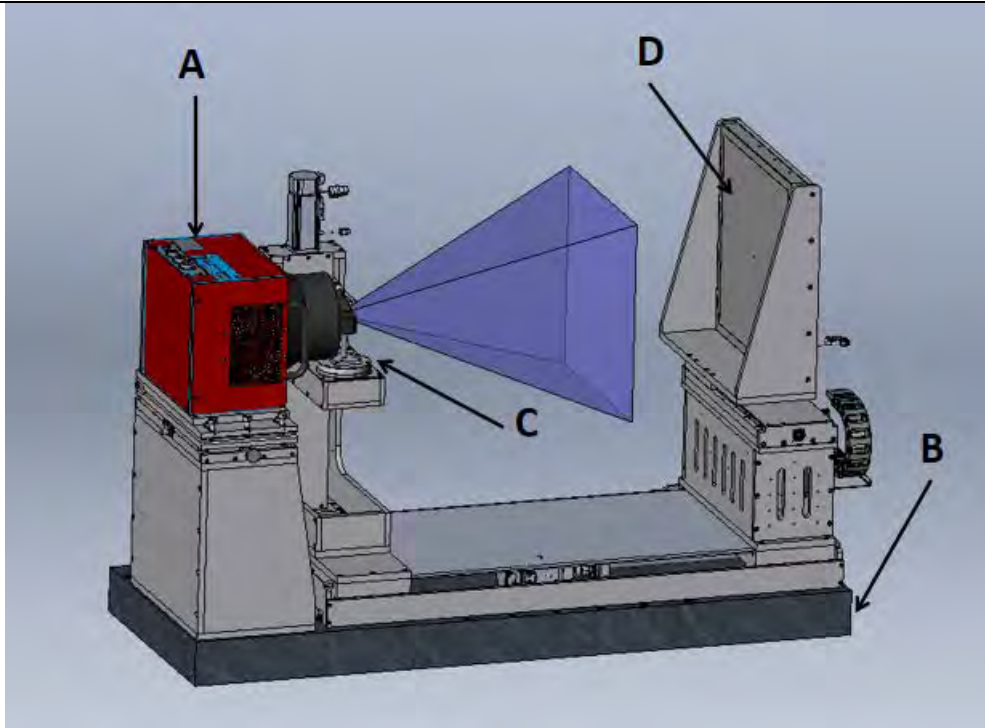


图 9-2 工业 CT 内部构造示意图

表 9-1 工业 CT 安全组件列表

结构	标号	名称	标号	名称
外部 (图 9-1)	A	显示器	B	操作台
	C	工作状态指示信号	D	主箱体防护罩
	E	控制按钮	F	装载门
内部 (图 9-2)	A	X 射线源	B	大理石平台
	C	样品台	D	平板探测器

本项目的工业 CT 自带屏蔽体，待检工件可以通过装载门放入屏蔽体内进行检测，装载门通过操作台的操作面板或开关按键方式进行关闭，关闭后无法直接打开，可通过操作台的操作面板解锁后才能打开，人员不能进入屏蔽体内部。操作人员放置好工件、关闭装载门、设置好检测参数后，设备可自动完成分析测试工作，自动保存分析数据，通过操作位置上的图像摄制和处理系统对检测图像进行进一步处理。

X 射线出束期间，操作人员一般位于距离装载门约 1m 的操作位，出束期间无需人员干预。操作人员离开现场时将关闭 CT 室门，CT 室门设有门禁，只有授权人员才能进入。

X 射线朝右照射，射线管右侧有一个样品台，可自由移动，待检工件放在样品台上后，可通过控制面板调节机械转盘至合适位置。X 射线透过待检工件后由探测器接收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。

在扫描过程中工件在转台进行 360 度旋转，以获取零件每个位置的 2D 图像，在获取 30 度零件不同位置的 2D 图片后，进行 3D 重构，得到工件的 3D 内部结构图。

9.2 工作原理

9.2.1 X 射线装置原理

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 9-3 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。

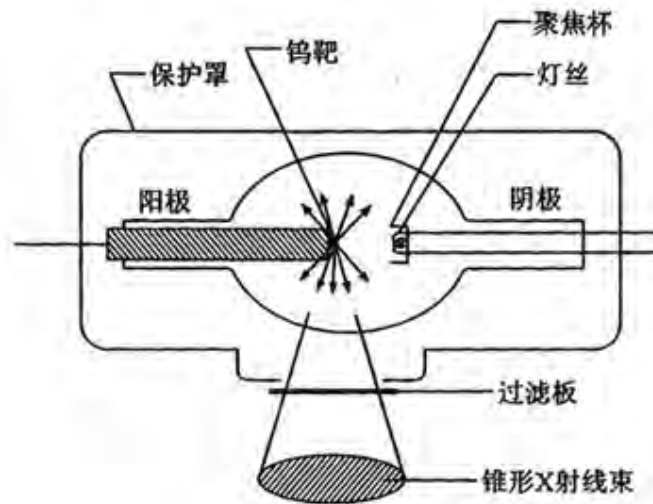


图 9-3 X 射线管示意图

9.2.2 工业 CT 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 9-4 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 图像重建。与射线源紧密相关的准直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。

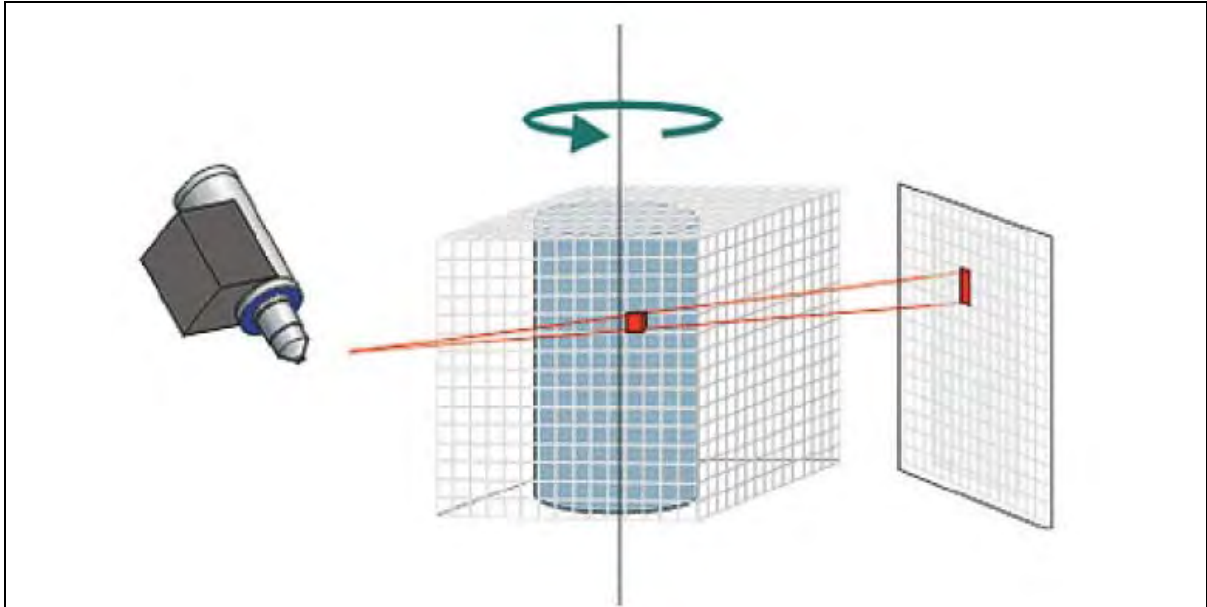


图 9-4 工业 CT 工作示意图

9.3 工艺流程和产污环节

本项目使用的工业 CT 主要通过控制电脑上的操作软件完成检测，相应的工艺流程如图 9-5 所示。

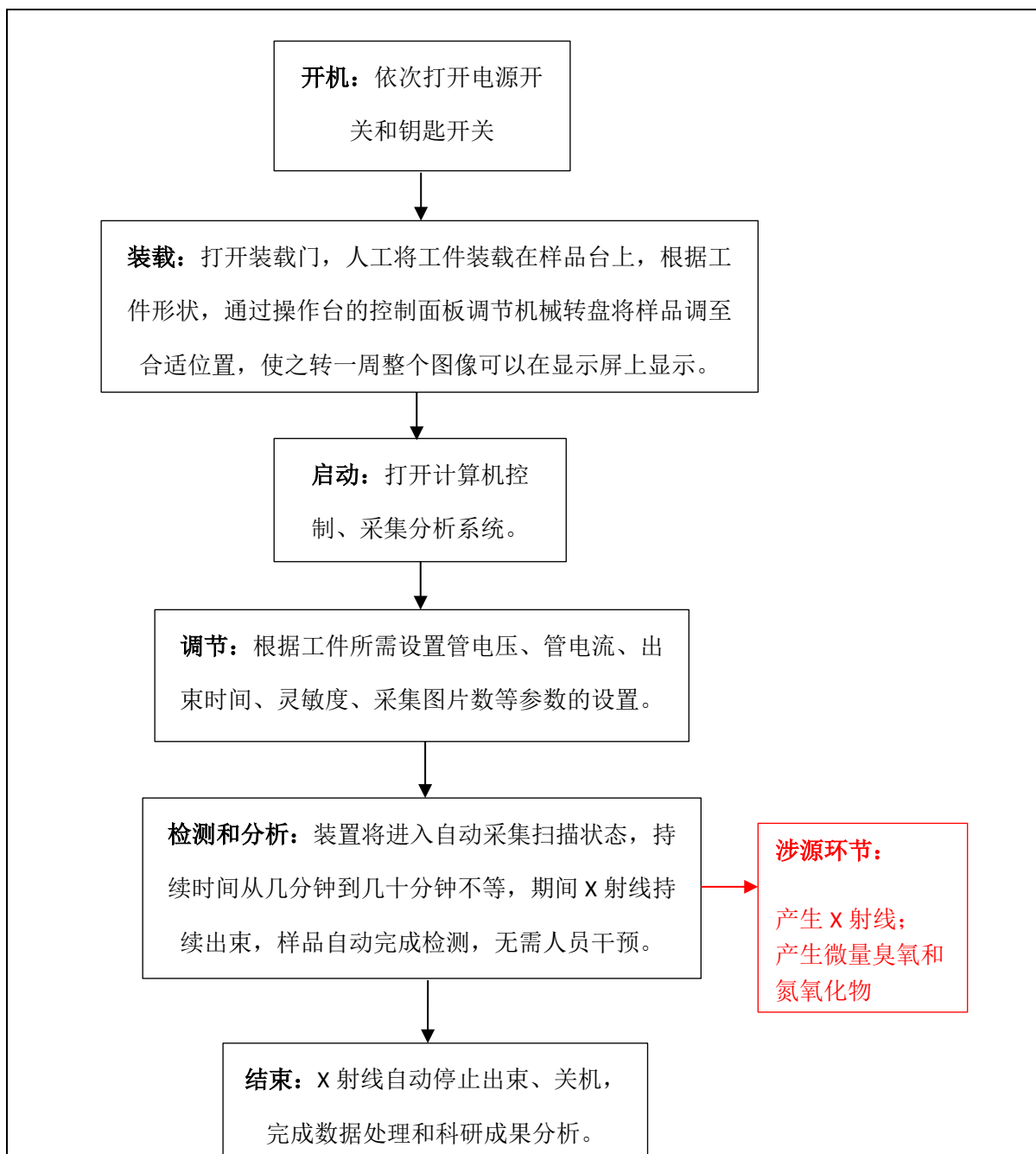


图 9-5 工艺流程及产污环节图

结合本项目的操作流程，可分析得出本项目的涉源环节、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”环节
污染源	X 射线、臭氧和氮氧化物
受本项目污染源影响的主要人群	操作该装置的科研人员（辐射工作人员）

9.4 工作负荷和人员配置

该射线装置投入使用后，预计每天检测和分析样品 2 个，每个样品检测时间约 1 小时，每周 5 个工作日，全年工作时间约 40 周，工作负荷一览表见表 9-3。

表 9-3 工作负荷一览表

日出束时间	周出束时间	年出束时间
2 小时/天	10 小时/周	400 小时/年

建设单位拟安排 3 名科研人员（管理 1 名、操作 2 名），经辐射安全与防护培训和考核合格后成为辐射工作人员，负责管理或操作该射线装置。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。

9.5 污染源项描述

9.5.1 辐射源

①正常工况

本项目的主要污染因子是 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、漏射及散射，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

本项目使用的设备在事故工况下，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；
- b. 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；
- c. 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。

9.5.2 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。

9.6 源强分析和参数

本项目的射线装置有用线束距辐射源点 1m 处的剂量率由设备厂家给出，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）取值，源强有关参数见表 9-4。

表 9-4 源强参数

技术参数	数值
最大管电压	180kV
最大管电流	0.5mA
滤过条件	0.5mmCu+2mmAl
有用线束距辐射源点 1m 处剂量率	0.6mGy/s
泄露线束距辐射源点 1m 处剂量率	$2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射屏蔽设计

本项目拟使用的工业 CT 自带钢铅屏蔽体，装置结构图如图 10-1 至图 10-3 所示，结构和屏蔽参数见表 10-1。

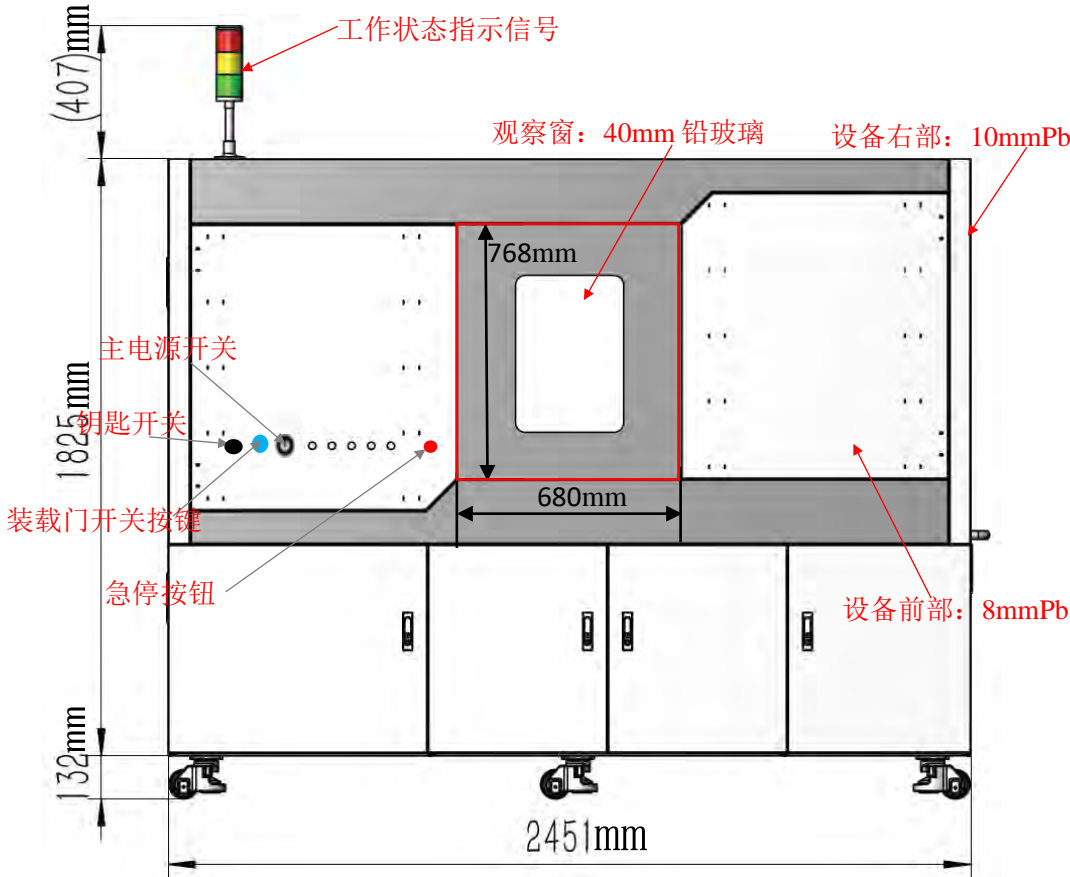


图 10-1 装置结构主视图

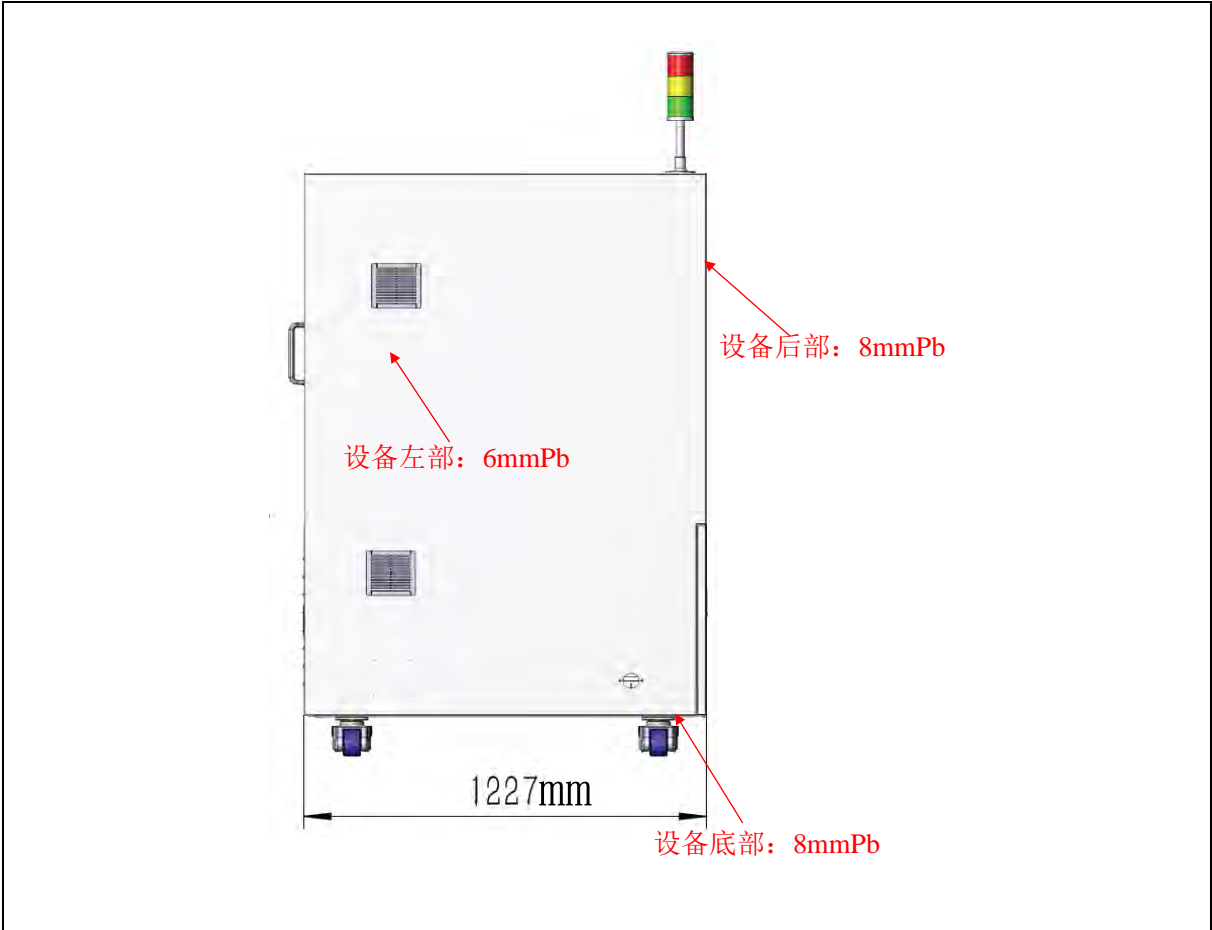


图 10-2 装置结构左视图

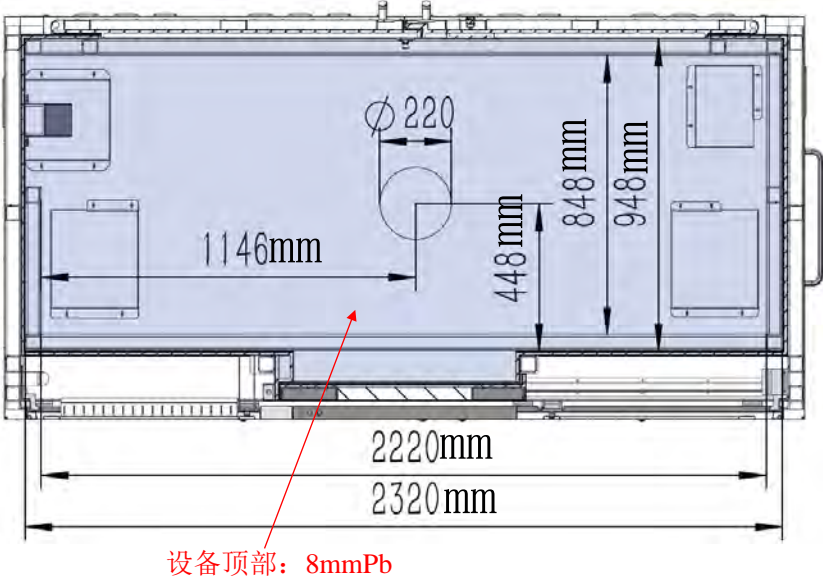


图 10-3 装置结构俯视图

表 10-1 工业 CT 屏蔽体结构和屏蔽参数一览表

项目	设计情况	屏蔽铅当量
外部净尺寸	长×宽×高=2451mm×1227mm×2364mm	
内部净尺寸	长×宽×高=2320mm×948mm×1825mm	
装载门尺寸	长×高=680mm×768mm	
前部	合金内衬 8mm 铅板	8mmPb
后部	合金内衬 8mm 铅板	8mmPb
左部	合金内衬 6mm 铅板	6mmPb
右部	合金内衬 10mm 铅板	10mmPb（主射面）
顶部	合金内衬 8mm 铅板	8mmPb
底部	合金内衬 8mm 铅板	8mmPb
观察窗	40mm 的铅玻璃	8mmPb
装载门	合金内衬 8mm 铅板	8mmPb
检修门	合金内衬 8mm 铅板	8mmPb

10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 安全联锁系统

本项目设有安全联锁系统，安全联锁设计要求钥匙开关闭合、急停按钮复位、装载门、检修门正常关闭、警示装置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关到位，射线装置将不能启动。X 射线出束期间，触发任何一道安全设施或者发生故障，X 射线将立即切断出束。

10.2.2 警示设施和工作状态指示灯

建设单位拟在射线装置的正面张贴电离辐射警示标志，CT 室门上将张贴“辐射工作场所，非辐射工作人员禁止进入”的工作警示牌。本项目的射线装置自带有工作状态指示信号，具有三种工作状态指示：绿灯（仪器处于开机状态），黄灯（箱体防护门处于关闭状态，可安全开启射线源），红灯（射线源处于发射 X 射线状态）。工作状态指示信号位置见图 10-1。

10.2.3 多重开关

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。检测工作结束后将拔出钥匙，交由专人保管，只有授权的工作人员才能使用钥匙，非授权人员无法操作射线装置。

10.2.4 紧急停机

射线装置正面机身显眼位置设有 1 个急停按钮（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，立即停止出束。

10.2.5 辐射监测设施

建设单位拟为辐射工作人员各配备 1 个人剂量计和个人剂量报警仪，并在工作期间正确佩戴好，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场所，并立即向辐射工作负责人报告。

为日常监测配备 1 台便携式剂量率仪，使用便携式剂量率仪定期（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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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：工业 CT 自带屏蔽体，在独立的空间内使用。工业 CT 放置在 CT 室内的南侧，CT 室只用作摆放射线装置及其他辅助设施，不用作其他用途，操作台设在射线装置正面一侧，有用线束朝右侧照射，避开了有用线束的照射方向。

分区：建设单位拟将工业 CT 实体屏蔽内部区域划为控制区，将屏蔽体外整个 CT 室划为监督区，CT 室门上张贴“辐射工作场所，非辐射工作人员禁止进入”的工作警示牌。本项目的辐射工作场所的布局和分区示意图如图 10-4 所示。

本项目控制区通过实体屏蔽、急停装置、安全连锁装置等进行控制，监督区通过警示说明、门禁等进行管理。综上所述本项目的工作场所分区方案有利于场所分区管理，可有效隔离非辐射工作人员进入监督区，辐射工作场所的布局和分区合理。

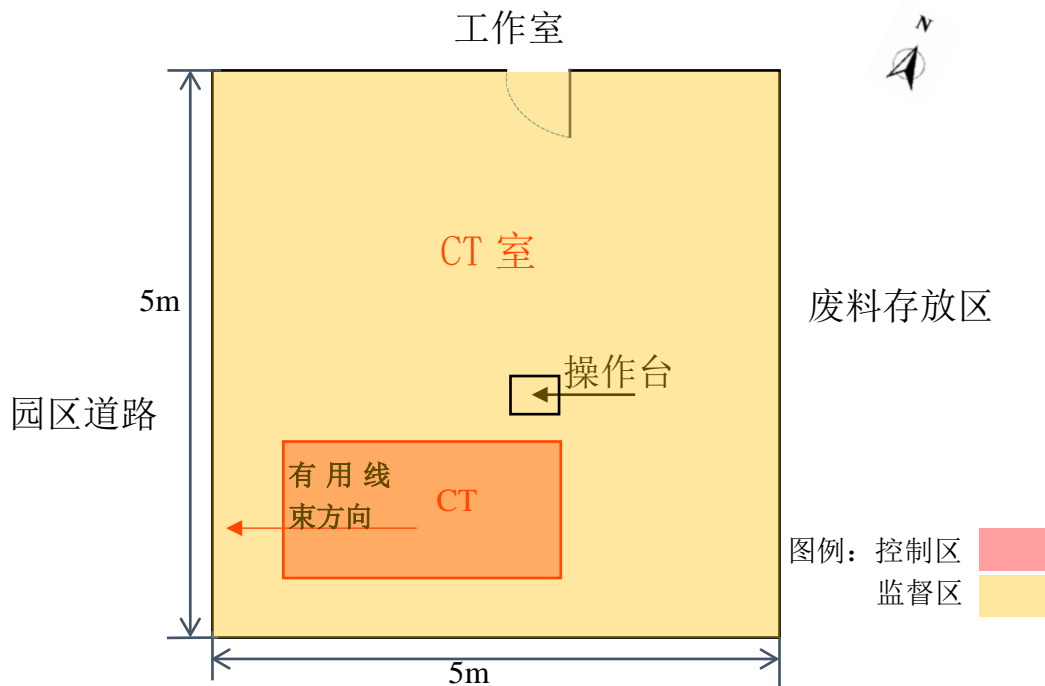


图 10-4 工作场所布局和分区示意图

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、安全操作要求进行分析，对照分析表见表 10-2 和表 10-3。

表 10-2 各项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
<p>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开有用线束照射的方向。</p>	<p>射线装置自带屏蔽体, 放在独立的房间内 (CT 室) 使用, 充分考虑了周围的辐射安全。</p> <p>操作台设在射线装置正面一侧, 有用线束朝右侧照射, 避开了有用线束的照射方向。</p>
<p>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。</p>	<p>建设单位拟将工业 CT 实体屏蔽内部区域划为控制区, 将屏蔽体外整个 CT 室划为监督区。</p>
<p>4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足: a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平, 对职业工作人员不大于 100μSv/周, 对公众不大于 5μSv/周; b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。</p>	<p>根据表 11-5 的理论计算, 射线装置屏蔽体和装载门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。</p>
<p>4.1.4 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进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) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100μSv/h。</p>	<p>本项目屏蔽体顶部的辐射屏蔽要求同上;</p> <p>根据表 11-5 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。</p>
<p>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。</p>	<p>本项目设有安全联锁系统, 安全联锁设计要求钥匙开关闭合、急停按钮复位、装载门、检修门正常关闭、警示装置正常的情况下射线装置才能启动, 才能正常出束。</p> <p>X 射线出束期间, 打开装载门或检修门 X 射线将立即切断出束, 关闭装载门或检修</p>

	门将无法自动出束。本项目拟使用的射线装置内部空间狭小，人员无法进入设备内部。
4.1.6 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。“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。	本项目属于小型自屏蔽式射线装置，人员不需要进入到屏蔽体内部操作。 射线装置自带工作状态指示信号，具有三种工作状态指示：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）。
4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置连锁。	本项目工作状态指示信号与射线装置连锁，X射线正在出束时具有红灯指示。
4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	建设单位将在射线装置正面、操作台显眼位置张贴三种工作状态指示信号的意义说明。
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。	建设单位在购买和安装了该设备后，将在设备的正面张贴电离辐射警示标志，CT室门上张贴“辐射工作场所，非辐射工作人员禁止进入”的工作警示牌。
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。	射线装置正面机身显眼位置设有 1 个急停按钮，发生紧急事故时可以迅速切断设备的多项部件的电源，立即终止出束；急停按钮将标明功能和使用方法。
4.1.11 探伤室内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。	建设单位拟为 CT 室安装 1 个机械排风装置，连接南墙的预留排风口，排风口朝向楼外空中区域，排风口周围无人员密集场所。设计排风量不小于 0.15m ³ /s，该 CT 室的体积约为 150m ³ ，排风扇在工作期间保持开启，可确保 CT 室每小时有效通风换气次数为 3.6 次，不少于 3 次。

表 10-3 安全操作要求及实施计划对照表

《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 的安全操作要求	安全操作实施计划
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。	建设单位拟为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，当个人剂量报警仪报警时，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。
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。	日常监测使用便携式剂量率仪定期（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，一旦发生辐射值超过控制水平时，立即停止辐射工作并向辐射管理人员报告，查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对设备外的环境辐射水平进行年度检测。
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。	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。
4.2.4 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。	本项目属于小型自屏蔽式射线装置，在每次照射前，辐射工作人员需确认射线装置各项安全与联锁设施全部正常的情况下，射线装置才能启动、才能出束，把潜在的辐射降到最小。
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。	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。 辐射工作人员需要在辐射工作前确认各项安全联锁系统正常的情况下射线装置才能启动，才能开始辐射工作。
<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</p>	

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 CT 室的空气清新, 建设单位拟为 CT 室安装 1 个机械排风装置, 连接南墙的预留排风口, 排风口朝向楼外空中区域, 排风口周围无人员密集场所。设计排风量不小于 $0.15\text{m}^3/\text{s}$, 该 CT 室的体积约为 150m^3 , 排风扇在工作期间保持开启, 可确保 CT 室每小时有效通风换气次数为 3.6 次, 不少于 3 次, 由工业 CT 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, 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。

表 11 环境影响分析

建设阶段环境影响分析

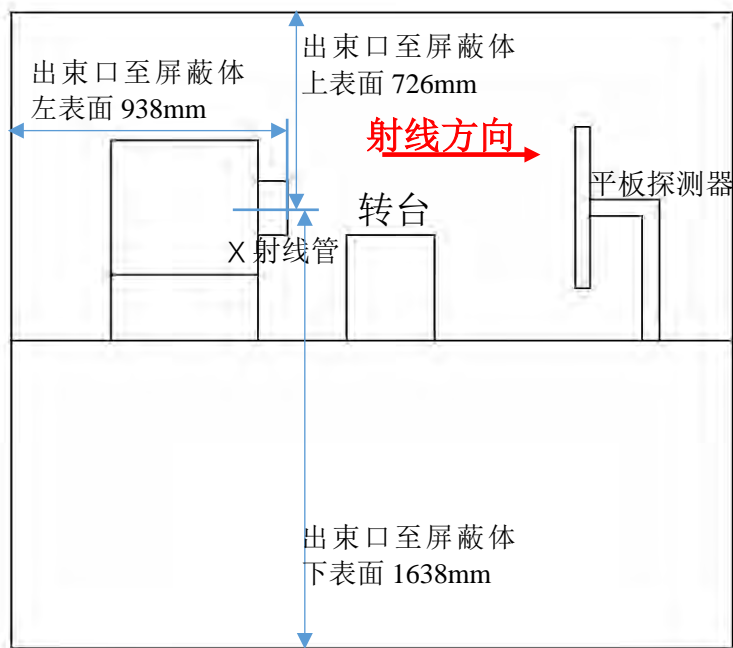
本项目使用成品电气设备，不涉及施工建设，因此本项目基本无建设阶段的环境影响。

运行阶段对环境的影响

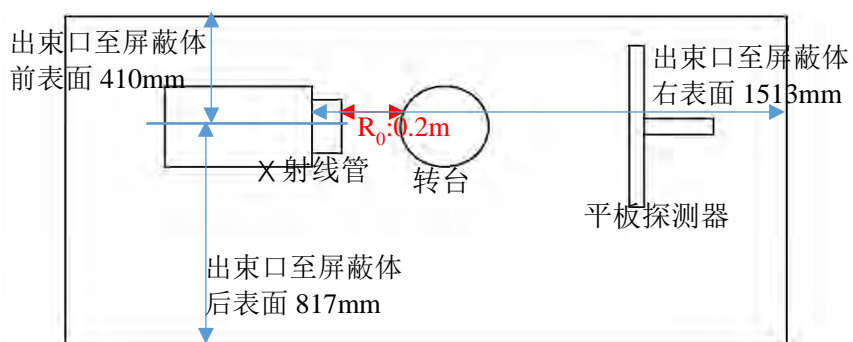
11.1 辐射剂量率估算

本项目拟使用的三英精密 Nano voxel 3000 型射线装置最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA；为了分析本项目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，设备各个面屏蔽体外关注点的辐射剂量率水平。

该射线装置的射线源位置固定，不能移动，工业 CT 放置在 CT 室内的南侧，有用线束方向朝西侧照射。本报告选取射线屏蔽体外 0.3m 处为辐射水平关注点。射线装置内部示意图见图 11-1，关注点分布示意图见图 11-2，X 射线出束口至屏蔽体外各关注点的距离列于表 11-1。



主视图



俯视图

11-1 射线装置内部示意图

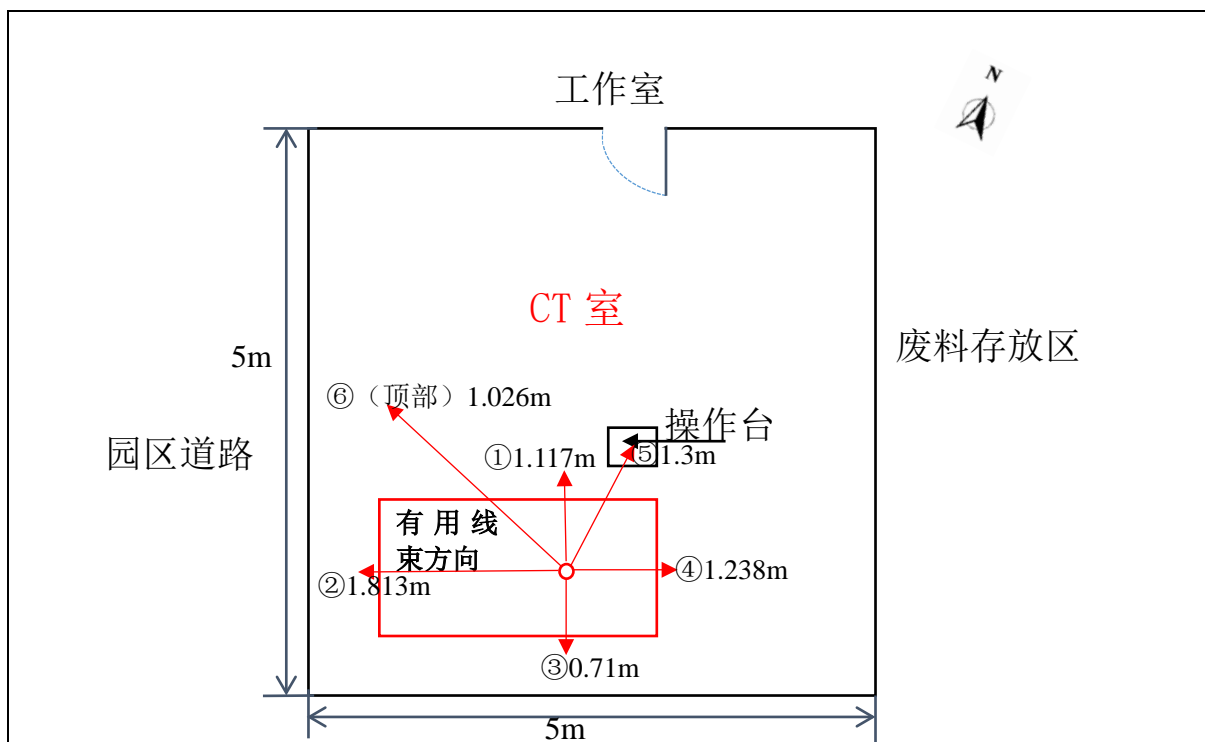


图 11-2 关注点分布示意图

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, 200kV 宽束 X 射线透过铅层的透射因子为 $1E-06$ 时, 滤过条件为 2mmAl , 铅板厚度约 6.5mmPb 。本项目拟使用的工业 CT 最大管电压为 180kV , 滤过条件为 $0.5\text{mmCu}+2\text{mmAl}$, 有用线束方向的屏蔽厚度为 10mmPb , 因此本项目有用线束的透射因子 B 可保守取值 $1E-06$ 。初级射线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:

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

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：

\dot{H}_0 距靶 1m 处剂量率，单位为 mGy/s；

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 $1.90\text{E}-03 \times 10000/400$ ，可计算得到 0.0475。

R_0 辐射源点至工件的距离，单位为 m。

由于该装置放置在一层，无地下层，因此不对底部进行辐射剂量率估算。有用线束方向朝西侧照射，对关注点②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)	I(mA)
① (北侧)	1.117	1.13	0.01	0.0475	0.2	0.5
② (西侧)	1.813	-	-	-	-	0.5
③ (南侧)	0.71	0.74	0.01	0.0475	0.2	0.5
④ (东侧)	1.238	1.44	0.01	0.0475	0.2	0.5
⑤ (操作位)	1.3	1.32	0.01	0.0475	0.2	0.5
⑥ (顶部)	1.026	1.05	0.01	0.0475	0.2	0.5

注：R_s的取值通过几何关系得出。

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（北侧）	8mmPb	泄漏线束	1.4mm	1.9E-06
		散射线束	0.96mm	4.6E-09
②（西侧）	10mmPb	有用线束	-	1E-06
③（南侧）	8mmPb	泄漏线束	1.4mm	1.9E-06
		散射线束	0.96mm	4.6E-09
④（东侧）	6mmPb	泄漏线束	1.4mm	5.2E-05
		散射线束	0.96mm	5.6E-07
⑤（操作位）	8mmPb	泄漏线束	1.4mm	1.9E-06
		散射线束	0.96mm	4.6E-09
⑥（顶部）	8mmPb	泄漏线束	1.4mm	1.9E-06
		散射线束	0.96mm	4.6E-09

注：按照（GBZ/T250-2014），泄漏线束的 TVL 值保守取 200kV 对应值；散射线束 TVL 值取 150kV 对应值。

表 11-3 源项参数一览表

射线类型	距靶 1m 处剂量率
有用线束	0.6mGy/s
泄露线束	$2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$

表 11-4 关注点辐射剂量率水平估算结果

关注点	控制值	\dot{H}_1	\dot{H}_2	\dot{H}_3	\dot{H}
①（北侧）	2.5	-	0.0039	0.00010	0.0040
②（西侧）	2.5	0.66	-	-	0.66
③（南侧）	2.5	-	0.0096	0.00022	0.0098
④（东侧）	2.5	-	0.084	0.0069	0.090
⑤（操作位）	2.5	-	0.0029	0.000068	0.0029
⑥（顶部）	2.5	-	0.0046	0.00010	0.0047

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，本项目射线装置屏蔽体外 0.3m 关注点处的辐射剂量率估算最大值为 0.66 μ Sv/h，均小于 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 人员受照剂量分析

本报告保守以设备屏蔽体外四周关注点的剂量率最大值作为 CT 室内辐射工作人员的受照剂量率；根据表 11-4 的各关注点辐射剂量率水平估算结果，CT 室外其他保护目标分布场所的人员受照剂量率按照“辐射水平与距离平方成反比”来估算。结合表 9 的工作负荷介绍（周出束时长约 10 小时，年出束时长约 400 小时），根据公式（11-5）可进一步估算出各保护目标的受照剂量，估算结果见表 11-5。

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

式中：

E——保护目标的周、年受照剂量；

\dot{H} ——关注点的辐射剂量率， μ Sv/h；

r_g ——关注点至辐射源的距离，m；

r_b ——保护目标分布场所边界至辐射源的距离，m；

t——本项目周、全年出束时间，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 11-5 保护目标受照剂量估算结果

方位	区域	保护目标	r _g (m)	r _b (m)	T	受照剂量率 (μSv/h)	周受照剂量 (μSv/周)	年受照剂量 (mSv/a)
-	CT室-操作位	辐射工作人员	1.3	1.3	1	6.6E-01	6.6	2.6E-01
东侧	废料存放区	公众	1.117	5	1/40	5.1E-03	1.3E-03	5.1E-05
	封存设备存放区	公众	1.117	6	1/20	3.6E-03	1.8E-03	7.2E-05
	物料存放区	公众	1.117	11	1/20	1.1E-03	5.5E-04	2.2E-05
	实训室	公众	1.117	13	1/2	8.0E-04	4.0E-03	1.6E-04
	仓库	公众	1.117	38	1/20	9.6E-05	4.8E-05	1.9E-06
南侧	公共汽车站场	公众	1.238	15	1	2.3E-05	2.3E-04	9.1E-06
西侧	园区道路	公众	0.71	2	1/10	6.6E-01	6.6E-01	2.6E-02
	配电房	公众	0.71	9	1/40	2.8E-02	7.0E-03	2.8E-04
北侧	工作室	公众	1.813	4	1/2	2.9E-04	1.5E-03	5.8E-05
	园区道路	公众	1.813	16	1/10	1.9E-05	1.9E-05	7.6E-07
	崇实园3栋	公众	1.813	33	1	4.5E-06	4.5E-05	1.8E-06

表 11-5 估算结果显示，本项目评价范围内辐射工作人员的周最大受照剂量为 6.6μSv/周，公众的周最大受照剂量为 6.6E-01μSv/周，满足“辐射工作人员不大于 100μSv/周，公众不大于 5μSv/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 2.6E-01mSv/a，公众年有效最大受照剂量为 2.6E-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

情景一：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；

情景二：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；

情景三：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，使在场所有人员受到意外照射。

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设备厂家的售后工作人员来进行，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》，向当地生态环境主管部门报告。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行政主管部门报告。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。

建设单位成立了辐射安全管理机构，小组成员构成及职责如下：

组 长：金志刚

成 员：姚胜南、富阳、孙明慧

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。

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 X 射线辐射事故，强化辐射事故危害意识和责任意识，建设单位针对本项目制定了《辐射安全管理规章制度》（详情见附件 2），包括：

辐射安全管理制度

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

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。

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 3 名科研人员负责管理或操作该射线装置，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。

12.4 辐射监测

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。

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3个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

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。

委托检测机构对射线装置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。

建设单位拟为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，为日常监测配备1台便携式剂量率仪，使用便携式剂量率仪定期（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。辐射监测仪器配置一览表见表12-1。

表 12-1 辐射监测设备一览表

名称	型号	数量
个人剂量计	热释光式	3 个
个人剂量报警仪	待定	3 台
便携式剂量率仪	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 日前向发证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) 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。

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。

(2) 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、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。

(3) 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，方可使用。

建设单位制定的辐射工作场所监测周期一览表见表 12-2。

表 12-2 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	定期检测（每月一次）	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：分析表明，建设单位制定的个人剂量监测、工作场所辐射监测计划满足相关法律法规的要求。

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，成员如下：

组 长：金志刚

成 员：姚胜南、富阳、孙明慧

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。

12.6 日常检查与维护

12.6.1 日常检查

本项目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) 射线装置外观是否存在可见的损坏；
- (2) 装载门和检修门是否正常关闭；
- (3) 工作状态指示信号是否正常；
- (4) 安全联锁是否正常工作；
- (5) 钥匙开关闭合、急停按钮复位是否正常。

12.6.2 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。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。

(2) 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测。

(3) 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都来自设备制造商。

(4) 做好设备维护记录。

12.7 竣工环境保护验收要求

12.7.1 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。

12.7.2 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。

12.7.3 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，生态环境部 2018 年 5 月 16 日印发）；

(3) 其他：本报告表 6 所列评价依据。验收项目明细表见表 12-3。

表 12-3 验收项目明细表

序号	验收项目	验收要求
1	项目建设情况	按照本报告和环评 批复文件的要求
2	三废治理措施落实情况	
3	辐射安全与防护各项措施落实情况	
4	辐射安全管理机构成立和运行情况	
5	辐射安全管理制度和辐射事故应急预案制定和落实情况	
6	个人剂量监测和辐射工作场所检测情况	
7	环评文件及其批复的其他要求	

表 13 结论与建议

13.1 结 论

中山职业技术学院机电工程学院拟在中山市博爱七路 25 号崇实园 8 栋设置 1 间 CT 室，在 CT 室内安装使用 1 台三英精密 Nano voxel 3000 型工业 X 射线 CT 装置，用于科研上的无损检测。本项目属核技术利用新建项目，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，拟使用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 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，本项目运行时设备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

本项目的投产有助于建设单位建立高分辨综合扫描分析系统检测技术开发平台，为科研工作提供无损检测技术支撑。按要求落实各项辐射安全与防护措施后，所造成的辐射影响轻微。可控，从“代价-利益”角度考虑，满足辐射实践的正当性。

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，建设单位本次核技术利用建设项目是可行的。

13.2 建 议

- 1、尽快组织辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”

参加辐射安全上岗培训和考核，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；并定期做好辐射事故应急人员培训和应急演练。

表 14 审 批

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

附件 1: 环境 γ 辐射现状检测报告



检 测 报 告

任务编号: XHJC22050

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:	中山职业技术学院
检测类型:	环评检测
报告日期:	2022 年 8 月 29 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	中山职业技术学院
检测地点	广东省中山市博爱七路 25 号崇实园 8 栋
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、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 8 月 3 日
环境条件	天气: 晴, 气温 29 $^{\circ}$ C, 湿度 81%
建设项目概况	中山职业技术学院机电工程学院拟在中山市博爱七路 25 号崇实园 8 栋设置 1 间 CT 室, 在 CT 室内使用 1 台三英精密 Nano voxel 3000 型工业 X 射线 CT 装置, 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: 马夏如

审核: 黄铭熙

签发: 张子奇

签发日期: 2022.8.29

附表 1: 检测结果

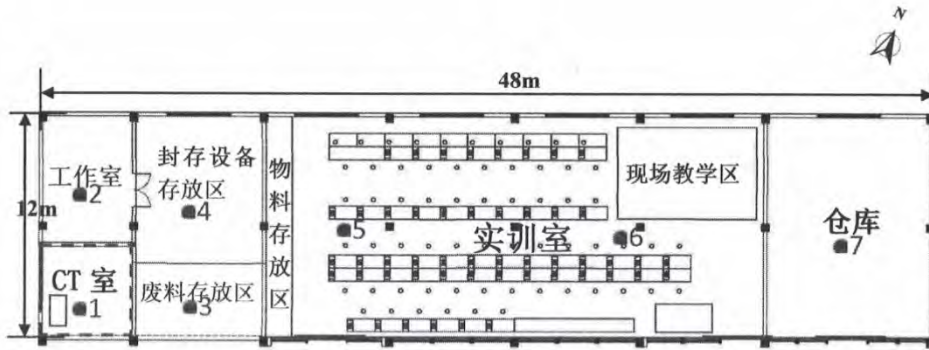
点位编号	点位描述	距离(m)	表面介质	测量值(nGy/h)	标准差(nGy/h)	环境性质
1	CT室	-	地胶	96	3	平房
2	北侧工作室	6	地胶	98	3	平房
3	东侧废料存放区	6	地胶	96	3	平房
4	东侧封存设备存放区	9	地胶	105	3	平房
5	东侧实训室	17	地胶	113	3	平房
6	东侧实训室	30	地胶	117	2	平房
7	东侧仓库	41	地胶	108	3	平房
8	西侧崇实园4栋一层	83	地胶	121	3	楼房
9	西侧园区道路	30	地胶	88	3	道路
10	北侧园区道路	16	混凝土	64	2	道路
11	北侧园区道路	18	混凝土	68	3	道路
12	北侧崇实园3栋一层	42	地胶	126	3	楼房
13	北侧中山廉政教育中心旁	65	混凝土	101	3	道路
14	南侧公共汽车站场道路	29	混凝土	70	3	道路
15	南侧公共汽车站场	52	混凝土	76	3	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 (35nGy/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



崇实园 8 栋布点示意图

返回



中山职业技术学院崇实园布点示意图

附件 2：辐射安全管理规章制度

中山职业技术学院机电工程学院 辐射安全管理制度

为贯彻上级环境主管部门对 X 射线装置安全管理的有关要求，根据国务院《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

成立管理安全小组，人员组成如下：

组 长：金志刚

成 员：姚胜南、孙明慧、富阳

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。

(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，非辐射工作人员不在该区域进行固定岗位作业。操作台应避开有用射线方向。

(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，按动紧急止动按钮，可停止 X 射线出束。辐射工作场所应有警示装置，X 射线出束时，声音警示装置可发出警示信号。

(7) 射线装置屏蔽门应设置门-机联锁装置，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；

(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、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、辐射监测计划

(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) 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、射线装置维修维护制度

(1) 建设单位应对射线装置进行维修维护，每年至少维修一次。设备维修应当由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。设备的检修和维护应实行严格的岗位责任制，建立健全设备的操作、使用和维护保养的管理制度。

(2) 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。

(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测，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都来自设备制造商。

(4) 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，佩戴好辐射剂量报警仪，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。

中山职业技术学院机电工程学院 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、应急救援机构

成立辐射事故应急小组，辐射事故应急小组成员如下：

组 长：金志刚

成 员：姚胜南、孙明慧、富阳

建设单位紧急联系电话：

中山市生态环境局：12369、12345

中山市卫生健康委员会：12320、12345

中山市公安局：110

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，要通过个人剂量报警仪、便携式剂量仪或其它工具、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。