

2025-F-118

核技术利用建设项目

中策橡胶（金坛）有限公司
扩建 5 台 II 类射线装置项目

环境影响报告表



生态环境部监制

核技术利用建设项目

中策橡胶（金坛）有限公司

扩建 5 台II类射线装置项目

环境影响报告表

建设单位名称：中策橡胶（金坛）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：常州市金坛区金湖北路 366 号

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	5
表 3 非密封放射性物质	5
表 4 射线装置	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6 评价依据	8
表 7 保护目标与评价标准	11
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	34
表 11 环境影响分析	41
表 12 辐射安全管理	63
表 13 结论与建议	67
表 14 审批	74

表1 项目基本情况

建设项目名称	中策橡胶（金坛）有限公司扩建5台II类射线装置项目							
建设单位	中策橡胶（金坛）有限公司							
法人代表	沈金荣	联系人		联系电话				
注册地址	常州市金坛区金湖北路366号							
项目建设地点	常州市金坛区金湖北路366号半钢子午胎车间（一）							
立项审批部门	/		批准文号	/				
建设项目总投资（万元）	1550	项目环保投资（万元）	320	投资比例（环保投资/总投资）	20.6%			
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/				
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用放射性物质					
		<input type="checkbox"/> 销售	/					
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙					
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类					
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类					
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类					
	其他	/						

项目概述

1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

中策橡胶（金坛）有限公司成立于2012年06月14日，注册地位于常州市金坛区金湖北路366号。公司经营范围包括轮胎、车胎、炭黑的制造、销售；自营和代理各类商品及技术的进出口业务（国家禁止的除外）。

中策橡胶（金坛）有限公司计划年产高性能子午线轮胎2500万条，产品包括高端旗舰系列、高端新能源专用轮胎EV PRO，以及自修复轮胎和静音棉轮胎等产品，公司《高性能绿色5G数字化新能源汽车子午线轮胎及配套生产基地项目》环境影响报告书于2025年2月取得常州市生态环境局批复（见附件4）。

1.2 项目建设规模及任务由来

由于生产检测需要，中策橡胶（金坛）有限公司拟在半钢子午胎车间（一）西部新建1台EB500型电子加速器辐照装置，用于轮胎内衬层橡胶材料的辐照改性。

公司拟在半钢子午胎车间（一）东部新建3台X射线轮胎检测系统，在半钢子午胎车间（一）东北部新建1台X射线轮胎检测系统用于对公司生产的轮胎进行无损检测。检测轮胎外径约为700mm~1270mm，断面宽度约为135mm~450mm。本项目4台X射线轮胎检测系统型号均为XTI-1525型，最大管电压为100kV，最大管电流为6mA，额定功率为480W。本项目4台X射线轮胎检测系统工作时主射线均朝南侧、北侧、顶部和底部照射，操作台均位于装置西南侧。

本项目电子加速器辐照装置和4台X射线轮胎检测系统均为自动上下料，公司拟为本项目配备15名辐射工作人员专职负责本项目工作，其中电子加速器辐照装置拟配备3名辐射工作人员，实行三班制，每班各配备1名辐射工作人员，每班工作8小时，年工作300天，每名辐射工作人员年开机曝光时间约为2400h，电子加速器辐照装置年开机曝光总时间为7200h；4台X射线轮胎检测系统共拟配备12名辐射工作人员，每台X射线轮胎检测系统配备3名辐射工作人员，实行三班制，每台X射线检验机每班工作8小时，年工作300天，每台X射线检验机每天开机曝光时间约为4h，周开机曝光时间约为24小时，年开机曝光时间约为1200小时。本项目辐射工作人员不兼职公司其他核技术利用项目。

本项目核技术应用项目基本情况见下表1-1：

表1-1 本项目核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称	数量	能量 (MeV) / 管电压 (kV)	束流 (mA) /管电流 (mA)	功率	射线 装置 类别	工作场所 名称	备注
1	EB500型电子加速器辐照装置	1台	0.5MeV	100mA	50kW	II	半钢子午胎车间（一）西部	主射束朝下
2	XTI-1525型X射线轮胎检测系统（1~3号）	3台	100kV	6mA	480W	II	半钢子午胎车间（一）东部	主射线均朝南侧、北侧、顶部和底部照射
3	XTI-1525型X射线轮胎检测系统（4号）	1台	100kV	6mA	480W	II	半钢子午胎车间（一）东北部	主射线朝南侧、北侧、顶部和底部照射

本项目使用的 XTI-1525 型 X 射线轮胎检测系统维修门打开时，人员可进入装置内部，按照《射线装置分类》和环境保护部部长信箱中关于《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》，本项目 XTI-1525 型 X 射线轮胎检测系统归于其它工业用 X 射线探伤装置，属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《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》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目使用 II 类射线装置，应当编制环境影响评价报告表。受中策橡胶（金坛）有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

中策橡胶（金坛）有限公司位于常州市金坛区金湖北路 366 号，本项目地理位置见附图 1。公司东侧为金湖路及空地，南侧为港东路，西侧为戴庄路及丹金溧漕河，北侧为柘荡河，公司厂区平面布局及周围环境图见附图 2。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建于半钢子午胎车间（一）西部，半钢子午胎车间（一）为 1 层建筑。自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址东侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、生产线及通道，南侧为通道、胎侧产线及胎面产线，西侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、通道、厂内道路及炼胶车间，北侧为通道、生产线、带束库区域、钢丝带束台车立体库区域及赛象钢丝截断区，正上方、正下方无建筑，半钢子午胎车间（一）西部局部平面布局图见附图 3。

本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统拟建于半钢子午胎车间（一），其中 3 台 X 射线轮胎检测系统（1~3 号）拟建于半钢子午胎车间（一）东部（从北到南依次为 1 号 X 射线轮胎检测系统、2 号 X 射线轮胎检测系统、3 号 X 射线轮胎检测系统），1 台 X 射线轮胎检测系统（4 号）拟建于半钢子午胎车间（一）东北部。1~3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、合格线、分拣环线、轮胎码垛区、人工码垛区及厂内道路，南侧为通道、修补区、气泡机、X 射线轮胎检验机、消防车通道、保养间及餐厅，西侧为输送线、消防车通道、分拣环线及胶囊制备区，北侧为通道及生产线，正上方、正下方无建筑。4 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、通道、厂内道路及装卸区，南侧为通道、测试

区、合格线及轮胎码垛区，西侧为通道、机检环线、机检分流口、测试区、消防车通道及小轻卡分流循环线，北侧为厂内道路、模具库及钢帘库及停车位，正上方、正下方无建筑，半钢子午胎车间（一）东部局部平面布局图见附图 4。

本项目拟新增的 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置距已审批的自屏蔽电子加速器辐照装置最近距离约 112m，本项目 1 号 X 射线轮胎检测系统距 2 号 X 射线轮胎检测系统约 7.5m，2 号 X 射线轮胎检测系统距 3 号 X 射线轮胎检测系统约 4.4m，4 号 X 射线轮胎检测系统距 1 号 X 射线轮胎检测系统约 91m，4 台 X 射线轮胎检测系统距已审批的轮胎 X 射线检验机最近距离约 44m。本项目 1~3 号 X 射线轮胎检测系统的评价范围存在部分叠加情况，且与已审批的轮胎 X 射线检验机的评价范围存在部分重叠情况，各射线装置之间距离详见附图 2。

根据本项目特点，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，确定以本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址边界周围 50m 的范围作为评价范围。根据现场调查分析及附图 2 可知，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址边界外 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员、电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址周围评价范围内的公众人员。

3 原有核技术利用项目许可情况

中策橡胶（金坛）有限公司已于 2025 年 7 月 25 日取得常州市生态环境局审批的《中策橡胶（金坛）有限公司新建 2 台Ⅱ射线装置项目环境影响报告表》环评批复（常环核审〔2025〕52 号）（详见附件 4），内容为使用 1 台电子加速器辐照装置和 1 台轮胎 X 射线检验机，公司目前正在准备申领辐射安全许可证。

4 实践正当性

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《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

(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	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器 辐照装置	II	1 台	EB500 型	电子	0.5MeV	100mA	辐照改性	半钢子午胎 车间 (一) 西部	主射束朝 下，功率 50kW
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X射线轮胎检测 系统 (1~3号)	II	3 台	XTI-1525 型	100	6	无损检测	半钢子午胎车间 (一) 东部	主射线均朝南侧、北 侧、顶部和底部照 射，额定功率为 480W
2	X射线轮胎检测 系统 (4号)	II	1 台	XTI-1525 型	100	6	无损检测	半钢子午胎车间 (一) 东北部	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	/	/	不暂存	电子加速器辐照装置臭氧及氮氧化物通过排风系统排至车间外，X射线轮胎检测系统臭氧及氮氧化物，通过通风口排放到铅房外，最终通过车间通风系统排入外环境，臭氧常温下约50min即可自行分解成氧气，对环境影响较小
生活污水	液态	/	/	约 15t	约 180t	/	无暂存	排入城市污水管网
生活垃圾	固态	/	/	约 187.5kg	约 2250kg	/	无暂存	交由垃圾处理站处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

法规文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订版),国家主席令第9号公布,2015年1月1日施行</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年修正版),2018年12月29日中华人民共和国主席令第24号修正</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》,国家主席令第6号公布,2003年10月1日起施行</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(2017年修订版),国务院令第682号,2017年10月1日发布施行</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修订版),国务院令第709号第二次修订,2019年3月2日发布</p> <p>(6)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》,生态环境部令第16号,2021年1月1日起施行</p> <p>(7)《关于发布射线装置分类的公告》,环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号,2017年12月5日</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年修正版),2021年1月4日中华人民共和国生态环境部令第20号修正</p> <p>(9)《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,2011年5月1日起施行</p> <p>(10)《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》国家环保总局,环发〔2006〕145号,2006年9月26日</p> <p>(11)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》,生态环境部令第9号,2019年11月1日起施行</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》,生态环境部公告2019年第57号,2019年12月23日</p> <p>(13)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》,生态环境部公告2019年第39号,2019年10月21日</p> <p>(14)《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》,生态环境部公告2019年第38号,2019年11月1日起施行</p> <p>(15)《江苏省辐射污染防治条例》(2018年修正版),2018年3月28日江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议修正</p>
------	--

	<p>(16)《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》, 苏政发〔2018〕74号, 2018年6月9日</p> <p>(17)《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》, 苏政发〔2020〕1号, 2020年1月8日</p> <p>(18)《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》, 苏政发〔2020〕49号, 2020年6月21日</p> <p>(19)《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》, 苏环办〔2021〕187号, 2021年5月28日</p> <p>(20)《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理办法的通知》, 苏政办发〔2021〕3号, 2021年2月1日起施行</p> <p>(21)《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》, 苏自然资函〔2023〕880号, 自2023年10月10日起施行</p> <p>(22)《江苏省自然资源厅关于常州市金坛区2023年度生态空间管控区域调整方案的复函》, 苏自然资函〔2023〕209号, 2023年4月4日</p>
技术标准	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)</p> <p>(2)《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)</p> <p>(3)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(4)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)</p> <p>(5)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)</p> <p>(6)《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985)</p> <p>(7)《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)</p> <p>(8)《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)（根据原国家卫生计生委国卫通〔2016〕24号公告, 该标准于2016年12月28日转为推荐性标准）</p> <p>(9)参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)</p> <p>(10)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(11)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)</p> <p>(12)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及修改单</p> <p>(13)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)</p>

	<p>报告附件：</p> <p>(1) 项目委托书（附件 1）</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书（附件 2）</p> <p>(3) 屏蔽设计参数说明（附件 3）</p> <p>(4) 环境影响报告书及环境影响报告表批复（附件 4）</p> <p>(5) 本项目辐射环境现状检测报告（附件 5）</p> <p>(6) 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置参数承诺书（附件 6）</p> <p>(7) 电子加速器生产单位辐射安全许可证正副本（附件 7）</p>
其他	

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

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》(HJ 10.1-2016)中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定以本项目自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽室及 X 射线轮胎检测系统铅房边界周围 50m 的范围作为本项目的评价范围，评价范围示意图见附图 2。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》(苏政发〔2018〕74号)及《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》(苏政发〔2020〕1号)本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022)，本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目利用自屏蔽电子加速器辐照装置进行辐照改性，利用 X 射线轮胎检测系统进行无损检测，占用资源少，不会降低项目周边的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目环境保护目标主要为辐射工作人员、电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址周围评价范围内的公众人员。本项目自屏蔽电子加速器辐照装置和 X 射线轮胎检测系统周围 50m 评价范围没有重叠范围，50m 评价范围内保护目标情况见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

项目	保护目标名称	保护目标位置	方位	最近距离	规模	环境保护要求
自屏蔽电子加速器辐照装置	辐射工作人员	操作位	四周	紧邻	3 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
	公众	传送带	东侧	约 1m	流动人员	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
		液压站及润滑站		约 4m	流动人员	
		液压站及润滑站机头区		约 14m	约 2 人	

		生产线		约 25m	约 4 人	
		通道		约 47m	流动人员	
		通道	南侧	约 1m	流动人员	
		胎侧产线		约 10m	约 13 人	
		胎面产线		约 32m	约 8 人	
		传送带	西侧	约 1m	流动人员	
		液压站及润滑站		约 4m	流动人员	
		液压站及润滑站机头区		约 9m	约 2 人	
		通道、厂内道路		约 19m	流动人员	
		炼胶车间	北侧	约 39m	约 25 人	
		通道		约 1m	流动人员	
		生产线		约 7m	约 6 人	
		带束库区域、钢丝带束台车立体库区域及赛象钢丝截断区		约 14m	约 15 人	
1~3 号 X 射线轮胎检测系统	辐射工作人员	操作位	西南侧	紧邻	9 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
	公众	智能激光器、对中机构	东侧	约 2m	约 2 人	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
		合格线、分拣环线		约 9m	约 8 人	
		轮胎码垛区、人工码垛区		约 18m	约 10 人	
		厂内道路		约 44m	流动人员	
		通道	南侧	约 1m	流动人员	
		修补区		约 12m	约 5 人	
		气泡机、X 射线轮胎检验机		约 31m	约 4 人	
		消防车通道		约 38m	流动人员	
		保养间、餐厅		约 37m	约 10 人	
		输送线、消防车通道	西侧	约 2m	流动人员	
		分拣环线		约 14m	约 14 人	
		胶囊制备区		约 46m	约 8 人	
		通道	北侧	约 1m	流动人员	
		生产线		约 10m	约 10 人	
4 号 X 射线轮胎检测系统	辐射工作人员	操作位	西南侧	紧邻	3 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
	公众	智能激光器、对中机构	东侧	约 2m	约 2 人	公众人员年剂量约束值

		通道、厂内道路		约 16m	流动人员	0.1mSv/a
		装卸区		约 36m	约 10 人	
		通道	南侧	紧邻	流动人员	
		测试区		约 5m	约 3 人	
		合格线、轮胎码垛区		约 17m	约 10 人	
		通道	西侧	约 2m	流动人员	
		机检环线、机检分流口		约 11m	流动人员	
		测试区		约 37m	约 2 人	
		消防车通道、小轻卡分流循环线		约 31m	流动人员	
		厂内道路、停车位	北侧	约 1m	流动人员	
		模具库及钢帘库		约 15m	约 18 人	

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

/	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中 11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv~0.3 mSv) 的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

(1) 辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中职业人员年剂量限值的 1/4，即职业人员年剂量约束值不大于 **5mSv/a**；

(2) 公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中公众照射剂量限值的 10%，即公众年剂量约束值不大于 **0.1mSv/a**。

3 辐射剂量率控制水平

3.1 根据《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)

5.1.3 I、III类 γ 射线和I类电子束辐照装置外部的辐射水平检测

沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率，应特别注意装源口、样品入口等可能的薄弱部位的测量。测量结果一般应不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

确定本项目电子加速器辐照装置关注点剂量率参考控制水平：

本项目装置表面外5cm处空气比释动能率应不大于 **$2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$** （本项目装置为《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)中的I类电子束辐照装置）。

3.2 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

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顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤铅房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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

确定本项目X射线轮胎检测系统关注点剂量率参考控制水平：

(1) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 **$100\mu\text{Sv}/\text{周}$** ，对公众场所，其值应不大于 **$5\mu\text{Sv}/\text{周}$** 。

(2) X射线轮胎检测系统屏蔽体外30cm处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 **$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$** 。

(3) X射线轮胎检测系统顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于 **$100\mu\text{Sv}/\text{h}$** （本项目X射线轮胎检测系统顶部人员不可达）。

4 辐射环境现状评价参考值

参考《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(辐射防护 第13卷第2期，1993年3月)，江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平 (单位: nGy/h)

/	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

注: [1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时, 参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

中策橡胶（金坛）有限公司位于常州市金坛区金湖北路 366 号，本项目地理位置见附图 1。公司东侧为金湖路及空地，南侧为港东路，西侧为戴庄路及丹金溧漕河，北侧为柘荡河，公司厂区平面布局及周围环境图见附图 2。

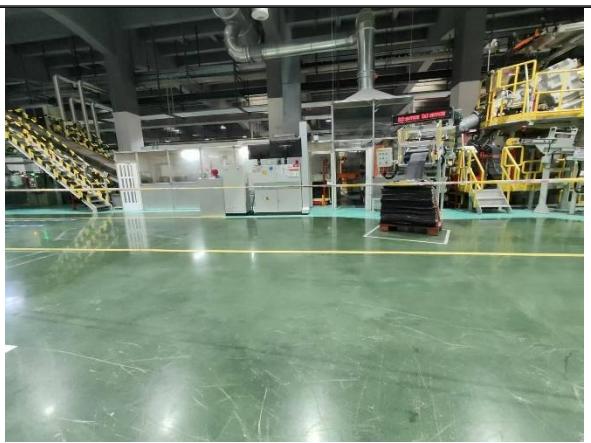
本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建于半钢子午胎车间（一）西部，半钢子午胎车间（一）为 1 层建筑。自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址东侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、生产线及通道，南侧为通道、胎侧产线及胎面产线，西侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、通道、厂内道路及炼胶车间，北侧为通道、生产线、带束库区域、钢丝带束台车立体库区域及赛象钢丝截断区，正上方、正下方无建筑，半钢子午胎车间（一）西部局部平面布局图见附图 3。

本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统拟建于半钢子午胎车间（一），其中 3 台 X 射线轮胎检测系统（1~3 号）拟建于半钢子午胎车间（一）东部（从北到南依次为 1 号 X 射线轮胎检测系统、2 号 X 射线轮胎检测系统、3 号 X 射线轮胎检测系统），1 台 X 射线轮胎检测系统（4 号）拟建于半钢子午胎车间（一）东北部。1~3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、合格线、分拣环线、轮胎码垛区、人工码垛区及厂内道路，南侧为通道、修补区、气泡机、X 射线轮胎检验机、消防车通道、保养间及餐厅，西侧为输送线、消防车通道、分拣环线及胶囊制备区，北侧为通道及生产线，正上方、正下方无建筑。4 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、通道、厂内道路及装卸区，南侧为通道、测试区、合格线及轮胎码垛区，西侧为通道、机检环线、机检分流口、测试区、消防车通道及小轻卡分流循环线，北侧为厂内道路、模具库及钢帘库及停车位，正上方、正下方无建筑，半钢子午胎车间（一）东部局部平面布局图见附图 4。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址边界外 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员、电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统周围评价范围内的公众人员。本项目拟建址及周围环境现状见图 8-1。



本项目电子加速器辐照装置拟建址东侧（液压站及润滑站）



本项目电子加速器辐照装置拟建址南侧（通道）



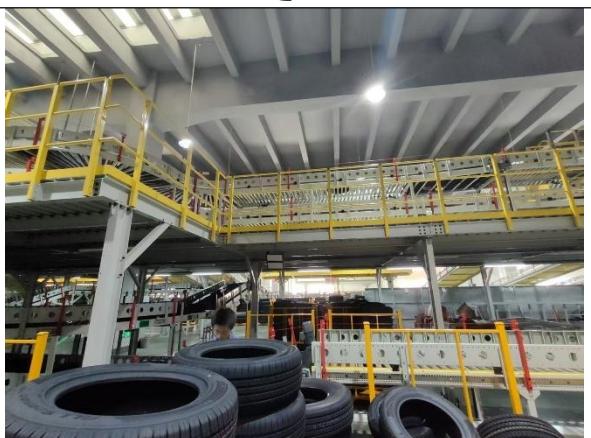
本项目电子加速器辐照装置拟建址西侧（液压站及润滑站）



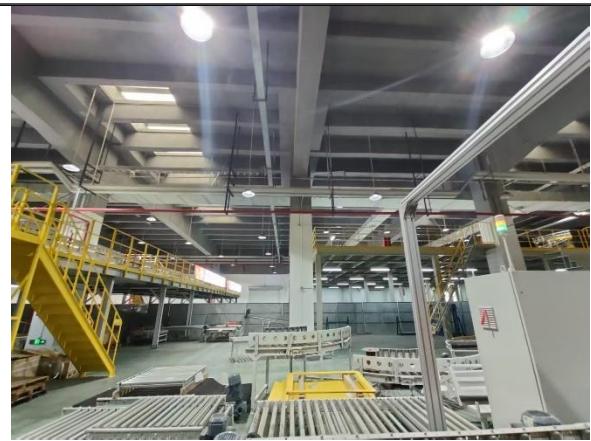
本项目电子加速器辐照装置拟建址北侧（通道）



本项目电子加速器辐照装置拟建址处



本项目 1-3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧（智能激光器）



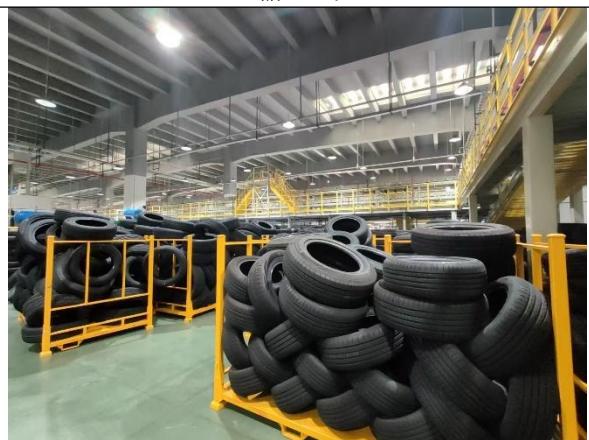
本项目 1-3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址南侧
(通道)



本项目 1-3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址西侧
(输送线)



本项目 1-3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址北侧
(通道)



本项目 1-3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址处



本项目 4 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧
(智能激光器)



本项目 4 号 X 射线轮胎检测系统拟建址南侧
(通道)



图 8-1 本项目拟建址及周围环境现状图

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价对象：本项目自屏蔽电子加速器辐照装置、X 射线轮胎检测系统拟建址及周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：自屏蔽电子加速器辐照装置、X 射线轮胎检测系统拟建址周围布置监测点位，共计 25 个监测点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：在本项目自屏蔽电子加速器辐照装置、X 射线轮胎检测系统拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2~图 8-4

监测仪器：X、 γ 辐射空气比释动能率仪（型号 BG9512PG03）（设备编号：J2825，检定有效期：2025 年 08 月 13 日-2026 年 08 月 12 日，检测范围：10nGy/h~200 μ Gy/h，

能量响应范围: 25keV~3MeV)

监测时间: 2025 年 10 月 11 日

环境条件: 天气: 晴 温度: 25.0°C 湿度: 61.7%RH

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

数据记录及处理: 每个点位读取 10 个数据, 读取间隔不小于 10s, 并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

3.2 质量保证措施

监测单位: 江苏玖清玖蓝环保科技有限公司, 公司已通过资质认定

监测布点质量保证: 根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 有关布点原则进行布点

监测过程质量控制质量保证: 本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 的要求, 实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证: 监测人员均经过考核并持有检测上岗证, 所有监测仪器均经过计量部门检定, 并在有效期内, 监测仪器使用前经过检定, 监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法: 对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价, 监测结果见表 8-1, 详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目拟建址及周围环境辐射水平检测结果

测点编号	测点位置描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	1 号 X 射线轮胎检测系统拟建址处	74.9	平房
2	1 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧	74.1	平房
3	1 号 X 射线轮胎检测系统拟建址南侧	76.2	平房
4	1 号 X 射线轮胎检测系统拟建址西侧	73.4	平房
5	1 号 X 射线轮胎检测系统拟建址北侧	71.2	平房
6	2 号 X 射线轮胎检测系统拟建址处	75.2	平房
7	2 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧	76.0	平房
8	2 号 X 射线轮胎检测系统拟建址南侧	70.5	平房
9	2 号 X 射线轮胎检测系统拟建址西侧	69.6	平房
10	2 号 X 射线轮胎检测系统拟建址北侧	71.4	平房
11	3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址处	69.8	平房
12	3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧	69.6	平房
13	3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址南侧	73.4	平房
14	3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址西侧	71.6	平房

15	3号X射线轮胎检测系统拟建址北侧	72.5	平房
16	4号X射线轮胎检测系统拟建址处	73.0	平房
17	4号X射线轮胎检测系统拟建址东侧	75.2	平房
18	4号X射线轮胎检测系统拟建址南侧	69.0	平房
19	4号X射线轮胎检测系统拟建址西侧	73.2	平房
20	4号X射线轮胎检测系统拟建址北侧	71.8	平房
21	电子加速器辐照装置拟建址处	70.0	平房
22	电子加速器辐照装置拟建址东侧	74.7	平房
23	电子加速器辐照装置拟建址南侧	74.1	平房
24	电子加速器辐照装置拟建址西侧	76.4	平房
25	电子加速器辐照装置拟建址北侧	77.8	平房

注：上表数据已扣仪器零漂值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子平房取 0.9。

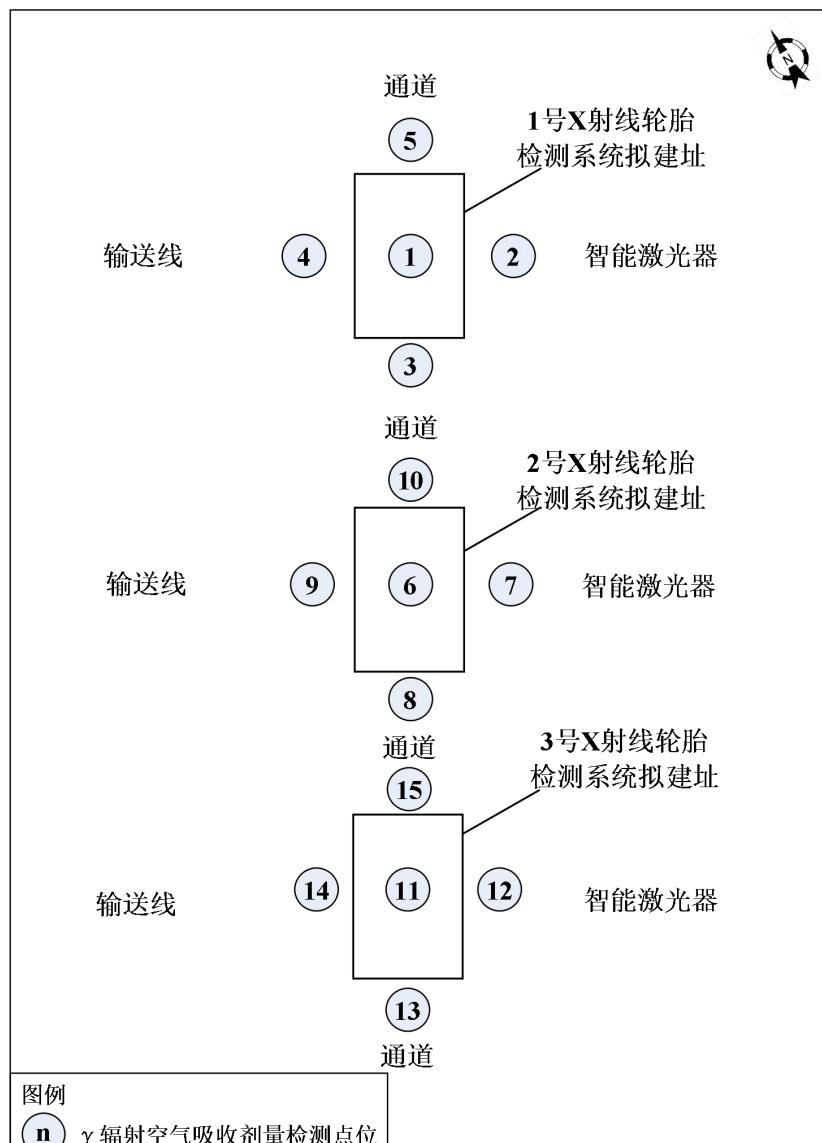


图 8-2 本项目拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图 1

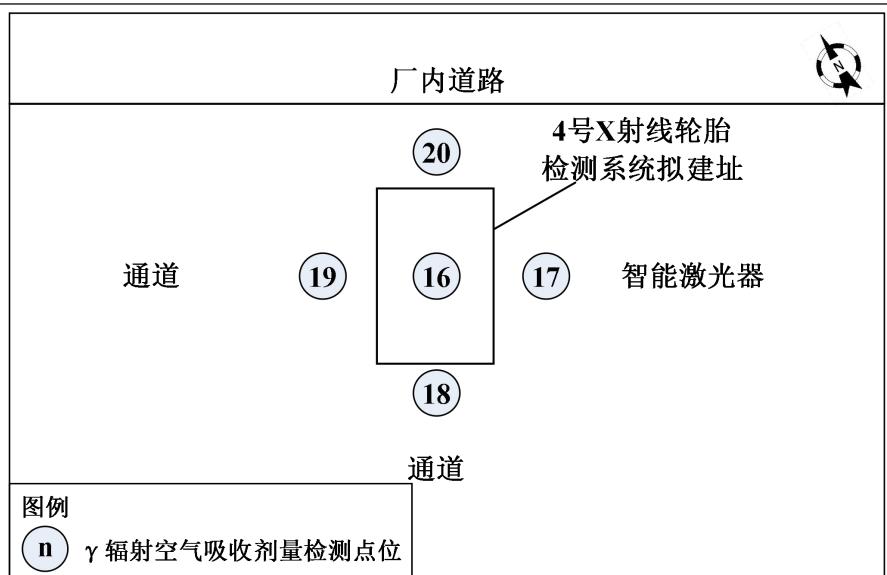


图 8-3 本项目拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图 2

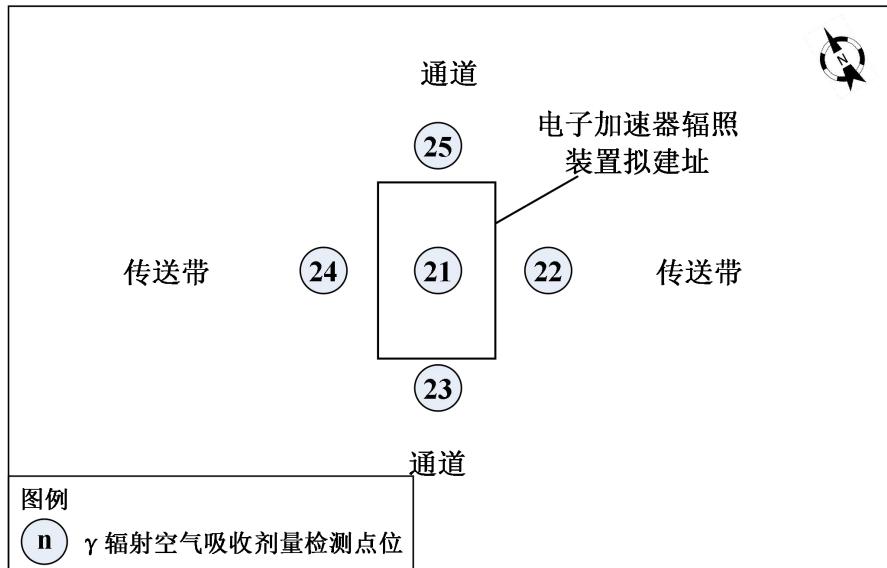


图 8-4 本项目拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图 3

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（69.0~77.8）nGy/h，根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址周围 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内测值范围内，属于正常辐射水平。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

公司因生产检测需要，拟在半钢子午胎车间（一）西部新建1台EB500型电子加速器辐照装置，用于轮胎内衬层橡胶材料的辐照改性。自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址东侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、生产线及通道，南侧为通道、胎侧产线及胎面产线，西侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、通道、厂内道路及炼胶车间，北侧为通道、生产线、带束库区域、钢丝带束台车立体库区域及赛象钢丝截断区，正上方、正下方无建筑。拟在半钢子午胎车间（一）东部新建3台X射线轮胎检测系统，在半钢子午胎车间（一）东北部新建1台X射线轮胎检测系统用于对公司生产的轮胎进行无损检测。1~3号X射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、合格线、分拣环线、轮胎码垛区、人工码垛区及厂内道路，南侧为通道、修补区、气泡机、X射线轮胎检验机、消防车通道、保养间及餐厅，西侧为输送线、消防车通道、分拣环线及胶囊制备区，北侧为通道及生产线，正上方、正下方无建筑。4号X射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、通道、厂内道路及装卸区，南侧为通道、测试区、合格线及轮胎码垛区，西侧为通道、机检环线、机检分流口、测试区、消防车通道及小轻卡分流循环线，北侧为厂内道路、模具库及钢帘库及停车位，正上方、正下方无建筑。

1.1 电子加速器辐照装置

本项目EB500型电子加速器辐照装置最大能量为0.5MeV，最大束流强度为100mA，其技术参数一览表见表9-1。本项目EB500型电子加速器为自屏蔽电子加速器辐照装置，装置为二层结构，其中一层为加速器主屏蔽室（辐照室）内含扫描盒、束下生产线及液压站等；二层为设备平台，包括加速器钢筒、高压电源钢筒、传输管道及进排风机等。公司拟使用的电子加速器辐照装结构示意图见图9-1、图9-2。加速器控制柜拟设于加速器的南侧。整个辐照工艺流程流水线为自动运行，工作人员在加速器控制柜前设置、监控加速器各项指标运行参数。

图 9-1 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置结构示意图 1

图 9-2 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置结构示意图 2

表 9-1 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置技术参数一览表

设备厂商	江苏久瑞高能电子有限公司
产品型号	
最大电子束能量 (MeV)	
最大电子束流强度 (mA)	
扫描宽度 (m)	
工作方式	

主射束方向

本项目电子加速器辐照装置包括电子束产生及加速系统、控制系统、射线屏蔽装置、物料传输装置、高压电源系统、辅助系统等。

(1) 电子束产生及加速系统包括电子枪、加速管、真空系统和扫描系统。

电子枪：主要由六硼化镧和钨丝组成，作用是产生电子束。

加速管：由陶瓷和金属焊接成，作用是产生电子束加速的高压电场。

真空系统：主要由真空密封器件（扫描盒、真空管道等）和真空产生器件（机械泵、分子泵等）组成，作用是形成电子束运行所需真空环境。

扫描系统：主要由聚焦系统和扫描系统组成，作用是引导并约束电子束。

(2) 控制系统包括高压控制系统、束流控制系统、真空控制系统、安全联锁系统、人机界面和扫描偏转系统。

高压控制系统：通过 PLC 的控制信号控制调压器输出电压，可以使直流高压电源输出高压与触摸屏操作画面设定的电压相同。高压是通过测量系统设在直流高压装置内部的分压电阻中的电流计算出来的，在 PLC 内比较实测值和设定值，通过输出控制，保证两者差值在稳定的范围来控制。

束流控制系统：通过 PLC 的控制信号对束流控制系统的控制，通过对电子枪色丝电压的控制，并可以使电子枪色丝输出电流值和设置值相同。

真空控制系统：主要用于维持加速管和扫描盒内的高真空状态，控制系统设有监测真空气度的传感器。在扫描漂移管的一侧设置有用于加速器正常工作时，维持真空的机械泵、分子泵、闸板阀和真空规管等。

安全联锁系统：主要包括屏蔽室的防护门联锁、紧急按钮、剂量监测联锁、钥匙联锁、束下装置联锁和故障报警指示。

人机界面：人机界面是触摸屏面板，除了实现人机交互作用外，还用来存储数据资料。操作人员可以通过对触摸屏的操作来控制加速器设备和显示设备的运行参数、状态等。

扫描偏转系统：扫描线圈由沿着照射范围进行电子束扫描的“X 扫描线圈”，与其呈直角方向扫描，并将通过钛箔的电子束进行分散的“Y 扫描线圈”组成。扫描偏转电源由控制柜内的扫描控制电源机箱和扫描控制器提供，分别产生 X 方向扫描的电流波形和 Y 方向扫描的波形。

(3) 射线屏蔽装置包括主体屏蔽、加速钢筒屏蔽及其他挡板等，作用是屏蔽吸收设备运行时产生的有害射线、降低噪音等。

(4) 物料传输装置包括束下辊筒和链网，材质为铁，作用是尽量减少物料形变尺寸情况下进行辐照。

(5) 高压电源系统包括高压电源、绝缘气体及管道，高压传输装置。

高压电源由高压发生装置和电子枪电源装置组成，作用是产生电子束加速所需高压及电子枪产生电子束所需功率。

绝缘气体及管道包括绝缘气体、高压电源罐和高压传输管道。作用是对产生和传输的高压进行绝缘。

高压传输装置包括高压传输线和电子枪加热线，作用是传导高压和电子枪功率。

(6) 辅助系统包括排风机、送风机和液压站。排风机主要排除屏蔽室内产生的臭氧。送风机主要对加速器引出窗进行冷却。液压站包括液压缸和液压控制系统，作用是控制主体屏蔽室进行升降。

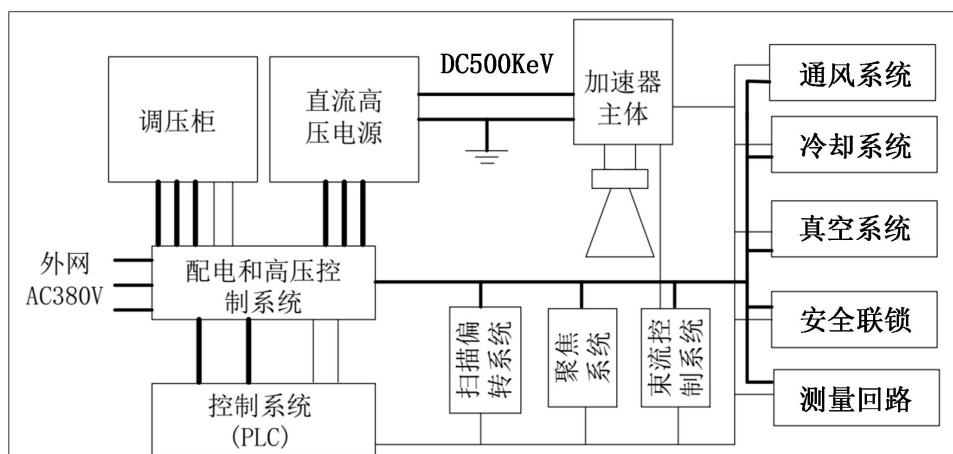


图 9-3 常用电子加速器系统结构图

1.2 X 射线轮胎检测系统

公司拟在半钢子午胎车间（一）东部新建 3 台 X 射线轮胎检测系统，在半钢子午胎车间（一）东北部新建 1 台 X 射线轮胎检测系统用于对公司生产的轮胎进行无损检测。检测轮胎外径约为 700mm~1270mm，断面宽度约为 135mm~450mm。本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统型号均为 XTI-1525 型，最大管电压为 100kV，最大管电流为 6mA，额定功率为 480W。本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统工作时主射线均朝南侧、北侧、顶部和底部照射，操作台均位于装置西南侧。本项目 X 射线轮胎检测系统铅房东侧和西侧分别设有工件门，铅房南侧和北侧分别设有维修门，正常情况下维修门不打开，仅用于维

修维护状态下专业人员进入。

本项目 X 射线轮胎检测系统主要由铅房、操作室、轮胎输送系统等组成。X 射线轮胎检测系统的 X 射线管为周向射线管，出束角度为 $33^\circ \times 280^\circ$ 。X 射线管在竖直方向和东西方向均不可移动，在南北方向可移动 127mm，X 射线管不可旋转。X 射线管距东侧屏蔽体外侧距离为 919mm，距南侧屏蔽体外侧最近距离为 1554mm，距西侧屏蔽体外侧距离为 919mm，距北侧屏蔽体外侧最近距离为 1317mm，距顶部屏蔽体外侧最近距离为 1635mm，距底部屏蔽体外侧最近距离为 985mm，本项目 X 射线轮胎检测系统类似外观图见图 9-4，X 射线轮胎检测系统内部尺寸示意图见图 9-5。

图 9-4 本项目 X 射线轮胎检测系统类似外观图

图 9-5 本项目 X 射线轮胎检测系统内部尺寸示意图

2、工作原理

2.1 工业电子加速器工作原理

电子加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或X射线的设备。

工作原理可概括为：首先，将低压工频电能，用高频振荡器变成高频电能，输送给高压发生器；经过高压发生器内高频变压器的作用，变成升压的高频电压；再将此升压的高频电压加在空间耦合电容上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成一定能量的电子束，引出的电子通过电磁聚焦和电磁扫描进入扫描盒，使得电子在引出窗口均匀分布，再照射在被照物上。

本项目电子加速器利用电子束对橡胶材料进行辐射硫化处理，电子束辐射硫化技术是通过电子加速器发射的高能电子束在橡胶基体中激活橡胶分子，产生橡胶大分子自由基，使橡胶大分子交联形成三维网状结构，有效改善橡胶性能，使其强度明显提高，在成型和硫化过程中胶料受力均匀、膨胀一致，可在后续生产工艺中保持轮胎半成品部件形状和尺寸的稳定性。辐射硫化无需添加硫化剂，在常温常压下就可以进行。

公司使用的自屏蔽电子加速器辐照装置工作原理示意图见图 9-6。

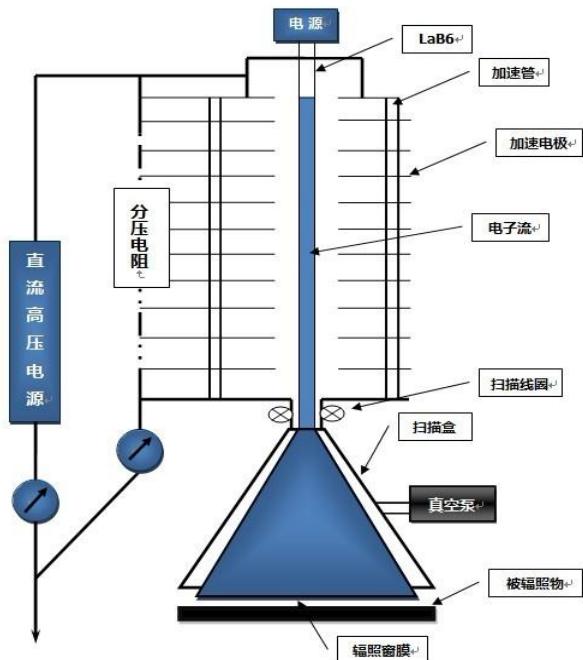


图 9-6 电子加速器工作原理示意图

2.2 X 射线轮胎检测系统工作原理

2.2.1 X 射线产生原理

X 射线轮胎检测系统核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-7。

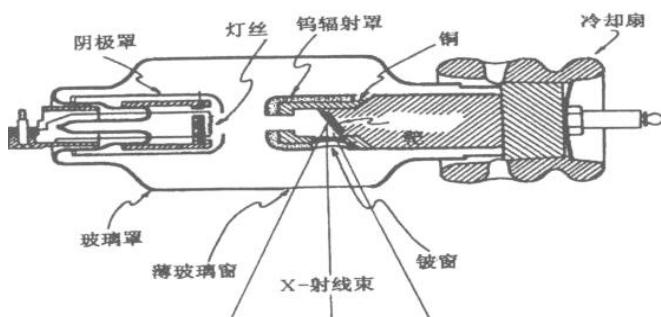


图 9-7 典型的 X 射线管结构图

2.2.2 X 射线轮胎检测系统原理

X 射线轮胎检测系统基本原理是 X 射线管中加速的电子撞击阳极靶产生 X 射线，X 射线穿透被测轮胎被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像；用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，再根据图像的灰度对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。X 射线实时成像系统工作原理示意图见图 9-8。

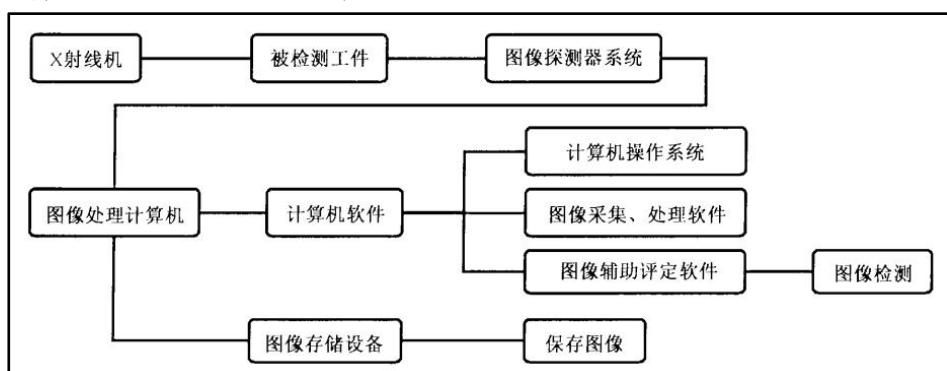


图 9-8 典型 X 射线轮胎检测系统工作原理图

3 工作流程及产污环节

3.1 电子加速器工作流程及产污环节

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置辐照的产品为轮胎橡胶材料，辐照加工工作流程

如下，其产污环节示意图见图 9-9。

(1) 将待加工的轮胎橡胶材料经加速器下端西部屏蔽室进料口输送进入屏蔽室内，固定于自动传输系统；

(2) 确定所有安全联锁装置、臭氧排风系统、加速器冷却系统等工作正常；

(3) 启动加速器电源，调节到所需束流强度和电子束能量后，开启自动传输系统运行开关，调节运行速度至工艺要求的速度，匀速前进进行轮胎橡胶材料的辐照加工，辐射工作人员无需进入辐照室内操作；该环节会产生 X 射线、电子（ β 射线）等辐射影响、O₃、NO_x 等废气以及噪声。

(4) 辐照后的轮胎橡胶材料从装置下端东部屏蔽室出料口传出。

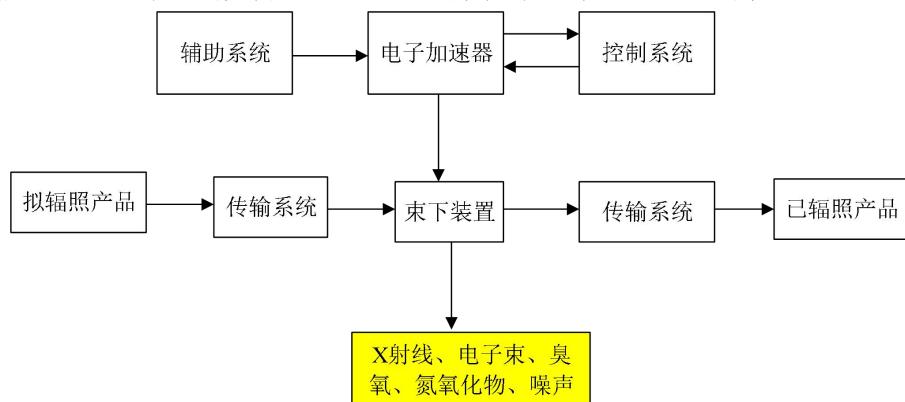


图 9-9 本项目辐照加工工艺流程和主要产污环节图

3.2 X射线轮胎检测机工作流程及产污环节

将检测轮胎通过轮胎输送系统输送到铅房内指定位置，关闭工件门，辐射工作人员在操作台处进行操作，对检测部位进行无损检测，工作流程如下：

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前对 X 射线轮胎检测系统进行检查，重点检查安全联锁和警示灯等安全防护措施是否运行正常，确认所有辐射防护措施均有效后可开启检测工作；

(2) 待测轮胎通过轮胎输送系统运送至铅房的工件门前，打开西侧进料口工件门。

(3) 轮胎沿输送系统运送至铅房内，进料口工件门关闭。

(4) 辐射工作人员在操作台处调整 X 射线管、工件至测试位置。

(5) 辐射工作人员在操作台处开启 X 射线轮胎检测系统进行检测，检测过程中会产生 X 射线及少量 O₃、NO_x。

(6) 通过操作台处的显像器对被检轮胎的缺损状况进行辨别；

(7) 检测完毕后，关机，轮胎通过输送系统从东侧出料口工件门送出。

本项目 X 射线轮胎检测系统工作流程及产污环节示意图见图 9-10。

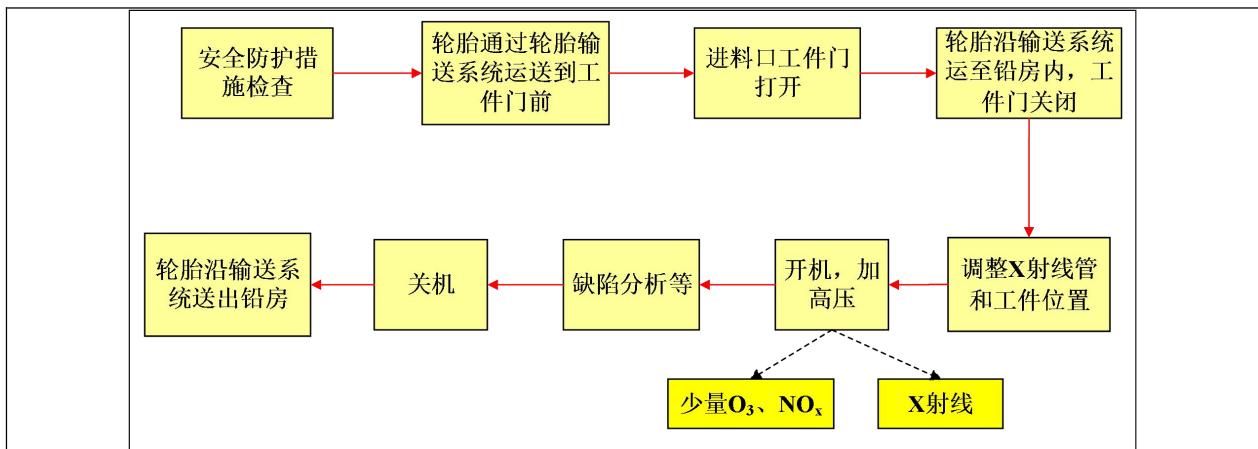


图9-10 本项目X射线轮胎检测系统工作流程及产污环节分析示意图

4 原有工艺不足及改进情况分析

公司已审批的1台电子加速器辐照装置和1台轮胎X射线检验机尚未投入使用。本项目扩建的1台自屏蔽电子加速器辐照装置和4台X射线轮胎检测系统与已审批的射线装置工艺流程一致，不存在工艺不足情况。

5 工作机制

本项目电子加速器辐照装置和4台X射线轮胎检测系统均为自动上下料，公司拟为本项目配备15名辐射工作人员专职负责本项目工作，其中电子加速器辐照装置拟配备3名辐射工作人员，实行三班制，每班各配备1名辐射工作人员，每班工作8小时，年工作300天，每名辐射工作人员年开机曝光时间约为2400h，电子加速器辐照装置年开机曝光总时间约为7200h；4台X射线轮胎检测系统共拟配备12名辐射工作人员，每台X射线轮胎检测系统配备3名辐射工作人员，实行三班制，每台X射线检验机每班工作8小时，年工作300天，每台X射线检验机每天开机曝光时间约为4h，周开机曝光时间约为24小时，年开机曝光时间约为1200小时。

污染源项描述

1 辐射污染源分析

1.1 电子加速器辐照装置辐射污染源分析

加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束，电子束打在机头及其他高Z物质时会产生高能X射线，其贯穿能力极强，会对辐照室周围环境辐射造成辐射污染。

加速器在运行时产生的高能电子束，其贯穿能力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在加速器开机辐照期间，X射线辐射为项目主要的污染因素。

根据厂家江苏久瑞高能电子有限公司提供资料（见附件 6），本项目自屏蔽电子加速器辐照装置电子束最大能量为 0.5MeV、最大束流强度为 100mA，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）表 A.1 数据，0.5MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 方向的 X 射线发射率为 $0.07\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，0° 方向上的 X 射线发射率为 $0.008\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

此外，电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生 X 射线，对加速器屏蔽体周围产生一定的辐射影响。对于加速器主体束流加速系统内的束流损失，根据厂家江苏久瑞高能电子有限公司提供资料（见附件 6），当加速管内真空度良好的时候，可以忽略不计，即使在不利工况下，最大束流损失不超过 $12\mu\text{A}$ ，最大束流损失点能量为 30kV。

表 9-2 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置源项参数一览表

技术指标	参数
型号	
最大电子束能量 (MeV)	
最大电子束流强度 (mA)	
0°方向的 X 射线发射率 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	
90°方向的 X 射线发射率 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	
最大束流损失 (μA)	
最大束流损失点能量 (kV)	

1.2 X 射线轮胎检测系统辐射污染源分析

由 X 射线轮胎检测系统工作原理可知，X 射线是随装置 X 射线管的开、关而产生和消失。因此，正常开机出束期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目工作期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：射线装置发出的用于检测的辐射束，又称为主射线束。由于未获得生产厂家提供的 X 射线球管过滤板材料及厚度，本项目 X 射线轮胎检测系统的输出量

1

1

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，100kV 的 X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $1\times 10^3\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，

根据散射能量计算公式 $E = E_0 / (1 + E_0 / 0.511 \times (1 - \cos\alpha))$ 得到 100kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线约为 83.63kV (E、E₀: 分别为散射和入射 X 射线能量, 单位取 MeV; α : 为散射角度, 本项目取 90°), 保守取 84kV。详细参数见表 9-3。

表 9-3 本项目理论预测 X 射线轮胎检测系统参数一览表

设备型号	XTI-1525 型 X 射线轮胎检测系统
最大管电压	
最大管电流	
额定功率	
X 射线机的发射率常数	
泄漏辐射剂量率	
90°散射后能量相应的 X 射线 kV	

2 非辐射污染源分析

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置工作时采用内循环冷却水系统, 冷却水循环使用, 不外排, 损失主要来自于自然蒸发。

空气在强电离辐射的作用下, 会产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出的直接致电离粒子束流越强, 臭氧和氮氧化物的产额越高。其中臭氧的毒性最大, 产额最高, 不仅对人体产生危害, 同时能使橡胶等材料加速老化。X 射线轮胎检测系统在工作状态时, 产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气, 其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

自屏蔽电子加速器辐照装置在运行过程中风机会产生噪声, 对周围声环境产生一定的影响。

本项目辐射工作人员会产生一定量的生活废水和生活垃圾。本项目拟配备 15 名辐射工作人员, 每名人员生活用水约 50L/d, 年工作按 300 天计, 则辐射工作人员生活用水量为 225t/a, 污水产生系数取 0.8, 则生活污水产生量约 180t/a。生活垃圾按每人每天 0.5kg 计, 产生量约为 2250kg/a。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 项目布局及分区合理性分析

1.1 电子加速器辐照装置工作场所布局与分区

公司拟在半钢子午胎车间（一）西部建设 1 台 EB500 型电子加速器辐照装置，自屏蔽电子加速器辐照装置的进出料口拟朝向东西侧摆放，EB500 型电子加速器辐照装置为两层结构，辐照室位于下方，二层为设备平台，加速器钢筒、传送管道、高压电源钢筒及进排风机构均摆放在二层平台上，加速器控制柜拟设于加速器的南侧。整个辐照工艺流程流水线为自动运行，工作人员在加速器控制柜前设置、监控加速器各项指标运行参数，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置布局合理可行。

公司拟将自屏蔽电子加速器辐照装置划为控制区（含辐照室、加速器钢筒、传送管道、高压电源钢筒及二层平台）（附图 5、附图 6 中红色阴影区域），在装置表面醒目位置设置电离辐射警告标志，运行时任何人员无法进入；拟将装置东侧及西侧 1m 区域、南侧及北侧 1.5m 区域（含加速器控制柜）划为监督区（附图 5 中蓝色阴影区域），拟在监督区边界设置围栏，监督区入口设置监督区标牌，运行时无关人员不得进入。该分区管理能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.2 X 射线轮胎检测系统工作场所布局与分区

公司拟在半钢子午胎车间（一）新建的 4 台 X 射线轮胎检测系统均包括铅房、轮胎输送系统及操作室等，主射线朝南侧、北侧、顶部和底部照射，操作室位于铅房西南侧，避开了有用线束照射方向，本项目 X 射线轮胎检测系统布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与探伤室分开设置及操作室应避开有用线束照射方向的要求，布局设计合理。

本项目拟将 X 射线轮胎检测系统铅房作为辐射防护控制区（附图 7、附图 8 中红色阴影区域），在铅房表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将操作室、铅房东侧及西侧 1.5m 区域、铅房南侧及北侧 1m 区域作为辐射防护监督区（附图 7、附图 8 中蓝色阴影区域），拟在监督区出入口处设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，监督区边界设置实体围栏，并设立标明监督区的标牌，工作时无关人员等不得进入。本项目 X 射线轮胎检测系统平面布局及分区图见附图 7、附图 8，

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于辐射工作场所的分区规定。

2 屏蔽防护设计

本项目 EB500 型自屏蔽电子加速器辐照装置拟采用自屏蔽方式，自屏蔽电子加速器辐照装置的主屏蔽室（辐照室）和加速器钢筒部分设有屏蔽体，自屏蔽电子加速器辐照装置设计图见附图 11-1，装置屏蔽体详细设计图见附图 11-2，4 台 X 射线轮胎检测系统屏蔽设计图见附图 12，屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 本项目加速器及 X 射线轮胎检测系统自屏蔽体屏蔽设计表

-		各层钢板、铅板结构及厚度 (mm)	
加速器	规格尺寸		
	加速器钢筒		
	辐照室		
	进出料口		
	通风管道		
4 台 X 射线轮胎检测系统	铅房	规格尺寸 (外壳)	

3 辐射安全和防护措施分析

3.1 电子加速器辐照装置

为保障本项目安全运行，本项目设计有相应的辐射安全装置和保护措施主要有：

(1) 电子加速器辐照装置电子束控制系统配备 1 把钥匙开关，控制加速器系统的运行。控制柜上控制钥匙开关的钥匙与控制辐照室屏蔽门和围栏爬梯门外钥匙开关的钥匙为同一把钥匙，钥匙开关和辐照室屏蔽门和围栏爬梯门联锁。如从控制柜上取出该钥匙，加速器能自动断开高压，停止出束。该钥匙与一台辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一且只能由运行班长使用。

(2) 电子加速器辐照装置主屏蔽体分为五段，分别为屏蔽室顶盖、屏蔽室上段、屏蔽室束下上段、屏蔽室束下中段和屏蔽室束下下段，五段屏蔽体均通过四层钢板搭接而成，且每段屏蔽体均可上下移动。其中上部三段屏蔽体通常仅在装置生产后的调试阶段移动进行测试，装置在后续使用过程中通常仅涉及下部两段屏蔽体的移动。五段屏蔽体均与四路行程开关联锁，两路用于控制硬件回路，两路用于软件检测与控制。卸下任何一块钢板，行程开关联锁启动，加速器自动断开高压，停止出束。

(3) 电子加速器辐照装置设有门机联锁，加速器辐照室屏蔽门（即维修门）与加速器束流控制和加速器高压联锁，维修门被打开时，加速器不能开机出束，加速器运行过程中，维修门若被打开，加速器系统自动断开高压，停止出束。

(4) 电子加速器辐照装置设置有束下装置联锁，电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器系统自动断开高压，停止出束。

(5) 电子加速器辐照装置主屏蔽体设计有通风联锁装置，当加速器的通风系统出现故障时，联锁装置启动，加速器系统自动断开高压，停止出束。

(6) 电子加速器辐照装置设备平台处设计 1 个具灯光和音响警示信号的工作状态指示灯，其中红色指示设备处于运行状态，绿色表示设备停机，黄色表示设备故障。工作状态指示灯与电子加速器联锁，当电子加速器启动时，开机指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣。拟设置醒目的指示灯信号说明。

(7) 电子加速器辐照装置控制柜设计有 1 个紧急停机按钮，装置配电柜设有 1 个紧急停机按钮，加速器辐照室出料口侧设计有 1 个急停拉绳开关，当紧急情况发生时，触发急停按钮或拉线开关，加速器系统立即断开高压，停止出束。

(8) 电子加速器辐照装置主屏蔽体的顶部设置围栏，在围栏爬梯底部设有爬梯门并设置门机联锁，爬梯门与加速器束流控制和加速器高压联锁，爬梯门被打开时，加速器不能开机出束，加速器运行过程中，爬梯门若被打开，加速器系统自动断开高压，停止出束。

(9) 电子加速器辐照装置设计有辐射监测系统与剂量联锁装置，辐照室物料进出口拟各设 1 个检测探头，共计 2 个检测探头，显示装置均设于辐照室侧壁，检测辐射泄漏剂量大于设定阈值时，设备将自动断开高压，停止出束。

(10) 电子加速器辐照装置四周拟设置防护围栏，进出料口侧拟设置光栅，围栏进出门及光栅均与加速器束流控制和加速器高压联锁，围栏进出门若被打开或人员误入光栅内，加速器系统自动断开高压，停止出束。

(11) 电子加速器辐照装置进出料口侧围栏处各拟设置 1 个摄像头，可通过监视装置运行情况。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。本项目电子加速器辐照装置辐射防护措施示意图见附图 9。

3.2.1 X 射线轮胎检测系统辐射安全措施

本项目拟使用的 X 射线轮胎检测系统为自屏蔽式射线装置，参考《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 设置辐射安全措施，本项目 X 射线轮胎检测系统拟采用的辐射安全措施如下：

(1) 本项目 X 射线轮胎检测系统的操作台处拟设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(2) X 射线轮胎检测系统操作台处拟设置 1 个急停按钮，铅房内东侧及西侧各拟设置 1 个急停按钮，按钮带有标签，标明使用方法。确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

(3) X 射线轮胎检测系统的工件门、维修门均设置门机联锁装置，即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与防护门联锁，只有当防护门完全关闭后才能开机检测。在检测过程中，防护门被意外打开时，射线管应能立刻停止出束。

(4) X 射线轮胎检测系统铅房外东侧及西侧各拟设置 1 个警示灯，警示灯与 X 射线管联锁，X 射线轮胎检测系统工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。

(5) X 射线轮胎检测系统铅房表面明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

(6) X 射线轮胎检测系统四周拟设置防护围栏，进出料口侧拟设置光栅，围栏进门及光栅均与 X 射线管联锁，围栏进出门若被打开或人员误入光栅内，X 射线管应能立刻停止出束。

(7) X 射线轮胎检测系统铅房内东北角拟设置 1 个视频监控，东西侧围栏上各拟设置 1 个视频监控，可通过监视设备运行情况。

本项目 X 射线轮胎检测系统正常工作时，工作人员位于装置外操作，无需进入装置内部摆放工件，故未在铅房内部设置警示灯和固定式剂量报警装置。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。本项目 X 射线轮胎检测系统辐射防护措施示意图见附图 10。

3.2.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中 5.1.2 要求对 X 射线轮胎检测系统进行检查，重点检查安全联锁和警示灯等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员正常使用 X 射线轮胎检测系统时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(3) 辐射工作人员拟定期测量 X 射线轮胎检测系统外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值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。

(4) 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作。

(5) 在每一次照射前，辐射工作人员都必须确认在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

(6) 公司拟对 X 射线轮胎检测系统的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

3.2.3 探伤设备退役措施

当 X 射线轮胎检测系统不再使用时，拟实施退役程序。

(1) X 射线轮胎检测系统的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准

后，转移给其他已获许可机构。

（2）清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废的治理

1 臭氧和氮氧化物处置措施

1.1 电子加速器辐照装置臭氧和氮氧化物处置措施

电子加速器辐照装置在工作状态时，产生的电子及韧致辐射会使屏蔽体内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。

公司拟使用的自屏蔽电子加速器辐照装置采用机械排风，进风口及排风口均拟从辐照室顶部引出，自屏蔽电子加速器辐照装置二楼平台拟安装一台排风机（风量 $3800\text{m}^3/\text{h}$ ），一台进风机（风量 $2160\text{m}^3/\text{h}$ ）。装置排风口拟接通风管道引至车间顶部外排放，排风口高于车间顶部 2m，高于周围其它建筑物。本项目自屏蔽电子加速器装置辐照室内部净体积约为 3m^3 ，通风换气次数每小时可达 720 次。

由于本项目运行过程中，辐射工作人员无法进入辐照室内，且本项目电子能量很低，臭氧产额小，其在辐照室内作用产生的臭氧及氮氧化物浓度较小，臭氧通过排风系统排放至外环境，在常温下 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。

1.2 X 射线轮胎检测系统臭氧和氮氧化物处置措施

本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过通风口排放到铅房外，通过车间通风系统排入外环境。本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统铅房体积均约为 14.4m^3 ，通风装置的通风量拟设置为 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时能进行约 34 次有效换气，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小。

2 噪声处理

电子加速器辐照装置拟采用低噪声风机，安装于装置二层平台，并在安装时设置减震抑噪措施，排风系统噪声对周围环境影响较小。

3 生活废水和办公垃圾处置措施

本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要是办公过程产生的少量生活

废水和办公垃圾，该两种污染物的处置依托公司的生活污水处理系统和保洁措施，统一收集后进入城市污水管网及垃圾处理站集中处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

由于公司本项目的自屏蔽电子加速器辐照装置和 X 射线轮胎检测系统通过自带屏蔽体进行屏蔽防护，为制式一体化产品，整体到货安装。设备安装过程中会产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。设备安装期间拟采用低噪声机械设备，控制设备噪声源强；拟设置围挡，削弱噪声传播；严禁夜间进行强噪声作业。建设单位将设备安装的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

1.1 电子加速器辐照装置辐射环境影响分析

1.1.1 加速器辐照室四周及顶部屏蔽影响分析

(1) 计算模式选择

本项目 EB500 型电子加速器辐照装置的最大能量为 0.5MeV，最大束流为 100mA，本项目拟采用最大能量及最大束流进行预测。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置的开机运行时，电子束出束方向朝屏蔽室底部照射，屏蔽室主要采用钢板及铅板进行防护。由于加速器传送装置滚轴为铁质材料，因此本项目选取传送装置滚轴为轰击靶来进行辐射防护评价。由于自屏蔽电子加速器辐照装置电子束朝下，不直射向四周屏蔽体，因此本次项目评价时四周屏蔽体主要考虑轫致辐射所致、与电子束入射方向呈 90°的轫致辐射初级 X 射线辐射影响，顶部屏蔽体考虑屏蔽体内与入射电子束成 160°到 180°方向的轫致辐射初级 X 射线辐射影响，底部屏蔽体则考虑与电子束入射方向呈 0°的轫致辐射初级 X 射线辐射影响。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽体辐射防护屏蔽评价，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 中提供的计算模式及相关参数计算。

屏蔽体外剂量预测可参考以下公式：

$$H_M = \frac{B_X D_{10}}{d^2} (1 \times 10^6)$$
$$B_X = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{S - T_1}{T_e}\right]\right\}}$$

(11-1)

式中： H_M — 参考点周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

B_x — 屏蔽体对应的透射因子；

d —X射线源与参考点之间的距离, m;

S —屏蔽体的厚度, cm;

T_l 、 T_e —分别为第一个十分之一值层厚度和平衡时的十分之一值层厚度, cm; T_l 取值参考附录A表A.2, T_e 取值参考附录A表A.3。

D_{l0} —距离X射线辐射源1m处的吸收剂量率, Gy/h;

$$D_{l0} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad (11-2)$$

式中: Q —X射线发射率, $Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$;

I —电子束流强度, mA;

f_e —X射线发射率修正系数, 被辐照的靶材料为“铁、铜”时, 0° 方向的修正系数 f_e 为 0.7, 90° 方向的修正系数 f_e 为 0.5。

由于本项目自屏蔽电子加速器辐照装置电子束固定朝下, 不直射向四周外壳, 因此辐照室四周考虑对以垂直地面的电子束轰击钢材料在 90° 方向上产生的 X 射线的屏蔽防护, 辐照室顶部保守考虑以垂直地面的电子束轰击钢材料在 90° 方向上产生的 X 射线的屏蔽防护, 参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 表 A.1 数据, 0.5MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 方向上的发射率常数 $Q(90^\circ) = 0.07\text{Gy} \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$, 本项目被辐照的靶材料为钢板, 90° 方向的修正系数 f_e 取 0.5, 进行修正后 $D_{l0}(90^\circ) = 210\text{Gy}/h$ 。

参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》表 A.4, 通过数据拟合得出 0.5MeV 电子 90° 方向等效入射电子能量约为 0.4MeV 。参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 表 A.2、表 A.3 数据拟合可得到, 钢对电子能量 0.4MeV 的第一个十分之一值层厚度 $T_l=3.41\text{cm}$, 平衡时的十分之一值层厚度 $T_e=2.92\text{cm}$ 。铅对电子能量 0.4MeV 的第一个十分之一值层厚度 $T_l=0.32\text{cm}$, 平衡时的十分之一值层厚度为 0.86cm 。

对于主射线方向屏蔽体外参考点, 参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》表 A.1, 0.5MeV 入射电子在距靶 1m 处 0° 方向上的发射率常数保守取 $Q(0^\circ) = 0.008\text{Gy} \cdot m^2 / mA \cdot min$ 。又本项目被辐照的靶材料为钢板, 因此 0° 方向的修正系数 f_e 取 0.7, 则 $D_{l0}(0^\circ) = 33.6\text{Gy}/h$ 。查《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》表 A.3, 钢对电子能量 0.5MeV 的第一个十分之一值层厚度 $T_l=3.8\text{cm}$, 平衡时的十分之一值层厚度 $T_e=3.3\text{cm}$ 。

(2) 计算结果

根据上述公式及有关参数, 自屏蔽电子加速器辐照装置主屏蔽体外参考点处辐射剂量

核算结果见表 11-1。计算点位见附图 11。

表 11-1 加速器辐照室屏蔽效果计算

参数	东侧下部/ 西侧下部 (A1/B1)	东侧上部/ 西侧上部 (A2/B2)	南侧 (C)	北侧 (D)	顶部 (E)	底部 (F)
S (cm)						
T ₁ (cm)						
T _e (cm)						
B _x						
d ⁽²⁾ (m)						
D ₁₀ (Gy/h)						
H _M (μ Sv/h)						
控制值 (μ Sv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足

由表 11-1 可知，加速器辐照室外参考点处的辐射剂量率最大值约为 $1.139\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) 中 I 类电子束辐照装置表面外 5cm 处空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的要求。

1.1.2 加速器钢筒屏蔽影响分析

加速钢筒内的辐射场由三部分叠加：主屏蔽体内与入射电子束成 160° 到 180° 方向的轫致辐射初级 X 射线，经过屏蔽室顶部不完全屏蔽的贯穿辐射场；屏蔽室内的 0° 方向上产生的轫致辐射初级 X 射线，经 180° 方向散射后的次级 X 射线，通过屏蔽室顶上的孔洞直接照射入加速钢筒内形成的散射辐射场；尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与加速钢筒作用产生的束流损失辐射场。

由于沿与电子束入射方向成 180° 方向的次级 X 射线能量较低，受到加速钢筒的屏蔽后，对加速钢筒外的环境影响很小。

对于加速器主体束流加速系统内的束流损失，根据生产厂家提供材料（附件 6），当加速管内真空度良好的时候，可以忽略不计，即使在不利工况下，束流损失最大不超过 $12\mu\text{A}$ ，当束流损失大于 $12\mu\text{A}$ 时，设备停机保护。因此，由束流损失产生的辐射剂量很少，再经过钢筒的进一步屏蔽后，束流损失对钢筒外的辐射影响很小。

因此，为简化计算，加速钢筒辐射防护屏蔽评价，仅考虑加速器主屏蔽体内贯穿辐射场的影响。

加速器主屏蔽体透射线对加速钢筒外参考点的辐射影响，即初级 X 射线经二次屏蔽（主屏蔽体顶和加速钢筒）对考察点的影响，依然采用公式（11-1）计算。

表 11-2 加速器钢筒束流损失屏蔽效果计算

预测点位	钢筒四周 (G)	钢筒顶部 (H)
S (cm)		
T ₁ (cm)		
T _e (cm)		
B _X		
d* (m)		
D ₁₀ (Gy/h)		
H _M (μ Sv/h)		
控制值 (μ Sv/h)	2.5	2.5
评价	满足	满足

由表 11-2 可知，加速器钢筒外参考点处的辐射剂量率均小于 $0.001\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) 中 I 类电子束辐照装置表面外 5cm 处空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的要求。

1.1.3 天空反散射辐射影响分析

根据上述本项目电子加速器辐照装置上部的辐射剂量率最大为 $0.002\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) 中 I 类电子束辐照装置表面外 5cm 处空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的要求，因此可不考虑天空反散射影响。

1.1.4 物料进出口辐射防护分析

本项目加速器辐照室设有迷道式物料进口与出口（见图 11-1），由图 11-1 可知屏蔽室内 X 射线至少经过 5 次散射方能到达物料进出口。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 指出：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。”因此，可推断加速器屏蔽室物料进出口设计能够满足辐射防护的要求。

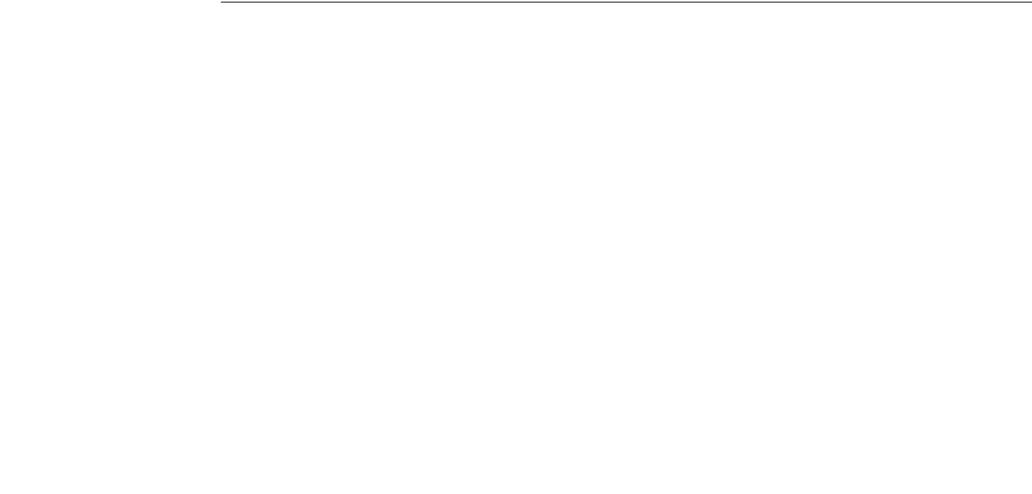


图 11-1 物料进出口处 X 射线散射示意图

1.1.5 通风管道、电缆管道辐射防护分析

本项目加速器辐照室屏蔽体内的风管管道外包***不锈钢板，风管孔底部增加***不锈钢板作为屏蔽室上部防护，风管外侧增加风管屏蔽罩，屏蔽罩顶部采用***，侧面采用***防护，根据散射路径可知辐照室内 X 射线至少经过 4 次散射方能到达管道出口处（见图 11-2）。本项目电缆通过辐照室顶部斜口，从加速器钢筒底部穿出，根据散射路径可知辐照室内 X 射线至少经过 3 次散射方能到达出口处（见图 11-3），根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 指出：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。”因此，可推断加速器辐照室通风管道、电缆管道设计能够满足辐射防护的要求。



图 11-2 通风管道散射示意图



图 11-3 电缆管道散射示意图

1.2 X 射线轮胎检测系统辐射环境影响分析

本项目 X 射线轮胎检测系统用于对公司生产的轮胎进行无损检测，检测轮胎外径约为 700mm~1270mm，断面宽度约为 135mm~450mm。本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统型号均为 XTI-1525 型，最大管电压为 100kV，最大管电流为 6mA，额定功率为 480W。本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统工作时主射线均朝南侧、北侧、顶部和底部照射，操作台均位于装置西南侧。

本次评价选取 X 射线轮胎检测系统满功率运行时的工况（功率为 480W 下，100kV 电压下对应电流为 4.8mA）进行预测，将 X 射线轮胎检测系统南侧（维修门）、北侧（维修门）、顶部（通风口、电缆口）及底部屏蔽体均按照有用线束照射进行预测计算，将东侧（工件门）、西侧（工件门）屏蔽体均按照非有用线束照射进行预测计算。计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

本项目 X 射线轮胎检测系统主要由铅房、轮胎输送系统及操作室等组成。X 射线轮胎检测系统的 X 射线管为周向射线管，出束角度为 $33^\circ \times 280^\circ$ 。X 射线管在竖直方向和东西方向均不可移动，在南北方向可移动 127mm，X 射线管不可旋转。X 射线管距东侧屏蔽体外侧距离为 919mm，距南侧屏蔽体外侧最近距离为 1554mm，距西侧屏蔽体外侧距离为 919mm，距北侧屏蔽体外侧最近距离为 1317mm，距顶部屏蔽体外侧最近距离为 1635mm，距底部屏蔽体外侧最近距离为 985mm，本项目 X 射线轮胎检测系统外观图见

图 9-4, X 射线轮胎检测系统内部尺寸示意图见图 9-5。

1.2.1 有用射束方向屏蔽效果预测公式

有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中有用线束屏蔽估算的计算公式:

$$\dot{H} = \frac{I H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots \dots \dots \quad (11-3)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA ;

H_0 : 距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$;

R : 辐射源点(靶点) 至关注点的距离, m ;

B : 屏蔽透射因子, 因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中图 B.2 无本项目参数对应的曲线, 取值参考《医用外照射源的辐射防护》(ICRP33 号出版物) 表 3, 然后按公式 (11-4) 计算得出:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \dots \dots \dots \quad (11-4)$$

式中: X : 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL: 屏蔽材料的什值层厚度。

1.2.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots \dots \dots \quad (11-5)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组裝体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 1;

R : 辐射源点(靶点) 至关注点的距离, m ;

B : 屏蔽透射因子, 取值参考《医用外照射源的辐射防护》(ICRP33 号出版物) 表 3, 再根据公式 (11-4) 计算得出。

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots \dots \dots \quad (11-6)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;
 H_0 : 距辐射源点(靶点)1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;
 B : 屏蔽透射因子, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 2 确定 90°散射辐射的射线能量, 按公式(11-4)计算得出;
 F : R_0 处的辐射野面积, m^2 ;
 α : 散射因子, 入射辐射被单位面积(1m^2)散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 可以用水的 α 值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录 B 表 B.3;
 R_s : 散射体至关注点的距离, m;
 R_0 : 辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, m。

1.2.3 参考点的年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots \dots \dots \quad (11-7)$$

式中: H_c : 参考点的年剂量水平, mSv/a ;
 $\dot{H}_{c,d}$: 参考点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;
 t : 年照射时间, h/a ;
 U : 探伤装置向关注点方向照射的使用因子;
 T : 人员在相应关注点驻留的居留因子。

1.2.4 屏蔽计算结果

1.2.4.1 理论计算结果

表 11-3 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	南侧屏蔽体*/维修门	北侧屏蔽体/维修门	顶部屏蔽体	通风口/电缆口	底部屏蔽体
设计厚度					
等效厚度 ^①					
I (mA)					
H_0 ^② $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$					

B^{\circledcirc}					
R^{\circledcirc} (m)					
H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)					
剂量率参考 控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	2.5	2.5	100	100	/
评价	满足	满足	满足	满足	/

表 11-4 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东侧屏蔽体/工件门	西侧屏蔽体/工件门
X 设计厚度			
等效厚度			
泄漏辐射	TVL (mm)		
	B^{\circledcirc}		
	H_L ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
	R^{\circledcirc} (m)		
	H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值 ^③		
	TVL (mm)		
	B^{\circledcirc}		
	I (mA)		
	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$		
	F (m^2)		
	α		
	R_0 (m)		
	R_s^* (m)		

	H ($\mu\text{Sv/h}$)		
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)			
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	
评价	满足	满足	

从表 11-3 及表 11-4 中计算结果可以看出，当本项目 X 射线轮胎检测系统满功率运行时，其铅房四周屏蔽体、工件门、维修门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.273\mu\text{Sv/h}$ ，顶部、通风口、电缆口防护罩外 30cm 处的最大辐射剂量率为 $2.951\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 及《工业 X 射线探伤探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求及“无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.2.4.2 天空反散射影响分析

本项目探伤室顶部人员不可到达，但 X 射线穿透探伤室顶后因大气散射返回地面，可能会造成探伤室周围出现较高的辐射水平，因此探伤室顶的屏蔽主要考虑穿透 X 射线的天空反散射影响，天空反散射示意图见图 11-4。

图 11-4 天空反散射示意图

天空反散射辐射水平预测模式根据《辐射防护导论》P181 公式 (6.1) 推导得出，具体计算公式如下：

$$H_{L,h} = \eta_{r,s} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / (0.67 \cdot r_i^2 \cdot r_s^2) \quad \dots \dots \dots \quad (11-8)$$

式中：0.67：单位换算系数；

$H_{L,h}$ ：参考点处相应的剂量当量率， Sv/h ；

$\eta_{r,s}$ ：透射比；

r_i ：辐射源到屋顶上方 2m 处的距离 m；

r_s ：室外参考点到源的水平距离，本项目探伤房周围 50m 内没有敏感点，

r_s 通过公式 $r_s = b \cdot r_i / (r_i - c)$ 计算得到；

D_{10} ：离源上方 1m 处的吸收剂量指数率， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ，本项目 D_{10} 取

Ω ：辐射源对屋顶张的立体角，单位为球面度，sr。 $\Omega = 4\pi(a^2/b^2)^{1/2}$ ，其中 a 是屋顶长度之半，b 是屋顶宽度之半（根据《辐射防护导论》第 182 页），c 是辐射源到屋顶表面中心的最小距离（此处 a、b 的值按照探伤室顶部内表面长、宽的一半取值，c 取探伤机出束口离顶部最近时，出束口到屋顶外表面的距离，即加上屋顶墙体厚度）；d 是源到屋顶边缘的距离， $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ ；本项目 a=***m，b=***m，c=***m，计算得 d=***m， $\Omega=***\text{sr}$ 。

表 11-5 天空反散射影响预测表

参数	铅房参数取值或计算结果
$D_{10}(\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1})$	
$\Omega(\text{sr})$	
$\eta_{r,s}$	
$r_i(\text{m})$	
$r_s(\text{m})$	
瞬时剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目 X 射线轮胎检测系统满功率运行时，天空反散射影响值为 $0.004\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，叠加 X 射线轮胎检测系统四周屏蔽体外最大辐射剂量率 $0.273\mu\text{Sv}/\text{h}$ 后，X 射线轮胎检测系统四周关注点处最大辐射剂量率为 $0.277\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

1.2.4.3 通风口、电缆口及防护门缝隙辐射防护评价

本项目 X 射线轮胎检测系统通风口、电缆口均位于铅房顶部，通风口、电缆口外均拟采用***防护罩进行防护；由表 11-3 计算结果可知，本项目 X 射线轮胎检测系统在满功率工况下运行时，通风口、电缆口外 30cm 处最大辐射剂量率为 $2.951\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，均能满足要求。且根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”。本项目 X 射线经过通风口、电缆口防

护铅罩结构时至少会经过 3 次散射到达出口处，可推断出口处的辐射剂量率能够满足标准要求，通风口、电缆口散射示意图见图 11-5。

图 11-5 通风口、电缆口 X 射线散射路径示意图

本项目 X 射线轮胎检测系统工件门门洞尺寸为***m 宽×***m 高，维修门门洞尺寸为***m 宽×***m 高，工件门、维修门与屏蔽体四周各搭接不少于***mm，工件门、维修门与屏蔽体缝隙小于***mm；工件门、维修门与屏蔽体重叠部分不小于工件门、维修门与屏蔽体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断工件门、维修门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

2.1 电子加速器辐照装置辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目电子加速器辐照装置辐射工作人员主要位于加速器控制柜处进行操作，辐射工作人员年有效剂量拟保守取电子加速器辐照装置四周屏蔽体外最大辐射剂量率进行计算。公众主要为自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址外 50m 范围内其他人员，年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到监督区周围的辐射剂量率，结果见表 11-6，计算点位示意图见附图 5。

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (11-9)$$

式中： H_1 —距射线源点 R_1 处的剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；
 H_2 —距射线源 R_2 处的剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；
 R_1 —装置屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；
 R_2 —监督区外各点位距射线源的距离，m。

表 11-6 本项目电子加速器辐照装置周围人员关注点位辐射剂量率

序号	关注点	H_1 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	R_1 (m)	R_2 (m)	H_2 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1	监督区东侧				
2	监督区南侧				
3	监督区西侧				
4	监督区北侧				
5	监督区东侧液压站及润滑站机头区				
6	监督区东侧生产线				
7	监督区南侧胎侧产线				
8	监督区南侧面侧产线				
9	监督区西侧液压站及润滑站机头区				
10	监督区西侧炼胶车间				
11	监督区北侧生产线				
12	监督区北侧带束库区域、钢丝带束台车立体库区域及赛象钢丝截断区				

注： R_2 取值参考附图 5 和表 7-1。

将表 11-6 估算结果代入公式 (11-7)，计算得到电子加速器辐照装置屏辐射工作人员及公众年有效剂量，结果见表 11-7。

表 11-7 电子加速器辐照装置周围辐射工作人员及公众年有效剂量计算结果一览表

预测点位/人员	H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	T (h)	T	U	H_c (mSv)
加速器操作位 (辐射工作人员)					
监督区东侧传送带 (公众)					
监督区南侧通道 (公众)					
监督区西侧传送带 (公众)					
监督区北侧传送带 (公众)					
监督区东侧液压站及润滑站机头					

区（公众）					
监督区东侧生产线（公众）					
监督区南侧胎侧产线（公众）					
监督区南侧面侧产线（公众）					
监督区西侧液压站及润滑站机头 区（公众）					
监督区西侧炼胶车间（公众）					
监督区北侧生产线（公众）					
监督区北侧带束库区域、钢丝带 束台车立体库区域及赛象钢丝截 断区（公众）					

注：本项目加速器实行三班制，每班 8 小时，年工作 300 天，年开机曝光时间约为 7200h。周围公众每天工作时间约为 8h，年工作约 300 天，则年工作时间约为 2400h。

根据表 11-7 计算结果可知，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置周围辐射工作人员年有效剂量最大约为 2.734mSv，周围公众的年有效剂量最大约为 0.093mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

2.2 X 射线轮胎检测系统辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为 4 台 X 射线轮胎检测系统铅房 50m 范围内其他人员。辐射工作人员年有效剂量 X 射线轮胎检测系统四周屏蔽体外 30cm 处最大辐射剂量率进行计算。公众人员年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算。根据剂量率与距离的平方成反比公式（11-9）可得到监督区周围的辐射剂量率，结果见表 11-8，计算点位示意图见附图 7 及附图 8。

表 11-8 本项目 1~4 号 X 射线轮胎检测系统周围人员关注点位辐射剂量率

序号	关注点	H ₁ (μSv/h)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	H ₂ (μSv/h)
1	1 号装置东侧 监督区外				
2	1 号装置南侧 监督区外				
3	1 号装置西侧 监督区外				
4	1 号装置北侧 监督区外				
5	2 号装置东侧 监督区外				
6	2 号装置南侧 监督区外				
7	2 号装置西侧 监督区外				

8	2号装置北侧 监督区外						
9	3号装置东侧 监督区外						
10	3号装置南侧 监督区外						
11	3号装置西侧 监督区外						
12	3号装置北侧 监督区外						
13	4号装置东侧 监督区外						
14	4号装置南侧 监督区外						
15	4号装置西侧 监督区外						
16	4号装置北侧 监督区外						

将表 11-8 估算结果代入公式 (11-7), 计算得到本项目辐射工作人员及公众周有效剂量及年有效剂量。

表 11-9 本项目 X 射线轮胎检测系统周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	周工作时间 (h)	周剂量估算 值($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	参考控制水 平($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	评价
1	1号装置操作位						100 (职业人员)	满足
2	2号装置操作位							满足
3	3号装置操作位							满足
4	4号装置操作位							满足
5	1号装置东侧监督区外						5 (公众)	满足
6	1号装置南侧监督区外							满足
7	1号装置西侧监督区外							满足
8	1号装置北侧监督区外							满足
9	2号装置东侧监督区外							满足
10	2号装置南侧监督区外							满足

11	2号装置西侧监督区外								满足
12	2号装置北侧监督区外								满足
13	3号装置东侧监督区外								满足
14	3号装置南侧监督区外								满足
15	3号装置西侧监督区外								满足
16	3号装置北侧监督区外								满足
17	4号装置东侧监督区外								满足
18	4号装置南侧监督区外								满足
19	4号装置西侧监督区外								满足
20	4号装置北侧监督区外								满足

注：本项目 X 射线轮胎检测系统实行三班制，每班 8 小时，周开机曝光时间约为 24h。周围公众每天工作时间约为 8h，则周工作时间约为 8h。

从表 11-9 中的计算结果可以看出，当本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统在满功率运行时，辐射工作人员的周有效剂量最大值为 $2.184\mu\text{Sv}$ ；公众周有效剂量最大值为 $0.104\mu\text{Sv}$ ，均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 和本项目管理目标中关注点的周围剂量当量参考控制水平要求。

表 11-10 本项目 X 射线轮胎检测系统周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年工作时间 (h)	年剂量估算值(mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	评价
1	1号装置操作位						5 (职业人员)	满足
2	2号装置操作位							满足
3	3号装置操作位							满足
4	4号装置操作位							满足
5	1号装置东侧监督区外						0.1 (公众)	满足
6	1号装置南侧监督区外							满足
7	1号装置西侧							满足

		监督区外						
8	1号装置北侧 监督区外							满足
9	2号装置东侧 监督区外							满足
10	2号装置南侧 监督区外							满足
11	2号装置西侧 监督区外							满足
12	2号装置北侧 监督区外							满足
13	3号装置东侧 监督区外							满足
14	3号装置南侧 监督区外							满足
15	3号装置西侧 监督区外							满足
16	3号装置北侧 监督区外							满足
17	4号装置东侧 监督区外							满足
18	4号装置南侧 监督区外							满足
19	4号装置西侧 监督区外							满足
20	4号装置北侧 监督区外							满足

注：本项目 X 射线轮胎检测系统实行三班制，每班 8 小时，年工作 300 天，年开机曝光时间约为 1200h。周围公众每天工作时间约为 8h，年工作约 300 天，则年工作时间约为 400h。

从表 11-10 中的计算结果可以看出，当本项目 X 射线轮胎检测系统在满功率运行时，辐射工作人员的年有效剂量最大值为 0.109mSv；公众年有效剂量最大值为 0.005mSv，均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

对于本项目评价范围内的其他工作人员，在经过车间的屏蔽和距离的进一步衰减，本项目对其他人员的辐射影响很小，可淹没在本底辐射中。

3 叠加辐射影响

由于本项目 1~3 号 X 射线轮胎检测系统距离较近，评价范围存在重叠区域，并且 3 台装置可能同时运行，需考虑 3 台 X 射线轮胎检测系统之间剂量叠加对辐射工作人员和周围公众的影响。

3.1 辐射工作人员叠加剂量评价

根据表 11-3、表 11-4 计算结果可知，本项目 3 台 X 射线轮胎检测系统四周屏蔽体外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.273\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，保守按照装置表面外 30cm 处最大辐射剂量率叠加，叠加后 3 台装置最大辐射剂量率约为 $0.819\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

根据表 11-10 计算结果可知，本项目 3 台 X 射线轮胎检测系统周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.109mSv ，叠加后 3 台装置所致辐射工作人员年有效剂量最大约为 0.327mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv 。

3.2 评价范围内公众叠加剂量评价

根据表 11-8 计算结果可知，本项目 X 射线轮胎检测系统监督区外最大辐射剂量率约为 $0.104\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，叠加后 3 台 X 射线轮胎检测系统监督区外最大辐射剂量率约为 $0.312\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

根据表 11-10 计算结果可知，本项目 X 射线轮胎检测系统周围公众年有效剂量最大约为 0.005mSv ，叠加后 3 台装置所致公众年有效剂量最大约为 0.015mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 剂量限值和本项目剂量约束值的要求：公众年有效剂量不超过 0.1mSv 。

本项目新增的 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置和 4 台 X 射线轮胎检测系统与已审批的轮胎 X 射线检验机的最近距离约为 44m ，与已审批的自屏蔽电子加速器辐照装置最近距离约为 112m ，经过车间的进一步屏蔽和距离的进一步衰减后，已审批射线装置附加辐射影响几乎湮没在本底辐射中，可推断本项目评价范围内的职业人员及公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 剂量限值和本项目剂量约束值的要求。

4 三废治理措施评价

4.1 电子加速器辐照装置

公司拟使用的自屏蔽电子加速器辐照装置采用机械排风，进风口及排风口均拟从辐

照室顶部引出，自屏蔽电子加速器辐照装置二楼平台拟安装一台排风机（风量 $3800\text{m}^3/\text{h}$ ），一台进风机（风量 $2160\text{m}^3/\text{h}$ ）。装置排风口拟接通风管道引至车间顶部外排放，排风口高于车间顶部 2m，高于周围其它建筑物。本项目自屏蔽电子加速器装置辐照室内部净体积约为 3m^3 ，通风换气次数每小时可达 720 次。

由于本项目运行过程中，辐射工作人员无法进入屏蔽体内，且本项目电子能量很低，臭氧产额小，其在屏蔽体内作用产生的臭氧及氮氧化物浓度较小。本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟设置排风机及进风机，使加速器辐照室内部始终处于负压状态，臭氧和氮氧化物不会从物料进出口等溢出，不会对工作场所产生影响。臭氧通过排风系统排放至车间外，在常温下 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。

4.2 X 射线轮胎检测系统

本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，产生的臭氧及氮氧化物通过铅房顶部的通风口排出到铅房外，通过车间的通风系统排入外环境。本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统的铅房顶部均拟设置 1 个通风口，有效通风量为 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，X 射线轮胎检测系统铅房内净体积约为 14.4m^3 ，每小时有效换气次数约为 34 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 左右可自行分解，对周围环境影响较小。

本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要为办公过程产生少量的生活废水和办公垃圾，该两种污染物的处置依托公司现有的生活污水处理系统和保洁措施，统一收集后进入城市污水管网及垃圾处理站集中处理，对外环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

1.1 电子加速器辐照装置潜在事故分析

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置只有在开机工作时才产生电子及 X 射线，因此，其潜在事故多为开机误照射事故。本项目为自屏蔽电子加速器辐照装置，工作时人员无法进入辐照室，因此本项目可能发生的事故主要为：

(1) 辐射工作人员误操作或者运行时设备安全联锁装置失灵造成射线泄漏至自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽体外，发生人员超剂量照射事故。

(2) 维修时设备安全联锁装置失灵以及自屏蔽体损坏等情况，造成射线泄漏至自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽体外，发生人员超剂量照射事故。

1.2X 射线轮胎检测系统潜在事故分析

本项目 X 射线轮胎检测系统只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照射事故，主要有：

(1) 由于安全联锁装置失灵，导致 X 射线轮胎检测系统防护门未关闭时人员开机工作受到误照射。

(2) 由于安全联锁装置失灵，导致在探伤过程中，工件门、维修门被意外打开时不能立刻停止出束人员受到误照射。

(3) 机器调试、检修时误照。X 射线轮胎检测系统在调试、检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到误照射。

2 辐射事故预防措施

中策橡胶（金坛）有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中定期对装置周围的辐射水平进行监测，定期检查设备安全联锁装置是否能正常使用，不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

2.1 电子加速器辐照装置辐射事故预防措施

(1) 在每次开启自屏蔽电子加速器辐照装置，严格按照操作流程检查各项安全联锁装置的有效性，同时做好个人的防护，佩戴个人剂量报警仪及个人剂量计。

(2) 定期监测自屏蔽电子加速器辐照装置周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。

(3) 定期认真地对本公司自屏蔽电子加速器辐照装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，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。

(4) 凡涉及对自屏蔽电子加速器辐照装置进行操作，必须有明确的操作规程，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(5) 每日对自屏蔽电子加速器辐照装置的常用安全设备进行检查，包括安全联锁控制显示状况，辐照装置安全联锁控制显示状况，个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况等，发现异常情况时必须及时修复。

(6) 每月对自屏蔽电子加速器辐照装置的安全设备或安全程序进行定期检查，包括加速器控制柜及其他所有紧急停止按钮的有效性等，验证安全联锁功能的有效性，发现异常情况时必须及时修复或改正。

(7) 每 6 个月对自屏蔽电子加速器辐照装置的安全状况进行定期检查，包括配合年检修的检测，全部安全设备和控制系统运行情况，发现异常情况必须及时采取改正措施。

(8) 自屏蔽电子加速器辐照装置遇到故障时，公司将联系厂家人员进行维修。公司不自行维修自屏蔽电子加速器辐照装置，维修人员维修前取下钥匙开关，以防发生辐射事故。

(9) 设立故障及异常情况下的安全保障控制程序：

a) 停电情况下，全部安全联锁系统失去作用。这时，自屏蔽电子加速器辐照装置不能加高压，不能开机。

b) 计算机控制程序故障，系统能自动停机。

c) 人员开启自屏蔽电子加速器辐照装置时，佩戴个人剂量报警仪，一旦报警仪报警，应立即按下急停开关。

通过定期检查确保辐射安全措施正常运行，如有失效必须及时修理，不能“带病作业”。通过日常自行检测及委托年度检测，及时发现辐射异常区域并查明原因进行整改，避免自屏蔽电子加速器辐照装置周边人员受到异常照射或超剂量照射。

2.2 X 射线轮胎检测系统辐射事故预防措施

(1) 企业内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

(2) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。在进行射线装置调试前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机调试。

(3) 辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

3 辐射事故处置方法

本项目拟使用的自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统属于 II 类射线装置，根据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。在发生事故后：

(1) 事故情况下立即切断自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统高压控制开关的电源，组织人员保护现场，迅速报告公司安全和保卫部门进行事故处理，在

- 1 小时内上报生态环境、公安等有关管理部门，并做好辐射事故档案记录；
- (2) 发生人员受照事故时，迅速安排受照人员接受医学检查和救治，建立并保存相应的医疗档案；
- (3) 辐射事故发生后，积极配合生态环境、公安等管理机关做好事故调查和善后处理；
- (4) 对发生事故的自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统，请有关供货单位或相关的检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，提出改进意见，并保存记录。

当发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《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》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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；辐射工作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。

中策橡胶（金坛）有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备15名辐射工作人员，其中3名辐射工作人员应通过生态环境部培训平台“工业辐照电子加速器”类考核，12名辐射工作人员应通过“X射线探伤”类考核，公司辐射防护负责人还应通过“辐射安全管理”类的线上考核，辐射防护负责人仅负责辐射安全管理工作，不兼职射线装置的操作。所有辐射工作人员均需考核合格后方可上岗。辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

中策橡胶（金坛）有限公司拟按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定为本项目制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射安全和防护管理制度、设备维修检修制度、人员培训计划、监测方案等，并在以后的实际工作中对各种管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对其提出相应的建议和要求：

操作规程：明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，辐射工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

岗位职责：明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统的安全防护和维修要落实到个人。

设备检修维护制度：明确自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统各项安

全联锁装置及设施在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统的辐射安全设施有效地运转。明确定期对电子加速器辐照装置、X 射线轮胎检测系统和辐射监测设备进行检查、维护，包括日检查、月检查和半年检查，并建立维修维护记录制度，对运行及维修维护期间进行日志记录；发现问题应及时维修，确保电子加速器辐照装置、X 射线轮胎检测系统、安全设施、辐射监测仪器等仪器设备保持良好工作状态。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：明确监测频次和监测项目，主要包括个人剂量监测和工作场所监测，监测方式包括企业自主监测和有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，定期上报生态环境行政主管部门。发现个人剂量异常的，对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。公司应当对本单位的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 日前提交上一年度的评估报告。

台帐管理制度：建立健全的射线装置使用台账登记制度，并在日常工作中落实到位，对公司电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统的使用时间、使用工况及使用人员等信息均需记录在台账上，做到有据可查。

辐射事故应急预案：成立辐射事故应急指挥小组，明确各小组成员的职责与分工，以及应急事故处理相关的联系方式。定期组织应急人员进行应急演练，在演练过程中发现问题能够及时解决。明确应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备，明确辐射事故分类与应急响应的措施。

辐射监测

1 监测仪器

根据《粒子加速器辐射防护规定》中“每台加速器必须根据其特点配备其他的辐射监测装置，如个人剂量计、可携式监测仪”以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，中策橡胶（金坛）有限公司应配备与辐射类型相适应的防护用品和监测仪器。

中策橡胶（金坛）有限公司现有 1 台便携式辐射巡测仪和 3 台个人剂量报警仪，拟为本项目配备 5 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

2 监测方案

中策橡胶（金坛）有限公司应定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所周围的辐射水平进行监测；在开展辐照作业及无损检测作业时，公司应定期对辐射工作场所及周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均应佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每 1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司应定期（不超过 2 年/次）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司应对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
自屏蔽电子加速器辐照装置	周围剂量当量率	竣工验收监测，委托有资质的单位进行	1 次	①四周屏蔽体及底部屏蔽体外 5cm 处； ②防护门外 5cm 处及门缝隙处； ③物料进出口外 5cm 处； ④电缆口、通风口外 5cm 处； ⑤操作位处； ⑥监督区周围； ⑦评价范围内其他保护目标处。
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	1 次/3 个月	
4 台 X 射线轮胎检测系统		竣工验收监测，委托有资质的单位进行	1 次	①装置四周屏蔽体外 30cm 处，每个屏蔽体至少测 3 个点； ②工件门和维修门外 30cm 处，门左、中、右侧 3 个点和门缝四周各一个点； ③人员操作位处； ④装置周围环境保护目标处。
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	1 次/3 个月	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	1 次/3 个月	/

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相

关要求，中策橡胶（金坛）有限公司拟针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

公司拟依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，建立应急机构，明确人员职责分工，加强应急人员的组织、培训，同时做好与所在市、（县区）辐射事故应急预案和实施程序的衔接，完善辐射事故分类与应急响应措施，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练，落实相关要求。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急预案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

中策橡胶（金坛）有限公司位于常州市金坛区金湖北路 366 号。公司东侧为金湖路及空地，南侧为港东路，西侧为戴庄路及丹金溧漕河，北侧为柘荡河。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建于半钢子午胎车间（一）西部，半钢子午胎车间（一）为 1 层建筑。自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址东侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、生产线及通道，南侧为通道、胎侧产线及胎面产线，西侧为传送带、液压站及润滑站、液压站及润滑站机头区、通道、厂内道路及炼胶车间，北侧为通道、生产线、带束库区域、钢丝带束台车立体库区域及赛象钢丝截断区，正上方、正下方无建筑。

本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统拟建于半钢子午胎车间（一），其中 3 台 X 射线轮胎检测系统（1~3 号）拟建于半钢子午胎车间（一）东部（从北到南依次为 1 号 X 射线轮胎检测系统、2 号 X 射线轮胎检测系统、3 号 X 射线轮胎检测系统），1 台 X 射线轮胎检测系统（4 号）拟建于半钢子午胎车间（一）东北部。1~3 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、合格线、分拣环线、轮胎码垛区、人工码垛区及厂内道路，南侧为通道、修补区、气泡机、X 射线轮胎检验机、消防车通道、保养间及餐厅，西侧为输送线、消防车通道、分拣环线及胶囊制备区，北侧为通道及生产线，正上方、正下方无建筑。4 号 X 射线轮胎检测系统拟建址东侧为智能激光器、对中机构、通道、厂内道路及装卸区，南侧为通道、测试区、合格线及轮胎码垛区，西侧为通道、机检环线、机检分流口、测试区、消防车通道及小轻卡分流循环线，北侧为厂内道路、模具库及钢帘库及停车位，正上方、正下方无建筑。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址边界外 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员及自屏蔽电子加速器辐照装置及 X 射线轮胎检测系统拟建址周围评价范围内的公众人员。

1.2 实践正当性评价

本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电

离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

1.3 项目布局及分区

1.3.1 电子加速器辐照装置布局及分区

公司拟在半钢子午胎车间（一）西部建设1台EB500型电子加速器辐照装置，自屏蔽电子加速器辐照装置的进出料口拟朝向东西侧摆放，EB500型电子加速器辐照装置为两层结构，辐照室位于下方，二层为设备平台，加速器钢筒、传送管道、高压电源钢筒及进排风机均摆放在二层平台上，加速器控制柜拟设于加速器的南侧。整个辐照工艺流程流水线为自动运行，工作人员在加速器控制柜前设置、监控加速器各项指标运行参数，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置布局合理可行。

公司拟将自屏蔽电子加速器辐照装置（含辐照室、加速器钢筒、传送管道、高压电源钢筒及二层平台）划为控制区，在装置表面醒目位置设置电离辐射警告标志，运行时任何人员无法进入；拟将装置东侧及西侧1m区域、南侧及北侧1.5m区域（含加速器控制柜）划为监督区，拟在监督区边界设围栏，监督区入口设置监督区标牌，运行时无关人员不得进入。该分区管理能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射工作场所的分区规定。

1.3.2 X射线轮胎检测系统布局及分区

公司拟在半钢子午胎车间（一）新建的4台X射线轮胎检测系统均包括铅房、轮胎输送系统及操作台等，主射线朝南侧、北侧、顶部和底部照射，操作室位于铅房西南侧，避开了有用线束照射方向，本项目X射线轮胎检测系统布局设计满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中关于操作室与探伤室分开设置及操作室应避开有用线束照射方向的要求，布局设计合理。

本项目拟将X射线轮胎检测系统铅房作为辐射防护控制区，在铅房表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将操作室、铅房东侧及西侧1.5m区域、铅房南侧及北侧1m区域作为辐射防护监督区，拟在监督区出入口处设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，监督区边界设置实体围栏，并设立标明监督区的标牌，工作时无关人员等不得进入。辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射工作场所的分区规定。

1.4 辐射安全措施

1.4.1 电子加速器辐照装置辐射安全措施

- ①加速器电子束控制系统配备钥匙开关；②电子加速器辐照装置物料进出口侧的四

层钢板及屏蔽门（即维修门）均与束流控制和加速器高压联锁；③加速器装置的控制与束下装置联锁；主屏蔽体设计有通风联锁装置；④电子加速器辐照装置设备平台处设计1个具灯光和音响警示信号的工作状态指示灯；⑤加速器控制柜及配电柜共设计2个紧急停机按钮，加速器辐照室出料口侧设计有1个急停拉绳开关；⑥电子加速器辐照装置主屏蔽体的顶部设置围栏，在围栏爬梯底部爬梯门处设置门机联锁，爬梯门与加速器束流控制和加速器高压联锁；⑦电子加速器辐照装置辐照室物料进出口各拟设1个辐射监测系统与剂量联锁装置；⑧电子加速器辐照装置四周拟设置防护围栏，进出料口侧拟设置光栅，围栏进出门及光栅均与加速器束流控制和加速器高压联锁；⑨电子加速器辐照装置进出料口侧围栏处各拟设置1个摄像头。

1.4.2 X射线轮胎检测系统辐射安全措施

①X射线轮胎检测系统的操作台处拟设置钥匙开关；②X射线轮胎检测系统操作台处拟设置1个急停按钮，铅房内东侧及西侧各拟设置1个急停按钮；③X射线轮胎检测系统的工件门、维修门均设置门机联锁装置；④X射线轮胎检测系统铅房东侧及西侧各拟设置1个警示灯，警示灯与X射线管联锁；⑤X射线轮胎检测系统铅房表面明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；⑥X射线轮胎检测系统四周拟设置防护围栏，进出料口侧拟设置光栅，围栏进出门及光栅均与X射线管联锁；⑦X射线轮胎检测系统铅房内东北角拟设置1个视频监控，东西侧围栏上各拟设置1个视频监控。

在落实以上措施后，本项目辐射安全措施能够满足辐射安全防护要求。

1.5 辐射安全管理

中策橡胶（金坛）有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。公司拟根据相关法条例及本报告提出的要求制定辐射安全管理制度。公司拟为本项目配备15名辐射工作人员，辐射工作人员应通过生态环境部培训平台考核，考核合格后方可上岗，辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可再次上岗。

中策橡胶（金坛）有限公司现有1台便携式辐射巡测仪和3台个人剂量报警仪，拟为本项目配备5台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司应定期（不少于1次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立完整的个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

2.1.1 电子加速器辐照装置辐射防护影响预测

根据理论预测可知，本项目加速器辐照室及加速器钢筒等的辐射防护设计均能满足防护要求；通风管道的设置合理可行，未破坏加速器屏蔽体的屏蔽效果，辐射屏蔽设计能够满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）中I类电子束辐照装置表面外5cm处空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的要求。

2.1.2 X射线轮胎检测系统辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目X射线轮胎检测系统运行后周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的辐射剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论分析预测，本项目辐射工作人员及公众年受照剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.1mSv ）。

2.3 三废处理处置

公司本次自屏蔽电子加速器辐照装置拟采用机械排风，电子加速器辐照室内空气在电子及韧致辐射作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，装置排风口拟接通风管道引至车间外排放，外部排风口拟设于车间顶部外，高于车间顶部2m，高于周围其它建筑物；臭氧在常温下50min可自行分解为氧气，对环境影响较小。

本项目X射线轮胎检测系统工作时产生的X射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，产生的臭氧及氮氧化物通过铅房顶部通风口排入车间，通过车间通风系统排入外环境。臭氧在空气中50min可自行分解，对周围环境空气质量影响较小。

本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要为办公过程产生少量的生活废水和办公垃圾，该两种污染物的处置依托公司现有的生活污水处理系统和保洁措施，统一收集后进入城市污水管网及垃圾处理站集中处理，对外环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，中策橡胶（金坛）有限公司扩建5台II类射线装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安

全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议与承诺

- (1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- (2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。
- (3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。
- (4) 项目建设完成后，企业应及时办理辐射安全许可证。
- (5) 项目投产运行后，企业应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月，最长不超过12个月。

本项目辐射安全措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全和防护措施	1、本项目加速器主体为自屏蔽装置，主屏蔽体屏蔽设计如下：	加速器屏蔽体周围参考点的辐射剂量率均能够满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)中I类电子束辐照装置表面外5cm处空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的要求；同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv	318
	1、本项目电子加速器辐照装置拟设置以下辐射安全措施：①加速器电子束控制系统配备钥匙开关；②电子加速器辐照装置物料进出口侧的四层钢板及屏蔽门（即维修门）均与束流控制和加速器高压联锁；③加速器装置的控制与束下装置联锁；主屏蔽体设计有通风联锁装置；④电子加速器辐照装置设备平台处设计1个具灯光和音响警示信号的工作状态指示灯；⑤加速器控制柜及配电柜共设计2个紧急停机按钮，加速器辐照室出料口侧设计有1个急停拉绳开关；⑥电子加速器辐照装置主屏蔽体的顶部设置围栏，在围栏爬梯底部爬梯门处设置门机联锁，爬梯门与加速器束流控制和加速器高压联锁；⑦电子加速器辐照装置辐照室物料进出口各拟设1个辐射监测系统与剂量联锁装置。⑧电子加速器辐照装置四周拟设置防护围栏，进出料口侧拟设置光栅，围栏进出门及光栅均与加速器束流控制和加速器高压联锁；⑨	满足相关标准中关于辐射安全设施的相关要求	

	电子加速器辐照装置进出料口侧围栏处各拟设置 1 个摄像头。 2、本项目 4 台 X 射线轮胎检测系统拟设置以下辐射安全措施：①X 射线轮胎检测系统的操作台处拟设置钥匙开关；②X 射线轮胎检测系统操作台处拟设置 1 个急停按钮，铅房内东侧及西侧各拟设置 1 个急停按钮；③X 射线轮胎检测系统的工件门、维修门均设置门机联锁装置；④X 射线轮胎检测系统铅房东侧及西侧各拟设置 1 个警示灯，警示灯与 X 射线管联锁；⑤X 射线轮胎检测系统铅房表面明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；⑥X 射线轮胎检测系统四周拟设置防护围栏，进出料口侧拟设置光栅，围栏进出门及光栅均与 X 射线管联锁；⑦X 射线轮胎检测系统铅房内东北角拟设置 1 个视频监控，东西侧围栏上各拟设置 1 个视频监控。		
人员配备	公司拟为本项目配备 15 名辐射工作人员，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可上岗	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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求	定期投入
	本项目拟配备的 15 名辐射工作人员均拟开展个人剂量监测，送检周期最长不超过 3 个月/次，并拟建立辐射工作人员个人剂量监测档案		
	本项目拟配备的 15 名辐射工作人员均拟定期进行职业健康体检，体检周期不超过 2 年/次，并拟建立职业健康监护档案		
监测仪器和防护用品	公司现有 1 台便携式辐射巡测仪和 3 台个人剂量报警仪，拟为本项目 5 台个人剂量报警仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	2
辐射安全管理 制度	公司拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、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、辐照装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性	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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	/

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

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