

核技术利用建设项目
中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司
基础研发建设项目
环境影响报告表
(公示本)

建设单位：中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司



环评单位：江西省地质局实验测试大队



二〇二五年九月

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司基础研发建设项目				
建设单位		中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司				
法人代表		***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		广西壮族自治区桂林市七星区横塘路 55 号				
项目建设地点		广西壮族自治区桂林市七星区横塘路 55 号公司创新中心基础表 征楼一楼 CT 无损检测实验室				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		***	项目环保投 资(万元)	***	投资比例 (环保投资/总投资)	***
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²)	55.9
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他	/				
1.1 建设单位情况 中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司 (以下简称“曙光院”) 位于广西壮族自治区桂林市, 始建于 1971 年, 1999 年转制为科技型国有企业。现隶属昊华科技, 中国中化三级子公司。曙光院专业从事轮胎及橡胶制品的研发、试验和生产制造, 产品主要用于飞机、汽车、化工、纺织等领域。经过 50 多年的努力, 曙光院已成为国家技术创新示范企业、国家高新技术企业、国家知识产权示范企业, 具有领先的创新技术和生产制造能力。						
1.2 项目建设规模						

中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司因业务发展需要，拓宽市场，提高产品质量，拟在厂区创新中心基础表征楼一楼 CT 无损检测实验室使用 1 台工业 CT 检测机，对公司生产的橡胶产品进行无损检测，来满足公司生产发展和产品质量控制的要求。属于使用 II 类射线装置项目。拟购置使用的工业 CT 设备内含 2 个射线源，管电压分别为 450kV 和 300kV，2 个射线源不能同时出束，辐射工作人员使用时将根据实验所需的参数选择相应的射线源，具体情况见表 1-1。

表1-1 公司拟购置使用的工业CT设备情况一览表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	备注
1	**工业 CT 检测机 (双源)	II	1	待定	450	3.3	定向
					300	1.6	

**工业 CT 检测机 2 个射线源不能同时出束，并配套有专用铅房。

1.3 本项目辐射工作人员及工作负荷情况

项目拟购置 1 台 **工业 CT 检测机用于橡胶产品无损检测。拟配备 2 名辐射工作人员。由公司提供资料可知，设备年工作时间约为 800h。

本项目所有辐射工作人员在使用 **工业 CT 检测机作业前均将参加生态环境部辐射安全与防护培训平台的学习、培训和考核，确保做到持证上岗。

1.4 原有项目核技术利用和许可情况

本项目为新建项目，无原有核技术利用项目。

1.5 目的和任务的由来

1.5.1 目的

(1) 通过环境影响评价，分析建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

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

(3) 给出明确的环评结论，为有关部门的辐射环境监督管理提供科学依据。

1.5.2 任务的由来

因基础研发建设项目运行时可能对周围环境造成辐射影响，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《建设

项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)等相关法规的规定,按照《关于发布<射线装置分类>的公告》中对射线装置的分类,本项目拟用工业 CT 设备属于 II 类射线装置,中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司基础研发建设项目必须编制辐射环境影响报告表,办理辐射环境影响评价审批手续。为保护环境,保障公众健康,建设单位委托江西省地质局实验测试大队对该基础研发建设项目进行辐射环境影响评价,委托书见附件 1。

环评单位在现场调查和辐射环境影响分析的基础上,按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)的内容和格式,编制中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司基础研发建设项目环境影响报告表。

1.6 项目周边保护目标以及场址选址

中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司位于广西壮族自治区桂林市七星区横塘路 55 号。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的规定,本项目评价范围是设备铅房边界外 50m 的区域。

1、本项目所在建筑物外环境关系

拟建工业 CT 设备位于创新中心基础表征楼一楼 CT 无损检测实验室的专用铅房中。基础表征楼为地面二层建筑,位于公司厂区中部。基础表征楼南侧为室外地面和力学仿真楼,西侧为厂区道路,北侧为厂区道路和非机动车停车区,东侧为厂区道路。

2、项目周边 50m 范围环境状况

以创新中心基础表征楼一楼 CT 无损检测实验室的设备铅房四周边界为起点 0~50m 范围环境状况:东侧 0~3.6m 范围内为 CT 无损检测实验室区域, 3.6~11.6m 范围内为基础表征楼一层实验室区域, 11.6~50m 范围内为院内道路和绿化区域;南侧 0~0.9m 范围内为 CT 无损检测实验室区域, 0.9~18.9m 范围内为室外地面区域, 18.9~37.9m 范围内为力学仿真楼(3F), 37.9~50m 范围内为室外地面区域;西侧 0~0.8 范围内为 CT 无损检测实验室区域, 0.8~40.8m 范围内为基础表征楼一层实验室区域, 40.8~50m 范围内为院内道路和绿化区域;北侧 0~4.9m 范围内为 CT 无损检测实验室区域, 4.9~18.9m 范围内为基础表征楼一层实验室区域, 18.9~28.9m 范

围内为院内道路和绿化区域，28.9~31.9m 范围内为非机动车停车区，31.9~50m 范围内为厂区绿化区域。

3、CT 无损检测实验室周围环境关系

创新中心基础表征楼一楼 CT 无损检测实验室北面和东面为环境实验室，南面为室外地面区域，西侧为老化环境实验室，上方规划为实验室，下方无地下室。

设备铅房距离创新中心基础表征楼一楼CT无损检测实验室的西侧墙面0.8m，距离南侧墙面0.9m，距离东侧墙面3.6m，距离北侧墙面4.9m，距离北侧的控制台约1.5m。

公司厂区平面布置见图 1-1，项目评价范围见图 1-2，设备铅房所在基础表征楼一楼平面布置图见图 1-3，基础表征楼二楼平面布置图见图 1-4，设备铅房周围区域平面布置及分区管理示意图见图 1-5，周围环境现状见图 1-6。

4、选址合理性分析

设备铅房往外 50m 范围内为厂区内区域，设备铅房的设置充分考虑了周围的辐射安全，控制台与设备铅房分开并尽量避开有用线束照射方向。此外，设备铅房设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将设备铅房划分为控制区，无关人员不得进入。工业 CT 设备运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域管理等措施，项目不会对周边环境产生污染。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，本项目选址合理可行。

5、周边保护目标

本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内公司其他工作人员、评价范围内逗留或经过的公众成员。

略

图 1-1 中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司平面布置图

略

图 1-2 项目评价范围示意图

略

图 1-3 设备铅房所在基础表征楼一楼平面布置图

略

图 1-4 基础表征楼二楼平面布置图

略

图 1-5 设备铅房周围区域平面布置及分区管理示意图

略

图 1-6 项目周围环境现状

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
无	/	/	/	/	/	/	/	/

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)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

序号	名 称	类别	数量	型 号	生产厂家	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	**工业 CT 检测机 (双源)	II	1	待定	待定	450	3.3	无损检测	创新中心基础表征楼一楼 CT 无损检测实验室	定向
						300	1.6			

表 5 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
臭氧及氮氧化物	气态	/	/	极少量	极少量	/	/	通过通风系统排出, 弥散在大气环境中分解。

注: 本环评项目使用的射线装置, 不会产生放射性废弃物。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第九号, 于 2014 年 4 月 24 日修订, 自 2015 年 1 月 1 日起施行); (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》, 2002 年 10 月 28 日通过, 自 2003 年 9 月 1 日起施行, 第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正, 于 2018 年 12 月 29 日起施行; (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号, 2003 年发布, 2003 年 10 月 1 日起施行); (4) 《建设项目环境保护管理条例》, 1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 253 号发布施行; 2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订, 于 2017 年 10 月 1 日起施行; (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 2005 年 9 月 14 日经国务院令 449 号公布, 2005 年 12 月 1 日起施行, 《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国令第 709 号) 对本条例部分条款进行了修改, 于 2019 年 3 月 2 日起施行; (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年 1 月 4 日生态环境部部令第 20 号) 第四次修订, 于 2021 年 1 月 4 日起施行; (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令部令第 18 号, 2011 年发布, 2011 年 5 月 1 日起施行); (8) 《关于发布射线装置分类办法的公告》(环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号), 2017 年 12 月 5 日; (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 版), 自 2021 年 1 月 1 日起施行; (10) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令), 2024 年 2 月 1 日起施行; (11) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部部令第 9 号, 2019 年发布, 自 2019 年 11 月 1 日起施行; (12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考有关事项的公告》(生态环境部公告 2019 年第 57 号, 2020 年 1 月 1 日施行)。
------	--

	(13) 《广西壮族自治区环境保护条例》（自 2019 年 7 月 25 日发布并施行） (14) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号），2006 年 9 月 26 日，国家环保总局； (15) 《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313 号），2025 年 8 月 29 日发布。
技 术 标 准	(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (5)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)； (5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）。
其 他	(1) 环评委托书，见附件 1； (2) 监测报告，见附件 2； (3) 辐射防护管理组织与管理小组，见附件 3； (4) 辐射事故预防措施及应急处理预案，见附件 4； (5) 相关制度，见附件 5； (6) 项目代码，见附件 6； (7) 情况声明，见附件 7； (8) 材料说明，见附件 8。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》HJ 10.1-2016 的相关规定，确定以建设单位基础研发建设项目设备铅房周围 50m 范围内相邻区域作为本项目的的评价范围（具体见图 1-2）。主要包括设备场所 50m 范围区域，南侧为室外地面和力学仿真楼，西侧为基础表征楼和厂区道路，北侧为厂区道路和非机动车停车区，东侧为厂区道路。

7.2 保护目标

环境保护目标为建设单位基础研发建设项目辐射工作人员，评价范围内公司其他工作人员、评价范围内逗留或经过的公众成员，使他们受到的辐射照射低于各自的辐射照射管理约束值。

本项目具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

人员类型	相对位置及保护对象	与设备铅房最近距离 (m)	人员数量	剂量约束值(mSv/a)
职业人员	北侧控制台	1.5	2 人	5
公众成员	机房所在基础表征楼本项目以外的工作人员	同一栋楼	约 30 人	0.1
	南侧力学仿真楼	18	约 30 人	
	其他公众	设备场所各屏蔽墙外 50m 评价范围内	流动人员	

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

该标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 4.3.2.1 款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用于项目于获准实践中的医疗照射。

该标准第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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；本次评价从辐射防护最优化原则出发，使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射，取其四分之一即 5mSv 作为职业人员的年剂量约束值。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定，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；本评价取其公众照射剂量限值 10%，即 0.1mSv 作为公众成员年剂量约束值。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作(包括固定式探伤和移动式探伤)，工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

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

6.1.2 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。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），探伤室墙和入口门外周围辐射剂量率和每周周围剂量当量应满足：

1、周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ $H_{c,d}$ ）：

A、对于职业工作人员， $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；对于公众 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

B、相应的导出剂量率参考控制水平：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相关关注点驻留的居留因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）。

2、关注点最高剂量率参考控制水平：

$$H_{c,\max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$$

3、X射线探伤房墙和入口门的辐射屏蔽关注点周围剂量当量率参考控制水平 H_c 选取 $H_{c,d}$ 和 $H_{c,\max}$ 中的较小值。

4、探伤房上方已建、拟建建筑物或探伤房旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤房房顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤房顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平亦选取 $H_{c,d}$ 和 $H_{c,\max}$ 中的较小值。

表 7-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示 例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

项目设备铅房位于厂区 CT 无损检测实验室内，公司有严格的管理规定，一般公众不会近距离靠近设备铅房。项目年出束时间约 800 小时，全年工作按 50 周计算，则每周曝光时长为 16 小时，职业工作人员居留因子及方向照射的使用因子均取 1，公众人员北侧和东侧环境实验室、西侧老化环境实验室和上方实验室居留因子取 1，公众人员南侧室外地面居留因子取 1/8、方向照射的使用因子取 1，根据上述 6.1.3 a 和 6.1.3 b，设备铅房和 CT 无损检测实验室外各关注点剂量率控制水平见下表。

表 7-3 关注点剂量率控制水平

场所	保护目标	U	T	$H_{c,d}$	$H_{c,\max}$	H_c
设备铅房四周墙面和上方表面 30cm	辐射工作人员	1	1	$6.25 \mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$

处						
CT 无损检测实验室西侧老化环境实验室	公众	1	1	0.31 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h	0.31 μ Sv/h
CT 无损检测实验室北侧环境实验室	公众	1	1	0.31 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h	0.31 μ Sv/h
CT 无损检测实验室东侧环境实验室	公众	1	1	0.31 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h	0.31 μ Sv/h
CT 无损检测实验室南侧室外地面	公众	1	1/8	2.5 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h
CT 无损检测实验室楼板上方实验室	公众	1	1	0.31 μ Sv/h	2.5 μ Sv/h	0.31 μ Sv/h

因此，设备铅房周围关注点的周围剂量当量率参考控制水平为不大于 2.5 μ Sv/h，CT 无损检测实验室周围关注点（东侧、西侧、北侧和上方区域）的周围剂量当量率参考控制水平为不大于 0.31 μ Sv/h，CT 无损检测实验室周围关注点（南侧区域）的周围剂量当量率参考控制水平为不大于 2.5 μ Sv/h，职业人员周围关注点剂量当量率参考控制水平为 2.5 μ Sv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司基础研发建设项目建设地址为广西壮族自治区桂林市七星区横塘路55号公司创新中心基础表征楼一楼CT无损检测实验室。

公司地理位置图见图8-1。



图 8-1 中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司地理位置图

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司基础研

发建设项目建设地址周围辐射环境现状。

8.3 环境现状辐射监测

本项目场址周围环境现状辐射水平采用现场监测的方法进行调查，评价单位对本项目拟用设备铅房周围环境 γ 辐射剂量率水平进行监测，监测报告见附件2。

(1) 监测目的

掌握该基础研发建设项目建设场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

(2) 监测因子

监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

(3) 监测点位布设

对项目设备铅房场址及评价范围的保护目标处，根据现场条件，合理布点。监测布点图见图8-2。

(4) 监测频次

监测一次。

(5) 监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表8-1。

表8-1 X- γ 辐射剂量率监测仪器参数与规范

监测项目	γ 辐射空气吸收剂量率
仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
编 号	F198
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
能量响应	40keV~4.4MeV
量 程	1nSv/h-100 μ Sv/h
相对固有误差	-12.2%
校准证书及有效期	校准证书编号：2025H21-10-5779394002（上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心），发布日期：2025年3月10日。
监测规范	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

(6) 质量保证措施

①监测人员经考核合格并持有合格证书上岗

②监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

③监测所用仪器经国家法定计量检定部门校准合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；

⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；

⑥包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；

⑦建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；

⑧监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人需为持监测上岗合格证人员、监测报告经由审核人审核，最后授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

(7) 监测结果

监测单位于2025年7月11日对该项目开现状监测，监测结果见表8-2。

表 8-2 项目拟建设场所辐射环境现状监测结果※

序号	设备名称	监测位置	γ 辐射空气吸收剂量率（nGy/h）		
			开/关机	测量结果	标准偏差
1	拟建项目场所	拟建基础表征楼区域（室外）	/	75.2	0.8
2		拟建力学仿真楼区域（室外）	/	75.7	0.8
3		拟建场所东侧厂区道路区域（室外）	/	86.0	1.3
4		拟建场所北侧厂区道路区域（室外）	/	85.7	1.1
5		拟建场所西侧厂区道路区域（室外）	/	83.8	1.2
室外测值范围			/	75.2~86.0	/

注：1、表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值 16.5nGy/h（根据经纬度坐标和海拔高度换算，仪器的宇宙射线响应值测点位于江西庐山西海中心，测值为 16.4nGy/h）。

2、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），空气比释动能和周围剂量当量的换算系数的转换因子是 1.2Sv/Gy。监测设备校准因子是 1.14。

3、现场监测为室外空地，对宇宙射线的屏蔽修正因子取 1。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）8.6.1 环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测中宇宙射线响应值的扣除，在实际环境监测中，测点的海拔高度、经纬度与湖（库）水面一般不同，应对湖（库）水面测得的 X_c 进行修正，得到测点处仪器对宇宙射线的响应值 X'_c 。修正方法见附录 D。

D.1 修正公式

$$X'_c = \frac{D'_{\neq}}{D_{\neq}} X_c \quad (\text{式 8-1})$$

式中： X'_c —仪器在测点处对宇宙射线的响应值；

$D'_{\neq}$ 、 $D_{\neq}$ —分别为测点处和湖（库）水面处宇宙射线电离成分在低大气层中产生的空气吸收剂量率，nGy/h；

X_c —仪器在湖（库）水面上对宇宙射线的响应值。

$D_{\neq}$ 和 $D'_{\neq}$ 可参照 UNSCEAR 2000 报告中的经验公式计算：

$$D_{\neq} = D_{\neq}(0) \left[0.2e^{-1.64h} + 0.79e^{0.452\lambda_m} \right] \quad (\text{式 8-2})$$

$$D_{\neq}(0) = \begin{cases} 30, \lambda_m \leq 30^\circ N \\ 32, \lambda_m > 30^\circ N \end{cases} \quad (\text{式 8-3})$$

式中： $D_{\neq}(0)$ —计算点所在海平面处宇宙射线电离成分所致空气吸收剂量率，nGy/h；

h —计算点的海拔高度，km；

λ_m —计算点的地磁纬度， $^\circ N$ 。

地磁纬度由计算点的地理纬度 λ 和地理经度 φ 按下式计算：

$$\sin \lambda_m = \sin \lambda \cos 11.7^\circ + \cos \lambda \sin 11.7^\circ \cos (\varphi - 291^\circ) \quad (\text{式 8-4})$$

本项目监测仪器的宇宙射线响应值测点位于江西庐山西海中心水面上（北纬 29.247853，东经 115.493756，海拔 70m），测量值为 16.4nGy/h，建设项目测点位于中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司内（北纬 25.234438，东经 110.383630，海拔 152m），根据式 8-1~式 8-4 公式计算，建设项目测点处仪器对宇宙射线的响应值为 16.5nGy/h。

c) 在测量环境 γ 辐射空气吸收剂量率时, 监测结果 $\dot{D}$ 按公式 (8-5) 进行宇宙射线响应的扣除:

$$\dot{D} = C_f(E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}_c) \quad (\text{式 8-5})$$

式中: $\dot{D}$ ——环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果;

C_f ——仪器量程检定/校准因子, 由法定计量部门检定或校准时给出, 本项目监测仪器校准因子为 1.15;

E_f ——仪器检验源效率因子。 $E_f = A_0/A$, 其中 A_0 、 A 分别是检定时和测量当天检验源的净计数, 如仪器无检验源, 则该值取 1; 本项目为 1。

$\dot{X}$ ——现场监测时仪器 n 次读数的平均值, $n \geq 10$;

μ_c ——建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子, 原野、道路取值为 1。

$\dot{X}_c$ ——测点处仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8-2 的监测结果可知, 项目场所及周围区域环境现状监测中室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 75.2~86.0nGy/h, 根据《中国环境天然放射性水平》可知, 广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率在 10.7~238.7nGy/h 范围。可见, 本项目建设场址各监测点位 γ 辐射空气吸收剂量率仍然在其范围内, 辐射环境质量状况未见异常。

略

图 8-2 拟建项目场所区域及周围环境辐射空气吸收剂量率监测布点图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

本项目拟购置**工业 CT 检测机，适用于各种各样的材料类型和零件尺寸的无损检测，可检测零件内部结构及制造缺陷，并根据需要进行零件结构三维重建、尺寸测量、密度表征、装配结构分析等。主要由射线源、探测器系统、数据采集系统、机械扫描系统、控制系统等部分组成。根据公司提供资料，本项目拟使用工业 CT 设备外观及组成详见图 9-1 所示，结构组成见图 9-2，相关设备参数见表 9-1。

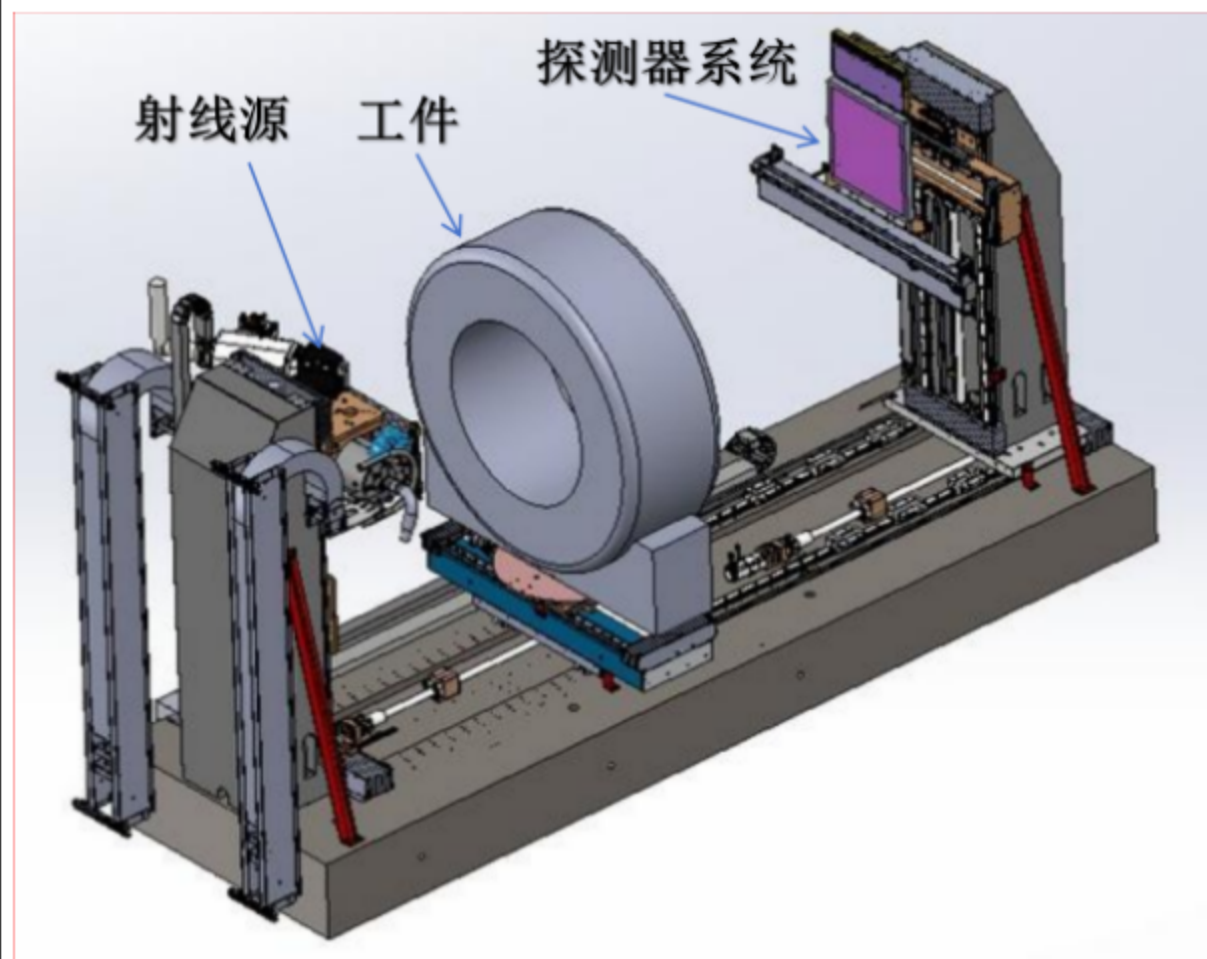


图 9-1 工业 CT 设备外观及组成示意图

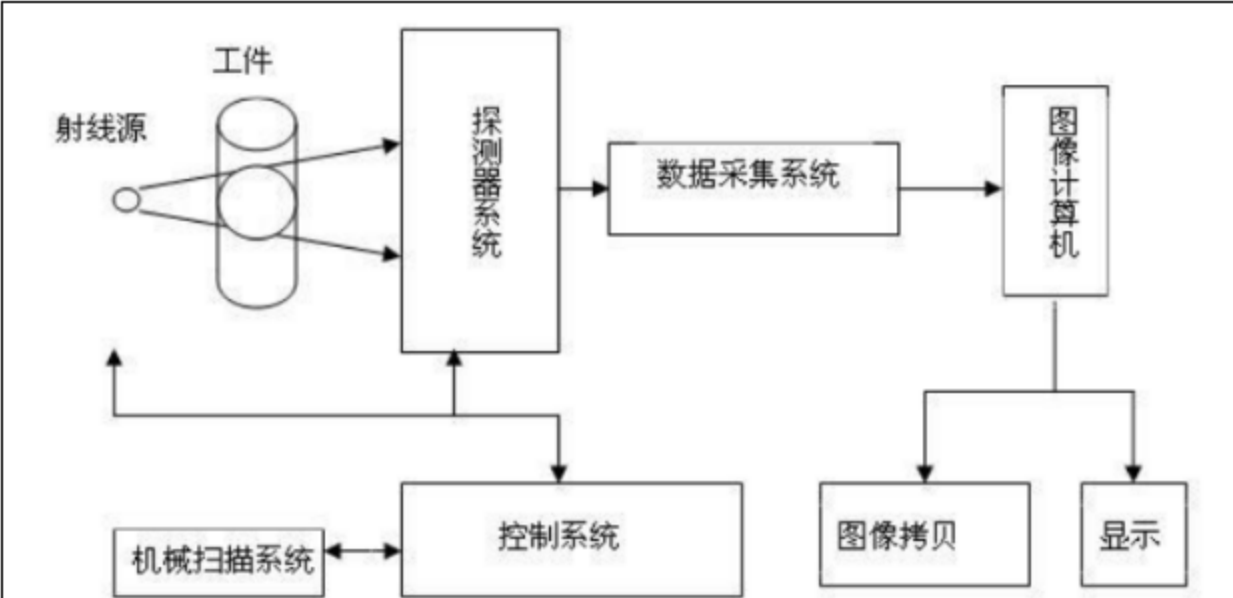


图 9-2 工业 CT 设备结构示意图

表 9-1 本项目拟工业 CT 设备主要参数一览表

射线源	450kV小焦点射线源（最大管电压450kV，额定管电流3.3mA） 300kV小焦点射线源（最大管电压 300kV，额定管电流 1.6mA）
空间分辨率	射线源5μm，探测器5.0Lp/mm
有用线束张角	不大于40°
密度分辨率	0.5%
最大样品重量	500kg
主束方向	定向
过滤条件	3mm铜

注：1、2个X射线管根据检测需求切换使用，不会同时使用。
2、根据建设单位提供资料工业CT的滤过条件为3mm铜，材料说明见附件8。

1、射线源系统

射线源系统提供CT扫描成像的能量射束，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。

2、探测器系统

探测器是工业CT装置的核心部件，用来测量穿透试件后的射线信号，经放大和模数转换后，送入计算机进行图象重建。探测器的主要性能包括信噪比、动态范围、稳定性、均匀一致性、探测效率、分辨率、线性度等，其性能的好坏直接影响着图象的质量。

3、机械扫描系统

机械扫描系统实现 CT 扫描时，工件的旋转或平移以及射线源—物体—探测器之间物理位置的相对调整。

机械扫描系统要完成被检产品的运动、旋转及上升和下降，同时，在扫描过程中，它还要实时反馈运动位置脉冲，用于实际位置校正和数据采集的控制。机械扫描系统一般根据被检产品的长宽高尺寸及分辨率的要求专门设计，被检产品的最大重量也是设计机械扫描系统时必须考虑的因素。

4、控制系统

控制系统决定了 CT 系统的控制功能，实现了对扫描检测过程中机械运动的精确定位控制，系统的逻辑控制，时序控制及检测工作流程的顺序控制和系统各部分协调，并担负系统的安全联锁控制。

5、数据采集系统

数据采集系统是探测器和计算机之间的电路接口。探测器输出的电流信号一般很弱，为此，通过前级积分放大电路将来自多路的探测信号进行放大，通过 A/D 转换器将模拟量转换成二进制数字信号，然后由数据采集系统采集送入计算机进行图像重建。

9.1.2 工作原理

X 射线具有一定的穿透力，能穿透被检测物体的组织结构。被穿透的组织结构，存在着密度和厚度的差异，X 射线在穿透过程中被吸收的量不同，以致剩余下来的 X 射线量有差别。这个有差别的剩余 X 射线，是不可见的，经过数字图像处理及分析，经过屏幕显示，就能获得具有黑白灰度对比、层次差异的 X 射线图像。得到被检物体内部结构的尺寸和位置。

通过系统控制电脑的程序命令，将高压发生器产生的高电压由高压线缆传输至射线管，射线管利用高压电场的作用将内部产生的高速电子流撞击靶，高速电子流的能量转换，其中一部分生成 X 射线，控制操作单元将安装在平台上的被检测样品进行驱动轴控制器移动导轨调整至待测位置，数字探测器可以将经过照射被检测样品的 X 射线转化成电子信号而形成实时灰度成像，得到显示内部结构的二维图像，并且可以将待测物旋转一周而得到的一系列二维图像数据用安装在图像处理工作站的程序进行图像数据的三维重建，得到待测物的三维结构数据，可以进行样品在两维空间上进行断层观察。

工业 CT 设备检测原理示意图见图 9-3。

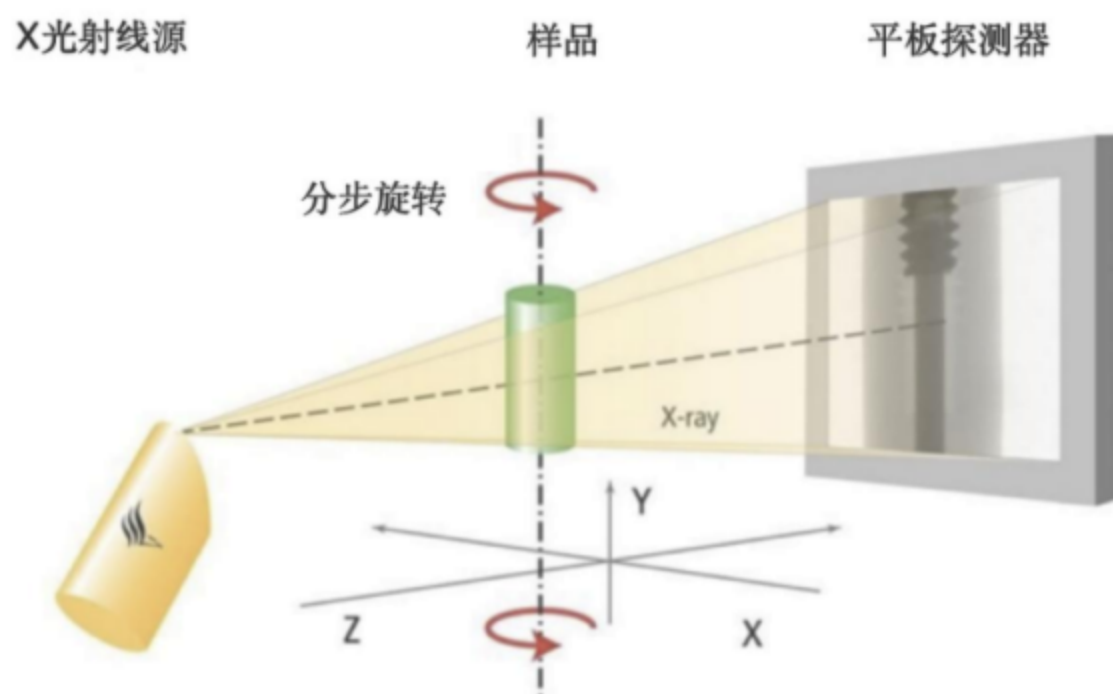


图 9-3 工业 CT 设备检测原理示意图

9.1.3 操作流程及产污环节

1、工作流程和产污环节

检测作业具体由公司试验检验中心负责，检测作业视工作任务而定。

工业CT检测机固定在铅房内。工作人员根据检测工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和照射时间等，检查无误即进行检测，X射线管产生的X射线透过被检测物体后衰减，由图象增强器接收并转换成数字信号，将检测图像直接显示在显示器屏幕上。通过机械传动装置使检测物品实行上下、左右、前后、纵向旋转及横向摆动等五维运动，对待检产品进行全面、整体的检测。一次检测完成后，关机，工作门开启，取出受检工件，然后进行下一轮检测。当检查全部完成后，清扫工作台，关闭电脑和总电源。设备自动设定休息时间与曝光时间为1：1，为了防止X射线发生器过热，必须过了与上次曝光时间等长的休息时间之后，才可能进行下次曝光。工作流程及产污环节见图9-4。

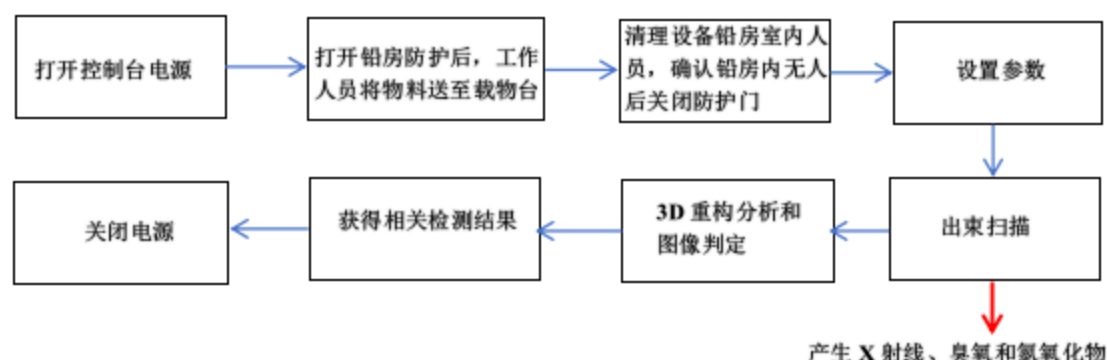


图 9-4 工作流程及产污环节示意图

2、人流和物流

本项目工业 CT 设备设置在 CT 无损检测实验室，结合本项目的工艺流程，本项目的人流、物流路径示意图见图 9-5，人流、物流路径规划具体如下：

①工作人员路径：

工作人员将工件从存放场所经过环境实验室转移到工业 CT 设备铅房大理石台上做好检测前准备工作后，关闭铅房防护门，回到控制台进行检测。

②工件路径：

被检测工件由其他辅助设施经环境实验室，通过防护门送入铅房内，放置于铅房内载物台。

略

图 9-5 项目工作人流、物流路径环节示意图

9.2 污染源项描述

本项目工业 CT 射线装置为 II 类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生、消失。因此，公司拟使用的工业 CT 设备在关机状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。在对工件进行检测时，X 射线经透射、反射，对作业场所及周围环境产生辐射影响。因此，在开机期间 X 射线成为污染环境的主要因子。

本项目工业 CT 设备检测过程不产生放射性三废，项目采用实时成像，不洗片，本

项目不产生废水和固废。

(1) 正常工况

正常使用情况下,主要为 X 射线装置出束(曝光作业)时产生的 X 射线,X 射线发生器的管电压越高,它所产生的 X 射线束的能量越大即穿透物质的能量越强,X 射线经透射、漏射和散射,对作业场所及其周边环境产生辐射影响,污染途径为外照射。

项目使用 1 台工业 CT 设备,管电压为 450kV、300kV,输出电流为 3.3mA、1.6mA,设备双球管为同侧摆放,双球管的出束方向和角度是一致的,因此本次计算选取原则上按理论最大管电压、管电流进行估算评价,即管电压为 450kV、管电流为 3.3mA。根据《辐射防护导论》附图 4,结合建设单位提供的数据可知,当工业 CT 设备工作参数为 450kV 时,对应 3mm 铜过滤条件下,X 射线距辐射源点(靶点)1m 处输出量为 $33\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ (以等量值的 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 进行屏蔽计算)。根据《辐射防护手册》第一分册公式(4.4),X 射线距辐射源点 1m 处输出量可按下式计算:

$$X=I\times X_0 \quad (9-1)$$

式中: X_0 —X 射线机的输出量, $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$;

I—管电流(mA),本项目最大管电流 3.3 mA。

根据公式 9-1 计算得,距靶 1m 的剂量率为 $33\times 3.3\times 60\times 10^3=6.534\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中,当管电压>200kV 时距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率取 5mSv/h ;本项目使用的工业 CT 设备最大管电压为 450kV,在评价时漏射线辐射剂量率保守取 5mSv/h 。

(2) 事故工况

①安全联锁系统故障或失效,设备铅房的防护门未关好开机导致射线泄漏,造成设备铅房防护门外活动人员受到意外照射;

②安全联锁系统故障或失效,设备运行中人员闯入受到意外照射;

③工作人员或无关人员在设备运行过程中滞留设备铅房,受到意外照射;

④人为事故。

⑤设备线路老化短路或其他原因造成事故。

(3) 非放射性污染

由于本项目使用工业 CT 检测机曝光时产生的 X 射线能使空气电离,会产生少量臭氧和氮氧化物,但本项目产生的臭氧量很小且铅房设置通风系统进行换气,排风口位于

铅房南侧墙面（铅房通风换气次数不低于 3 次/h，并设置铅板防护），并接排风管引出至室外，空气流通可使系统产生的少量臭氧和氮氧化物浓度迅速降低，因此产生的臭氧和氮氧化物的环境影响可以忽略不计。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施（辐射防护设施）

10.1.1 工作场所的布局和分区

1、工作场所的布局

拟建设设备铅房位于公司创新中心基础表征楼一楼 CT 无损检测实验室，北面和东面为环境实验室，南面为室外地面，西侧为老化环境实验室，上方为实验室，下方无地下室。

设备铅房距离创新中心基础表征楼一楼CT无损检测实验室的西侧墙面0.8m，距离南侧墙面0.9m，距离东侧墙面3.6m，距离北侧墙面4.9m，距离北侧的控制台约1.5m。

CT无损检测实验室长7.8m，宽7.7m，高4.2m，使用面积约60.06m²，设备铅房长、宽、高分别约为3.4m、2.0m、2.75m，使用面积约6.8m²。项目用房布局图见1-5。

2、工作场所的分区

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，室内检测作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。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。

根据标准要求，本项目将设备铅房内设为控制区，见图1-5中红色部分；将CT无损检测实验室的其余区域（包括控制台）划为监督区，见图1-5中黄色部分。

控制区的边界（即设备铅房屏蔽墙及防护门）张贴有电离辐射警告标记及中文警示说明，严禁出束期间人员进入该区域（设备铅房）。

CT无损检测实验室均设置有门禁，为一般公众人员不达区域。公司拟在监督区边界标注标志，同时设立“无关人员禁止入内”的警示标牌。

10.1.2 辐射屏蔽设计

1、建筑防护

设备铅房内长、宽、高分别约为3.4m、2.0m、2.75m。设备铅房顶棚人员不可达。CT无损检测实验室四周墙体使用190mm厚烧结页岩多孔砖+表面石粉类涂料，天花板为100mm厚混凝土。

设备铅房北侧为3mm钢+38mm铅+3mm钢，西侧（主射方向）为3mm钢+69mm铅+3mm钢，东侧和南侧为3mm钢+35mm铅+3mm钢，顶棚为3mm钢+38mm铅

+3mm钢。防护门位于设备铅房北侧，内铺38mm厚铅板，外部使用3mm钢板包夹（总计为6mm钢板），门上标有“禁止入内”警示说明。控制台与设备铅房为隔室操作，控制台位于设备铅房北侧。设备铅房设置有1个防护门，防护门上方设置有电离辐射警告标识和中文警示说明。本项目设备铅房辐射屏蔽设计平面见图10-1，剖面图见图10-2。

略

图10-1 设备铅房辐射屏蔽设计平面图

略

图10-2 设备铅房辐射屏蔽设计剖面图

2、通风系统

设备铅房内不设置自然通风的门窗，室内的通风依靠机械抽风，确保室内空气的畅通，设有一个排风口，排风量可满足每小时换气6次。排风口设置在设备铅房南侧墙面，连接管道外排至南侧楼外过道，排风孔径为 $\Phi 300\text{mm}$ 。设备铅房墙体两侧排气口各采用18mm铅板作为屏蔽补偿，穿墙防护排气罩铅板防护采用百叶多块式组合-内衬18mm铅板，面层1.5mm不锈钢。排气扇口屏蔽补偿方案见图10-3，设备铅房排风管道排出CT无损检测实验室外线路示意图见图10-4。

拟安装的排风机风量为 $120\text{m}^3/\text{h}$ ，设备铅房体积为 19m^3 ，探伤室内换气次数能达到1小时约6次，检测期间产生的废气影响较小。

3、电缆沟位于铅房和控制台侧（过道）之间墙体下方，采用地下U型设计，铅房与控制台间的线缆均采用U型方式穿过屏蔽墙，埋深0.3m。电缆出口使用10mm铅皮覆盖。电缆沟屏蔽补偿方案见图10-5。

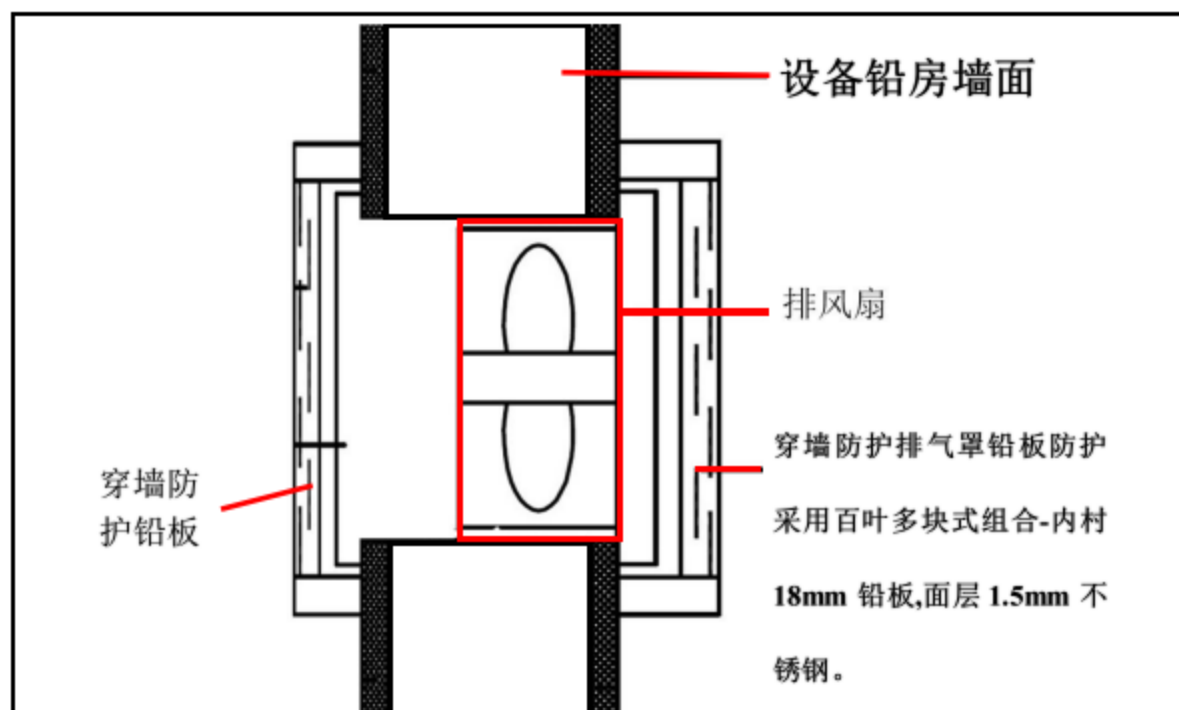


图 10-3 排气扇口屏蔽补偿方案

略

图 10-4 排气扇口屏蔽补偿方案设备铅房排风管道排出 CT 无损检测实验室外线路

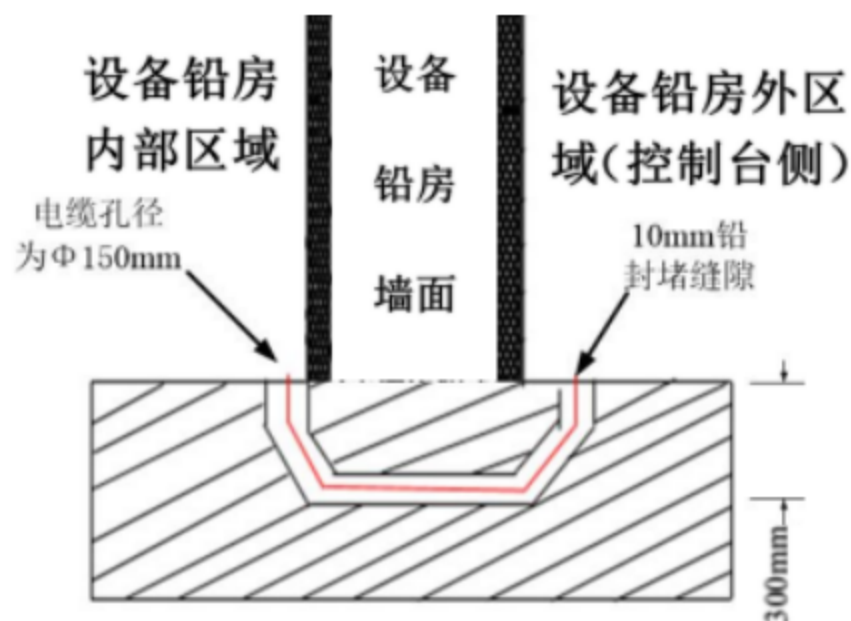


图 10-5 电缆沟屏蔽补偿方案

10.1.3 探伤项目运行管理

建设单位拟向广西壮族自治区生态环境厅申请《辐射安全许可证》，申请使用 1 台工业 CT 设备用于无损检测，保证使用满足国家相应标准要求的射线装置。工作地点集中在本公司铅房内。

工业 CT 设备使用及管理部门为公司试验检验中心，该部门负责检测工作的实施及相关安全工作的落实。所有检测管理人员及操作人员均应为参加过生态环境主管部门组织的“辐射安全和防护专业知识及相关法律法规”的“X 射线探伤”科目培训并考核合格的人员。

10.1.4 辐射安全和防护措施

新建基础研发建设项目的建设，必须按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定加强射线装置的安全管理，并按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，拟采取下列污染防治及安全管理措施，防止发生辐射事故。

1、工业CT机固有的安全性

1) 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

2) 当任何一个安全门开关不到位时，即使其他的条件都满足，系统也不会发出射线，而且在系统发射 X 射线时，如果任何一个安全门信号异常，系统也会立即切断高压射线供电系统，以确保人身安全。

3) 系统设置多个急停按钮用于紧急停车，分别位于控制台、设备铅房出口和入口墙上位置。当系统中的任何一个急停按钮被按下，系统将无法启动运行，而且在系统运行过程中，任何一个急停按钮被按下，系统将立即停车，直到急停按钮被释放后，重新启动系统运行。按钮应带有标签，标明使用方法。

4) X 射线控制器操作面板上有一个钥匙开关，只有用专用钥匙将开关置于“开”的位置上，X 射线系统才能启动和运行，当开关置于“关”的位置上，系统将不能启动和运行。停机后操作负责人员必须按下急停按钮并且取走 X 射线控制器钥匙开关的钥匙。

5) 为了避免 X 射线对人体造成的伤害, X 射线探伤室为钢板、铅板复合结构, 设备铅房北侧有 1 个防护门 (装卸产品和检修), 防辐射等级符合国家标准, 铅房门上均具有安全保护联锁装置连接到高压控制器, 当任何一个安全门被打开或者安全门信号不到位, 系统会立即切断高压系统的 X 射线发射, 保障人身安全。

2、灯机联锁: 设备防护门位于设备铅房北面墙, 设备铅房门外上方和室内同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续时间不少于 3 分钟, 确保设备铅房内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号采取不同的颜色进行区别。照射状态指示装置设置在设备铅房北侧防护门上, 与射线装置联锁。设备铅房门外上方和室内醒目位置处设有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

3、视频监控: 设备铅房室内安装 1 套实时视频监控系统, 监控装置探头位于设备铅房内墙角上, 对准设备铅房门口, 并连接到控制台。视频探头能拍到室内设备的工作情况, 和看到铅房门口处的情况, 保证铅房室内各个地方都能拍摄到, 不留死角; 视频监控屏幕位置位于控制台内, 工作人员能在控制台内实时监控检测过程, 如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

4、警告标志: 设备铅房室防护门外醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯箱, 检测作业时, 应有声光警示, 控制区边界应设置明显可见的警告标志。电离辐射警告标识和中文警示说明符合 GB18871-2002 要求。

5、场所剂量监测: 设备铅房计划配置固定式场所辐射探测报警装置, 并在控制台的操作系统上显示探测数据。

6、报警显示: 高压控制器设有系统报警代码显示功能, 当高压系统或者水冷却系统发生故障时, 显示窗口会提示相应的故障报警信息代码。

7、公司定期测量设备铅房外周围区域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, 应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

8、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, 则不应开始检测工作。

9、公司制定定期检修制度, 定期对检测设备进行检修, 有规定使用寿命的部件, 到时必须更换, 防止因设备故障而发生辐射事故。

针对上述要求，建设单位将在后续的设计、建设中一一落实。购买正规厂家生产的符合国家产品标准的合格工业 CT 设备。设计资料中可知，拟建设设备铅房将设置门-机联锁装置、照射状态指示装置与射线装置联锁、设备铅房内安装紧急停机按钮、设备铅房门口指示灯等辐射防护措施，并在项目运行后，制订、落实装置的使用登记制度，定期（每个月 1 次）对设备铅房外的周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

项目获批后，将按照要求给工作人员佩戴常规个人剂量计，同时配备个人剂量报警仪，公司按计划拟配备 2 台个人剂量报警仪，1 台便携式辐射监测设备。

10.1.5 辐射防护措施符合性分析

对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，设备铅房辐射防护措施符合性分析表见表 10-1。

表 10-1 探伤项目辐射防护措施符合性分析表

射线装置类型	标准防护要求	本项目方案	符合性
工业CT设备	探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，控制室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。	控制室与设备铅房分开，并避开有用线束照射的方向	符合
	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。	工作场所实行分区管理，详细情况见表 10.1.1。	符合
	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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ； b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	通过估算，设备在正常使用条件下，设备铅房周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，CT 无损检测实验室周边关注点周围剂量当量率小于限值要求。	符合
	探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b) 对不需要人员到达的探伤室顶，	通过估算，设备在正常使用条件下，设备铅房房顶关注点周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。CT 无损检测实验室上方关注点周围剂量当量率小于 $0.31\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	符合

工业CT设备	探伤室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平通常可取为100 μ Sv/h。		
	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	设备铅房拟设置门-机联锁装置，并保证在防护门关闭后射线装置才能进行检测作业。门打开时应立即停止射线照射，关上门不能自动开始射线照射。	符合
	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。	拟在设备铅房门外上方和室内同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续时间不少于3分钟，确保设备铅房内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号采取不同的颜色进行区别。	符合
	探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	设备铅房室内安装1套实时视频监控系统，并连接到控制台。视频探头能拍到室内设备的工作情况，和看到铅房门口处的情况。	符合
	探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。	设备铅房防护门上设有符合GB18871-2002要求的电离辐射警告标识和中文警示说明。	符合
	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。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。	设备铅房和控制台计划在墙上安装紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，考虑人员处在检测实验室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮应当带有标签，标明使用方法。	符合
	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。	设备铅房设置有机机械排风装置，排风口设置于设备铅房南侧墙面，每小时有效通风换气次数不小于6次。	符合
	探伤室应配置固定式场所辐射探测	设备铅房计划配置固定式	符合

	报警装置。	场所辐射探测报警装置，并在控制台内显示探测数据。	
--	-------	--------------------------	--

由表 10-1 可知，公司设备铅房按相关标准要求进行了设计，辐射防护措施均符合相关规定要求，公司应严格按照设计方案进行建设。

10.2 三废的治理

10.2.1 废水和固废

本项目采用实时成像，不洗片，不涉及废水和固废。

10.2.2 废气

由于本项目使用工业 CT 射线装置开机状态下产生的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物。设备铅房内设置机械抽风，排风口设置在设备铅房屋顶并连管排出室外，排风量可达小时换气 6 次，满足每小时换气 3-4 次的要求。确保室内空气的畅通，室内外空气流通可使系统产生的少量臭氧和氮氧化物浓度迅速降低，因此产生的臭氧和氮氧化物对大气环境影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

工业 CT 设备只有在检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失；建设期间不涉及设备的操作。因此，在建设期这些设备对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

项目采用钢铅结构建设，不涉及土建工程，施工量较小且在厂房内完成，对大气、水、声环境影响较小。建设期该项目不会对工作人员及周围公众产生辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射影响分析

正常使用情况下，由于工业 CT 射线装置只有在检测过程中才会产生辐射，X 射线经透射、漏射和散射，对作业场所及其周边环境产生辐射影响，污染途径为外照射。

该项目的辐射工作人员可能因进行检测操作、实施现场管理及监测等而受到来自工业 CT 设备运行产生的 X 射线的辐射照射，这种照射是在 X 射线可能穿透设备铅房墙体后产生的辐射照射。

公众人员则为在检测期间接近设备铅房周围受到 X 射线可能穿透设备铅房墙体后产生的辐射照射。

11.2.2 辐射影响预测

11.2.2.1 设备铅房周围辐射剂量估算

(1) 参数选取

设备铅房内长、宽、高分别约为 3.4m、2.0m、2.75m。设备铅房北侧为 3mm 钢 + 38mm 铅 + 3mm 钢，西侧（主射方向）为 3mm 钢 + 69mm 铅 + 3mm 钢，东侧和南侧为 3mm 钢 + 35mm 铅 + 3mm 钢，顶棚为 3mm 钢 + 38mm 铅 + 3mm 钢。防护门位于设备铅房北侧，内铺 38mm 厚铅板，外部使用 3mm 钢板包夹（总计为 6mm 钢板），门上标有“禁止入内”警示说明。控制台与设备铅房为隔室操作，控制台位于设备铅房北侧。

本项目使用 1 台工业 CT 设备，管电压为 450kV、300kV，输出电流为 3.3mA、1.6mA，设备双球管为同侧摆放，双球管的出束方向和角度是一致的，因此本次计算选取原则上按理论最大管电压、管电流进行估算评价，即管电压为 450kV、管电流为 3.3mA。

根据表 9 源强分析，450kV 工业 CT 设备在距中心轴上距靶 1m 处的输出量为

$6.534 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，泄漏剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 中 X 射线 90° 散射辐射最高能量对应的 kV 值，根据表中数据，当 $200 < \text{kV} \leq 300 \text{kV}$ 探伤机散射一次时对应的散射辐射为 200kV， $300 < \text{kV} \leq 400 \text{kV}$ 探伤机散射一次时对应的散射辐射为 250kV，推导出 450kV 探伤机散射一次时对应的散射辐射约为 300kV。

450kV 工业 CT 设备铅 TVL 保守按《辐射安全手册》表 6.7 的 500kV 脉冲管电压什值层取值，TVL 铅取 10.3mm；300kV 工业 CT 设备 TVL 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录表 B.2 进行 TVL 铅取 5.7mm。

经建设单位确认，使用工业 CT 设备检测时主射方向朝西，射线管头距离设备铅房西墙 2.4m、距离设备铅房东墙 1.0m、距离设备铅房北墙和南墙 1.0m、距离顶棚 1.45m（距地高度 1.3m）。设备铅房距离创新中心基础表征楼一楼 CT 无损检测实验室的西侧墙面 0.8m，距离南侧墙面 0.9m，距离东侧墙面 3.6m，距离北侧墙面 4.9m，距离北侧的控制台约 1.5m。四周墙体厚度为 0.19m，天花板厚度为 0.1m 混凝土，射线管头距离控制台约 3m。

（2）关注点选取

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）关注点的选取原则，结合本项目设备铅房实际情况，在设备铅房外设置 11 个主要关注点，关注点取距墙体（或防护门）外侧表面距离 0.3m、射线机管头与工件距离最近为 20cm。各关注点分布及相关信息见表 11-1 及图 11-1 和图 11-2。

略

图 11-1 拟建设备铅房平面关注点分布示意图

略

图 11-2 拟建设备铅房剖面关注点分布示意图

- A 点：设备铅房西侧防护墙外表面 30cm 处；
B 点：CT 无损检测实验室西侧墙体外表面 30cm 处；
C 点：设备铅房北侧控制台位置；
D 点：设备铅房北侧防护墙外表面 30cm 处；
E 点：CT 无损检测实验室北侧墙体外表面 30cm 处；
F 点：设备铅房东侧防护墙外表面 30cm 处；
G 点：CT 无损检测实验室东侧墙体外表面 30cm 处；
H 点：设备铅房南侧防护墙外表面 30cm 处；
I 点：CT 无损检测实验室南侧墙体外表面 30cm 处；
J 点：设备铅房顶棚上方 30cm 处；
K 点：CT 无损检测实验室楼板上方 30cm 处。

(3) 屏蔽估算公式

依据 GBZ/T250-2014 确定屏蔽估算公式。

A、主射、漏射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率计算公式：

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

其中：H 为主射线在关注点产生的剂量率，I 为 X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流， H_0 为 X 射线距辐射源点 1m 处输出量（或泄漏量）， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；R 为关注点与工业 CT 检测机源点距离，m；B 为屏蔽透射因子。

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按下式计算：

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

X 为屏蔽材料厚度，mm；TVL 为什值层厚度，mm。

B、散射对关注点的辐射剂量率计算公式：

$$H = \frac{I \times H_0 \times B}{R_1^2} \times \frac{F \times \alpha}{R_2^2} \quad (11-3)$$

式中： H—散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_1 —辐射源点（靶点）至检测工件的距离，0.2m；

R_2 —散射至关注点的距离，m；

F— R_1 处的辐射野面积， m^2 ，本项目取 0.02m^2 （按射线张角 40 度计，距离 0.2m，辐射野面积约为 0.02m^2 ）；

α —散射因子，取值参见 GBZ/T250-2014 的表 B.3，本处散射角散射因子（ α_w ）取 1.9×10^{-3} ，即 $\alpha=0.0475$ 。

（4）估算结果与评价

根据式 11-1、11-2、11-3 以及选取的参数可知，该设备铅房各屏蔽墙体外关注点处辐射剂量率估算值见表 11-1。

表 11-1 各屏蔽墙体外关注点处剂量率估算值

关注点	辐射类型	辐射源点与关注点距离 (m)	设计屏蔽厚度	剂量率理论估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	主射	2.7	69mm 铅	0.179	0.179
B	主射	3.69	69mm 铅	0.096	0.096
C	泄漏	3	38mm 铅	0.114	0.117
	散射	$R_1=0.2$ $R_2=3$		0.004	
D	泄漏	1.3	38mm 铅	0.605	0.625
	散射	$R_1=0.2$ $R_2=1.3$		0.020	
E	泄漏	6.39	38mm 铅	0.025	0.026
	散射	$R_1=0.2$ $R_2=6.39$		0.001	
F	泄漏	1.3	35mm 铅	1.18	1.23
	散射	$R_1=0.2$ $R_2=1.5$		0.050	
G	泄漏	5.09	35mm 铅	0.077	0.081
	散射	$R_1=0.2$ $R_2=5.29$		0.004	
H	泄漏	1.3	35mm 铅	1.18	1.25

	散射	R1=0.2 R2=1.3		0.066	
I	泄漏	2.39	35mm 铅	0.350	0.370
	散射	R1=0.2 R2=2.39		0.020	
J	泄漏	1.75	38mm 铅	0.334	0.345
	散射	R1=0.2 R2=1.75		0.011	
K	泄漏	3.3	38mm 铅	0.094	0.097
	散射	R1=0.2 R2=3.3		0.003	

理论估算结果表明，设计屏蔽条件下，设备铅房四周防护墙体（包括防护门）外表面 30cm 处辐射剂量率最大为 $1.25\mu\text{Sv/h}$ ，小于剂量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。CT 无损检测实验室周围关注点东侧、西侧、北侧和上层区域辐射剂量率最大为 $0.097\mu\text{Sv/h}$ ，小于剂量率参考控制水平 $0.31\mu\text{Sv/h}$ ；CT 无损检测实验室周围关注点南侧区域辐射剂量率最大为 $0.37\mu\text{Sv/h}$ ，小于剂量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 可见，设备铅房墙体、防护门等能满足辐射屏蔽要求，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

11.2.2.2 项目运行对工作人员所致有效剂量估算

1、工作人员受照途径分析

工业 CT 设备的工作人员在日常管理工作中，需要每天在 CT 无损检测实验室控制台操作，会因项目的运行可能受到设备铅房对 X 射线不完全屏蔽的射线照射。

2、剂量估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式估算：

$$E = \dot{H}_T \times t \times 10^{-6} (mSv) \quad (11-4)$$

其中：E 为辐射外照射人均年有效剂量，mSv；t 为一年照射时间，h； $\dot{H}_T$ 为周围辐射剂量当量率，nSv/h；t 为辐射照射时间，小时。

3、辐射工作人员受照剂量估算

建设单位预计项目年出束时间约 800 小时。按设备铅房周围辐射剂量当量率最大预测值（ $1.25\mu\text{Sv/h}$ ）计算，本项目检测工作所致辐射工作人员的年最大附加有效剂量

约为 $800 \times 1.25 \times 10^{-3} = 1 \text{mSv}$ (约 $20 \mu\text{Sv/周}$)，低于本次评价职业照射年剂量管理约束值 (5mSv)。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中相应“管理限值”的要求，同时满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 的要求 ($100 \mu\text{Sv/周}$)。

工业 CT 设备操作时，一般工作人位于控制台操作设备（设备铅房北侧控制台预测结果为 $0.117 \mu\text{Sv/h}$ ，小于设备铅房周围预测最大值），因此，工作人员实际受照剂量应比上述估算值小。

4、公众成员受照剂量估算

CT 无损检测实验室内部公众人员不可达，CT 无损检测实验室南侧室外地面，公众仅偶然通过，不会长时间逗留，居留因子取 $1/8$ 。受影响相对较大的为 CT 无损检测实验室北侧和东侧环境实验室、西侧老化环境实验室和上方实验室工作的其他人员，居留因子取 1。根据表 11-1 的估算结果及公式 11-4 来估算项目运行对周围环境人员受照射剂量，CT 无损检测实验室周围关注点受照射剂量估算结果见表 11-2。

表 11-2 铅房周围关注点受照射剂量估算结果

关注点	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	时间 (h)	居留 因子	年有效 剂量 (mSv/a)	周有效 剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	备注
A 点：设备铅房西侧防护墙外表面 30cm 处	0.179	800	1	0.14	2.9	职业照射
B 点：CT 无损检测实验室西侧墙体外表面 30cm 处	0.096	800	1	0.08	1.5	公众照射
C 点：设备铅房北侧操作台位置	0.117	800	1	0.09	1.9	职业照射
D 点：设备铅房北侧防护墙外表面 30cm 处	0.625	800	1	0.50	10.0	职业照射
E 点：CT 无损检测实验室北侧墙体外表面 30cm 处	0.026	800	1	0.02	0.4	公众照射
F 点：设备铅房东侧防护墙外表面 30cm 处	1.230	800	1	0.98	20	职业照射

G 点: CT 无损检测实验室东侧墙体外表面 30cm 处	0.081	800	1	0.06	1.3	公众照射
H 点: 设备铅房南侧防护墙外表面 30cm 处	1.250	800	1	1.00	20.0	职业照射
I 点: CT 无损检测实验室南侧墙体外表面 30cm 处	0.370	800	1/8	0.04	0.7	公众照射
J 点: 设备铅房顶棚上方 30cm 处	0.345	800	1	0.28	5.5	职业照射
K 点: CT 无损检测实验室楼板上 方 30cm 处	0.097	800	1	0.08	1.6	公众照射

计算忽略了设备铅房的钢板屏蔽和 CT 无损检测实验室的砖墙屏蔽, 此估算结果是偏保守。公众年有效剂量低于公众成员年剂量管理约束值 (0.1mSv), 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求, 同时满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 的要求 ($5\mu\text{Sv/周}$)。

11.2.3 废物对环境的影响

本项目工业 CT 检测机使用过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

设备铅房内因空气电离产生的少量臭氧和氮氧化物将通过动力换气装置排至室外, 在常温常压下, 臭氧和氮氧化物的稳定性较差, 可迅速自行分解为无害物质。因此, 本项目废气对周围环境影响小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故情景

工业 CT 设备的广泛应用, 在给人类带来利益的同时, 也会因为某些人为或技术的因素, 发生危及人类生命和财产的放射性事故。

该单位使用的工业 CT 设备为 II 类射线装置, 该射线装置失控可能造成的事故主要有以下情况:

①安全联锁系统故障或失效, 设备铅房的防护门未关好开机导致射线泄漏, 造成设备铅房防护门外活动人员受到意外照射;

- ②安全联锁系统故障或失效，设备运行中人员闯入受到意外照射；
- ③工作人员或无关人员在设备运行过程中滞留设备铅房，受到意外照射；
- ④人为事故。
- ⑤设备线路老化短路或其他原因造成事故。

11.3.2 事故应急措施

一旦发生以上事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条规定，该建设单位应当立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，以减轻事故危害后果。立即向当地环境保护行政主管部门、公安部门、卫生主管部门报告的同时，事故单位还应进行如下工作：

（1）对事故可能造成的超剂量照射，立即采取应急救援措施。

（2）对可能造成辐射伤害的人员，事故单位应立即将其送至放射性事故应急定点医院，进行检查和治疗。

（3）配合相关管理部门进行调查。禁止任何单位和个人故意破坏事故现场、毁灭证据。

11.3.3 辐射事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，要求建设单位严格执行以下风险预防措施：

（1）定期认真对工业CT检测机的安全和防护措施、设施进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

（2）必须制定检测作业操作规程，建议每次检测至少有2名工作人员同时在场，操作人员按操作规程操作，佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪。

（3）对所有从事辐射工作的人员进行安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为了加强公司环境保护工作领导，规范公司射线装置辐射安全及管理，公司成立了辐射防护管理小组，并配备有相应成员，相关文件见附件 3。

辐射防护管理小组设组长 1 人（主管负责人）、副组长 2 人（检测负责人）、成员 2 人。主要职责：

一、单位法人或其授权的单位主管负责人职责

(一)全面负责的辐射防护与安全工作，执行国家有关法规、标准。

(二)负责制定该项目的辐射防护安全操作规程和相关管理规定，并监督各项安全管理制度的执行。

(三)保障辐射防护与安全工作的条件。

(四)负责检查系统放射工作人员的综合管理。

二、探伤负责人

(一)具体负责检测设备的辐射防护与安全工作。

(二)负责落实行政环保部门提出的管理要求。

(三)负责检查管理规章的执行情况。

(四)负责组织意外事件处置工作，并按规定向环保行政部门报告。

(五)每年对员工至少进行一次辐射防护安全教育。

(六)每年向行政环保部门书面报告本单位年度辐射安全工作情况。

三、辐射防护工作人员

(一)负责定期检测监控区外围的辐射剂量，并记录检测结果。

(二)按照行政环保部门的要求组织辐射工作人员按时到指定医院进行健康检查，并建立健康档案。

(三)组织辐射工作人员接受经行政环保部门认可的个人剂量检测工作，按期收发剂量计，监督个人剂量计的候带情况，建立个人剂量档案。

(四)负责组织辐射工作人员接受行政环保部门的定期辐射防护培训。

(五)现场需要时，负责实时辐射剂量检测工作。

(六)负责辐射剂量仪器的检查与校准工作。

本项目拟配备 2 名辐射工作人员负责检测作业。依据《放射性同位素与射线装

置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。本项目辐射工作人员应参加生态环境主管部门组织的关于辐射安全和防护的培训和考核。

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和防护条例》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部第 18 号令）等文件规范相关要求，为了加强对射线装置安全和防护的管理，促进射线装置的安全应用，保证生产需要，保障工作人员和公众的人体健康，建设单位应制定有一套相对完善的管理制度和操作规程。

公司为了加强应对工业 CT 设备安全和防护的监督管理，促进工业 CT 设备的安全应用，保障辐射工作人员和公众的人体健康，《安全操作规程》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射事故预防措施及应急处理预案》、《辐射防护管理组织与管理小组》、《辐射工作场所监测方案》、《辐射工作人员个人剂量监测管理》、《辐射防护与安全保卫制度》、《辐射设备检修维护制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置使用登记制度》等关于辐射方面的规章制度，以确保建设单位开展辐射工作的安全。

本项目为新建工业 CT 设备使用，规章制度应符合本项目的相关规定及要求，以确保公司开展辐射工作的安全，并按照相关要求，落实“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。

公司制订的相关制度见附件 5。

12.3 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

1、辐射工作人员个人剂量监测

公司将对 2 名辐射工作人员开展个人剂量监测，监测工作要委托具有相应资质的

监测机构承担，常规个人剂量监测的周期应综合考虑工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素，常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。公司需配合委托单位及时收发个人剂量片。个人剂量监测档案包括放射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。加强对放射性工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。公司还应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终生保存个人剂量监测档案，以备辐射工作人员查看和管理部门检查。辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；项目运行后公司还应当组织放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

2、辐射环境监测

(1) 单位自检

建设单位拟配备一台辐射剂量检测仪对工作场所进行定期监测（一般每月一次），并建立档案。每次检测结束后，应检测设备铅房的入口，以确保工业 CT 设备已经停止工作。

(2) 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）的相关规定，使用射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。将按照辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对公司的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报生态环境主管部门。

1) 监测范围：通过对设备铅房和 CT 无损检测实验室巡测，发现的辐射水平异常高的位置；设备铅房门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右、上、下侧 5 个点和门缝四周、设备管线孔位置；设备铅房和 CT 无损检测实验室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处；周围 50m 范围内人员活动位置处；

2) 监测项目：X、 γ 辐射剂量率；

- 3) 监测频次：每年至少 1 次；
- 4) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

3、竣工环保验收

公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环保部公告 2018 年第 9 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。

12.4 辐射事故应急

为加强对辐射装置安全管理，确保工业 CT 设备的安全应用，保障公众健康，保护环境，建设单位制定的辐射事故应急救援预案，该预案应具备对射线装置辐射事故的应急处理能力，具有可操作性，以便在发生事故时尽可能缩短工作人员和公众受辐射的时间，使事故危害降到最低。预案包括内容：应急机构和职员分工、辐射事故分级、辐射事故报告、辐射事故应急处理、应急预案适用范围、应急组织机构、应急救援预案的实施程序及终止程序、应急装备、物资准备、应急人员的组织培训等。

在应急组织机构中明确事故时各成员的姓名和联系电话以及生态环境、卫生、公安等管理机构中事故报告部门的联系电话，并了解清楚当地生态环境主管部门的相关要求和联系方式，纳入应急预案。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，上报当地生态环境主管部门及自治区生态环境厅，同时上报公安部门，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。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

公司制订了《辐射事故预防措施及应急处理预案》，组长 1 人，副组长 1 人，成员共 4 人，详见附件 4。

《辐射事故预防措施及应急处理预案》包括以下内容

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）事故的报告；

(3) 事故应急处置程序

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

建设单位编制的《辐射事故预防措施及应急处理预案》符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求。

建议公司加强对应急预案涉及各岗位人员进行专业知识培训，并定期进行辐射事故应急演练，对演练效果进行评估，提交演练报告，重点说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，及时整改。不断修订完善应急预案内容，使预案更具可操作性。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

本项目通过工作场所布局、分区；辐射防护设计；安全联锁装置、急停按钮、安全警示标志、警示系统等辐射防护措施进行辐射安全防护，能够满足辐射防护需求。

13.1.2 环境影响分析结论

1、辐射环境影响现状评价

项目设备铅房场址周围环境辐射本底水平未见异常。

2、辐射环境影响分析与预测

(1) 建设期环境影响分析

本工程建设期对周围环境影响较小。

(2) 运行期环境影响分析

① 工业 CT 设备工作时，各关注点剂量率均能满足“设备铅房周围关注点的周围剂量当量率参考控制水平为不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，CT 无损检测实验室周围关注点（东侧、西侧、北侧和上方区域）的周围剂量当量率参考控制水平为不大于 $0.31\mu\text{Sv/h}$ ，CT 无损检测实验室周围关注点（南侧区域）的周围剂量当量率参考控制水平为不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求；

② 工作人员受到的年附加有效受照剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对工作人员要求的剂量限值 20mSv/a 和剂量约束值 5mSv/a 的要求。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“管理限值”的要求，同时满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求（ $100\mu\text{Sv/周}$ ）。

③ 公众人员受到的附加年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值 1mSv/a 和剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，同时满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求（ $5\mu\text{Sv/周}$ ）。

13.1.3 可行性分析结论

1、产业政策符合性

该项目配置的工业 CT 设备主要用于无损检测，保障安装质量，属于《产业结构

调整指导目录(2024年本)》“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第6条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”,符合国家产业政策。

2、实践的正当性分析

中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司使用工业CT设备和建设设备铅房,开展工业CT设备无损检测工作,目的是为了提高检测质量的要求。采用工业探伤无损手段对设备焊接质量进行控制,在不损伤材料或装置的情况下,对其内部结构及质量进行监督,保证了制造设备的质量。项目具有先进性和不可取代性,能在很大程度上改善工作条件和减轻检测人员的劳动强度,在工业无损探伤方面有其他技术无法替代的特点,使企业加快了工程建设的进度,降低了成本,在保障探伤质量的同时也为公司创造了更大的经济效益。符合辐射防护“实践的正当性”原则。项目建设的目的是正当可行的,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

综上所述,中国化工集团曙光橡胶工业研究设计院有限公司基础研发建设项目,在落实本评价报告所提出的各项辐射防护措施及污染防治措施后,项目的运行对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求,从辐射环境保护角度论证,该项目的建设是可行的。

13.2 建议及承诺

根据项目情况本评价提出以下建议:

- 1、按照辐射安全许可证的许可内容从事辐射工作。
- 2、根据工作实际,不断完善辐射安全管理体系,加强辐射安全教育培训,提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性,杜绝放射性事故的发生。
- 3、做好辐射防护工作档案,对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存,严格执行辐射监测计划,发现问题及时整改。
- 4、做好职业工作人员的个人剂量监测和健康管理;做好辐射工作人员培训和再培训。按照辐射事故应急预案和报告制度的要求,定期进行熟练演习。
- 5、落实辐射防护设施定期检查制度,如检查曝光室工作警示灯、辐射警示标记等等。

6、配备辐射监测仪器，加强对曝光室周围环境，特别是工件出入门外区域环境，进行辐射监测，根据监测结果适当调整监督区边界。

为保护环境，保障人员健康，建设单位承诺：

1、按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。

2、接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题。

3、完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。

4、按要求开展竣工环保验收。

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