

2025-F-070

核技术利用建设项目

中策橡胶（金坛）有限公司

新建 2 台 II 类射线装置项目

环境影响报告表


中策橡胶（金坛）有限公司
2025 年 6 月

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

新建 2 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：213299

联系人：

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.....	15
表 9	项目工程分析与源项.....	20
表 10	辐射安全与防护.....	31
表 11	环境影响分析.....	37
表 12	辐射安全管理.....	54
表 13	结论与建议.....	58
表 14	审批.....	64

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中策橡胶（金坛）有限公司新建 2 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 号炼胶车间、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）		1100	项目环保投资（万元）	290	投资比例（环保投资/总投资） 26.4%	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input 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	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他	/				

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 7）。

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）有限公司拟在炼胶车间 1 层北部新建 1 台 EB500（双机头）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。EB500（双机头）型电子加速器辐照装置含有 2 套屏蔽结构及尺寸完全一致的加速器主屏蔽体及高压电源等，其加速器主屏蔽体屏蔽结构、参数及相应的通风管道、冷却水管及物料进出口屏蔽补偿措施均完全一致，相当于 2 套并列布置的 EB500 型电子加速器辐照装置。

公司拟在半钢子午胎车间（一）东南角新建 1 台轮胎 X 射线检验机，用于对公司生产的轮胎进行无损检测。检测轮胎外径约为 500mm~1050mm，断面宽度约为 100mm~400mm。本项目轮胎 X 射线检验机的型号为 PX-3 型，最大管电压为 100kV，最大管电流为 30mA，额定功率为 300W。公司拟将轮胎 X 射线检验机工件门朝西侧摆放，工作时主射线朝东侧、西侧、顶部和底部照射，操作台位于装置南侧。

本项目拟配备 5 名辐射工作人员，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；轮胎 X 射线检验机拟配备 2 名辐射工作人员，实行一班制，X 射线检验机每班工作 8 小时，开机曝光时间约为 6h，年工作 300 天，周开机曝光时间约为 36 小时，年开机曝光时间约为 1800 小时。

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)	束流 (mA)	功率	射线装置类别	工作场所名称	备注
1	EB500（双机头）型电子加速器辐照装置	1 台	0.5	100	50kW	II	炼胶车间 1 层北部	装置左右侧各 1 个机头
			0.5	100	50kW			
2	PX-3 型轮胎 X 射线检验机	1 台	最大管电压： 100kV	最大管电流： 30mA	300W	II	半钢子午胎车间（一）东南角	主射线朝东侧、西侧、顶部和底部照射

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 1-1。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炼胶车间 1 层北部，炼胶车间为 3 层建筑。自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址东侧为压延 1 线、纤维库及通道，南侧为通道、压延 2 线、钢丝锭子房、钢丝库及炼胶区，西侧为压延 1 线及通道，北侧为厂内道路及停车场，正上方 2 层、3 层目前空置，下方为土层，炼胶车间 1 层平面布局图见附图 3，2 层平面布局图见附图 4。

本项目轮胎 X 射线检验机拟建于半钢子午胎车间（一）东南角，半钢子午胎车间（一）为 1 层建筑，车间南侧辅房为 2 层建筑。轮胎 X 射线检验机拟建址东侧为通道、厂内道路、1#成品库（拟建），南侧为通道、楼梯、厕所、餐厅、保养间、厂内道路、机修车间及浴室，西侧为气泡机、自动分拣循环线、分拣环线、修补区，北侧为人工码垛区及轮胎码垛区，上方无建筑，下方为土层，半钢子午胎车间（一）局部平面布局图见附图 5。

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用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轮胎 X 射线检验机拟建址边界周围 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轮胎 X 射线检验机拟建址边界外 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轮胎 X 射线检验机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

本项目为该单位首次开展核技术利用项目。

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轮胎 X 射线检验机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 (双机头) 型	电子	0.5MeV	100mA	辐照改性	炼胶车间 1 层北部	装置左右侧各 1 个机头
						0.5MeV	100mA			
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	轮胎 X 射线检验机	II	1 台	PX-3 型	100	30	无损检测	半钢子午胎车间 (一) 东南角	主射线朝东侧、西侧、顶部和底部照射，额定功率为 300W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (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，轮胎 X 射线检验机臭氧及氮氧化物，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 5t	约 60t	/	无暂存	排入城市污水管网
生活垃圾	固态	/	/	约 62.5kg	约 750kg	/	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 年修订版), 2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号公布实施, 2018 年 12 月 29 日修订, 2018 年 12 月 29 日起施行</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, 2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录 (2021 年版)》, 部令第 16 号, 自 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 6 日起施行</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), 生态环境部令第 20 号, 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环保部令第 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 日起施行</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, 2020 年 1 月 1 日起施行</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 11 月 1 日起施行</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 年修订版), 江苏省第十三届人民代</p>
------	--

	<p>表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行</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 11 月 9 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>
<p>技术 标准</p>	<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>

其他	<p>报告附件：</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 项目委托书（附件 1）(2) 射线装置使用承诺书（附件 2）(3) 屏蔽设计参数说明（附件 3）(4) 本项目辐射环境现状检测报告（附件 4）(5) 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置参数承诺书（附件 5）(6) 本项目轮胎 X 射线检验机参数说明（附件 6）(7) 《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》环境影响报告书批复复印件（附件 7）(8) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（附件 8）
----	---

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及轮胎 X 射线检验机拟建址边界周围 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《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《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 号及《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），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及常州市金坛区 2023 年度生态空间管控区域，本项目与江苏省生态空间管控单元相对位置关系图见附图 1-2，江苏省生态环境分区管控综合查询报告书见附件 8。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，利用轮胎 X 射线检验机进行无损检测，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轮胎 X 射线检验机拟建址周围 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轮胎 X 射线检验机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轮胎 X 射线检验机周围 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	操作位及加速器周围	四周	紧邻	3 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
	公众	压延 1 线	东侧	紧邻	约 4 人	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
		纤维库		约 21m	流动人员	
		通道		约 20m	流动人员	

		通道	南侧	紧邻	流动人员	
		压延 2 线		约 7m	约 8 人	
		钢丝锭子房		约 15m	约 2 人	
		钢丝库		约 33m	流动人员	
		炼胶区		约 27m	约 20 人	
		压延 1 线	西侧	紧邻	约 4 人	
		通道		约 32m	流动人员	
		厂内道路	北侧	约 0.5m	流动人员	
		停车场		约 25m	流动人员	
		2 层、3 层空置区及生产区	楼上	约 4m	约 50 人	
轮胎 X 射线检验机	辐射工作人员	操作位	南侧	紧邻	2 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
	公众	通道	东侧	紧邻	流动人员	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
		厂内道路		约 3m	流动人员	
		1#成品库（拟建）		约 19m	约 15 人	
		通道、楼梯、厕所、餐厅、保养间	南侧	约 6m	流动人员	
		厂内道路		约 24m	流动人员	
		机修车间		约 44m	约 10 人	
		浴室		约 48m	流动人员	
		辅房二楼	西侧	约 11m	约 4 人	
		自动分拣循环线		约 3m	流动人员	
		气泡机		约 5m	流动人员	
		分拣环线		约 19m	约 8 人	
		修补区		约 27m	约 4 人	
		人工码垛		约 9m	约 6 人	
		轮胎码垛区		约 25m	约 4 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。

<p>公众照射 剂量限值</p>	<p>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。</p>
----------------------	--

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2.5μGy/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**2.5μGy/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》(GBZ117-2002)

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2.5μSv/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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

确定本项目轮胎X射线检验机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 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ 。

(2) 轮胎X射线检验机屏蔽体外30cm处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 轮胎X射线检验机顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ (本项目轮胎X射线检验机顶部人员不可达)。

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 1-1。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炼胶车间 1 层北部，炼胶车间为 3 层建筑。自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址东侧为压延 1 线、纤维库及通道，南侧为通道、压延 2 线、钢丝锭子房、钢丝库及炼胶区，西侧为压延 1 线及通道，北侧为厂内道路及停车场，正上方 2 层、3 层均为空置区，下方为土层，炼胶车间 1 层平面布局图见附图 3，2 层平面布局图见附图 4。

本项目轮胎 X 射线检验机拟建于半钢子午胎车间（一）东南角，半钢子午胎车间（一）为 1 层建筑，车间南侧辅房为 2 层建筑。轮胎 X 射线检验机拟建址东侧为通道、厂内道路、1#成品库（拟建），南侧为通道、楼梯、厕所、餐厅、保养间、厂内道路、机修车间及浴室，西侧为气泡机、自动分拣循环线、分拣环线、修补区，北侧为人工码垛区及轮胎码垛区，上方无建筑，下方为土层，半钢子午胎车间（一）局部平面布局图见附图 5。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及轮胎 X 射线检验机拟建址边界外 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轮胎 X 射线检验机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（炼胶车间）



本项目电子加速器辐照装置拟建址南侧（炼胶车间）



本项目电子加速器辐照装置拟建址西侧（炼胶车间）



本项目电子加速器辐照装置拟建址北侧（厂内道路）



本项目电子加速器辐照装置拟建址楼上2层（空置区）



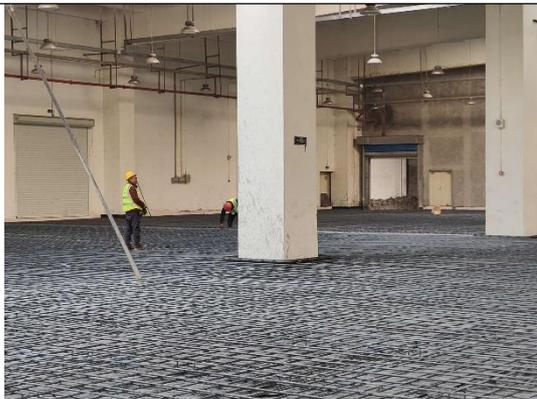
本项目电子加速器辐照装置拟建址处



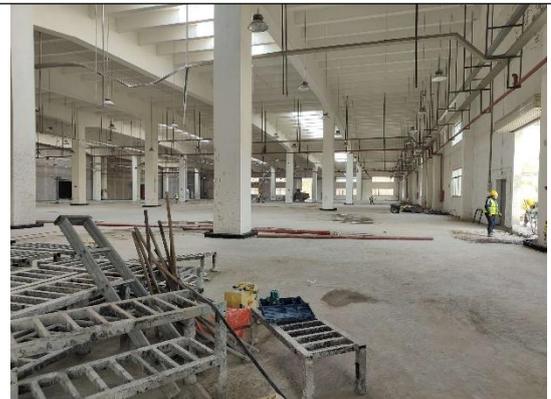
本项目轮胎 X 射线检验机拟建址东侧（厂内道路）



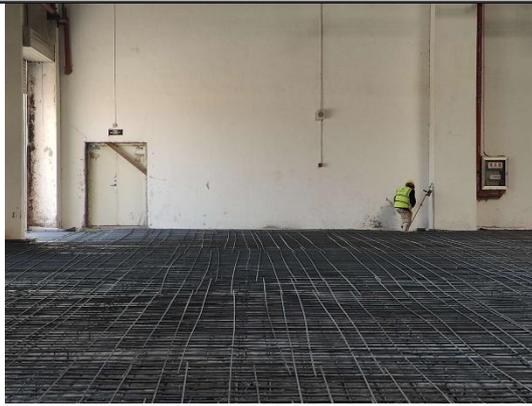
本项目轮胎 X 射线检验机拟建址南侧（半钢子午胎车间（一））



本项目轮胎 X 射线检验机拟建址西侧（半钢子午胎车间（一））



本项目轮胎 X 射线检验机拟建址北侧（半钢子午胎车间（一））



本项目轮胎 X 射线检验机拟建址处

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、轮胎 X 射线检验机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、轮胎 X 射线检验机拟建址周围布置监测点位，共计 11 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、轮胎 X 射线检验机拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，检定有效期：2024.10.23~2025.10.22，检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h，能量响应：48keV~4.4MeV）

监测时间：2025 年 1 月 2 日、2025 年 6 月 16 日

环境条件：2025 年 1 月 2 日：天气：晴 温度：12.0℃ 湿度：54.5%RH

2025 年 6 月 16 日：天气：晴 温度：31℃ 湿度：48.3%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。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 HJ

1157-2021 中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy

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 4。

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	加速器拟建址处	93.8	楼房
2	加速器拟建址东侧	88.9	楼房
3	加速器拟建址南侧	88.9	楼房
4	加速器拟建址西侧	87.4	楼房
5	加速器拟建址北侧	84.5	道路
6	加速器拟建址正上方（二层空置区）	76.6	楼房
7	轮胎 X 射线检验机拟建址处	72.2	平房
8	轮胎 X 射线检验机拟建址东侧	74.1	道路
9	轮胎 X 射线检验机拟建址南侧	76.2	平房
10	轮胎 X 射线检验机拟建址西侧	74.4	平房
11	轮胎 X 射线检验机拟建址北侧	72.0	平房

注：上表数据已扣仪器宇响值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子楼房取 0.8，平房取 0.9，道路取 1。

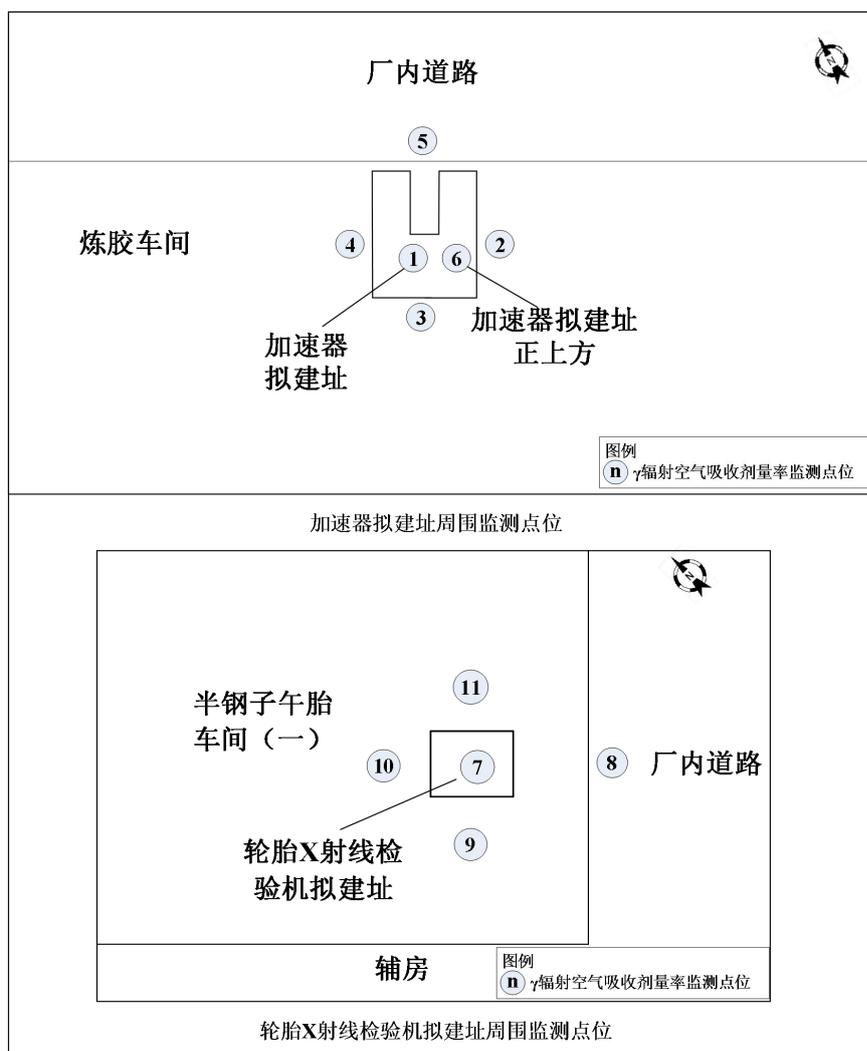


图 8-2 本项目拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

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轮胎 X 射线检验机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（72.0~93.8）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为（74.1~84.5）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，室外道路 γ 辐射水平为（18.1~102.3）nGy/h，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及轮胎 X 射线检验机拟建址周围 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内外测值范围内，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，拟在炼胶车间 1 层北部新建 1 台 EB500（双机头）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；拟在半钢子午胎车间（一）东南角新建 1 台轮胎 X 射线检验机，用于对轮胎的无损检测工作。

1.1 电子加速器辐照装置

本项目 EB500（双机头）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（双机头）型电子加速器为立式自屏蔽电子加速器辐照装置，含有 2 套屏蔽结构及尺寸完全一致的加速器主屏蔽体及高压电源等，相当于 2 套并列布置的 EB500 型电子加速器辐照装置，本项目的 2 套电子加速器主屏蔽体（辐照室）呈东西并列布置。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、束下生产线等及高压电源；二层为设备平台，包括加速钢筒、电源钢筒等。公司使用的电子加速器结构示意图见图 9-1，三维效果图见图 9-2。

图 9-1 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置结构示意图

图 9-2 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置三维效果图

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	EB500（双机头）型	
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度的传感器。在扫描漂移管的一侧设置有用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。

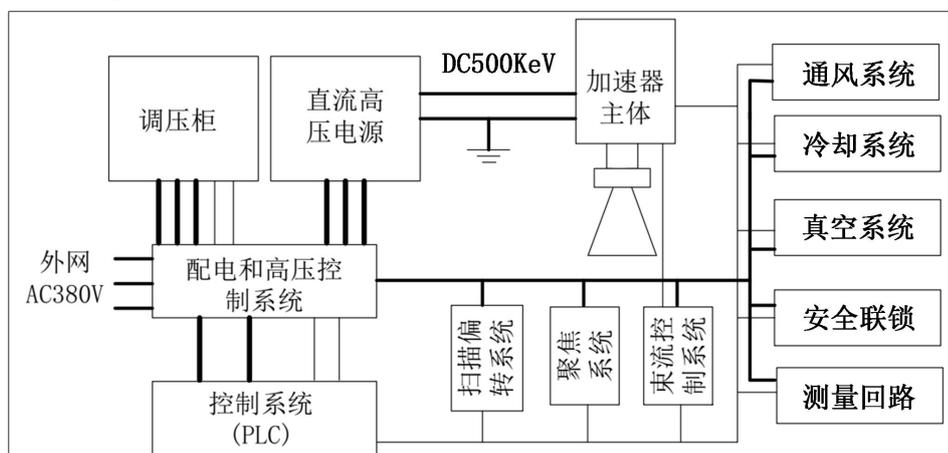


图 9-3 常用电子加速器系统结构图

1.2 轮胎 X 射线检验机

公司拟在半钢子午胎车间（一）东南角新建 1 台轮胎 X 射线检验机，用于对公司生产的轮胎进行无损检测。检测轮胎外径约为 500mm~1050mm，断面宽度约为 100mm~400mm。轮胎 X 射线检验机的型号为 PX-3 型，最大管电压为 100kV，最大管电流为 30mA，额定功率为 300W。公司拟将轮胎 X 射线检验机工件门朝西侧摆放，工

作时主射线朝东侧、西侧、顶部和底部照射，操作台位于装置南侧。本项目轮胎 X 射线检验机东侧设有维修门，正常情况下不打开，仅用于维修维护状态下专业人员进入。

本项目轮胎 X 射线检验机主要由铅房、轮胎输送系统、翻转夹持装置、驱动装置、测试机构及操作室等组成。轮胎 X 射线检验机的 X 射线管出束角度为 $6^{\circ} \times 280^{\circ}$ ，X 射线管在水平方向不可移动，在竖直方向可移动 191mm。X 射线管距东侧屏蔽体外侧距离为 569mm，距南侧屏蔽体外侧距离为 1021mm，距西侧屏蔽体外侧距离为 2094，距北侧屏蔽体外侧距离为 1021mm，距顶部屏蔽体外侧最近距离为 1282mm，距底部屏蔽体外侧最近距离为 1256mm，本项目轮胎 X 射线检验机外观图见图 9-4，内部结构图见图 9-5，X 射线管内部尺寸示意图见图 9-6。

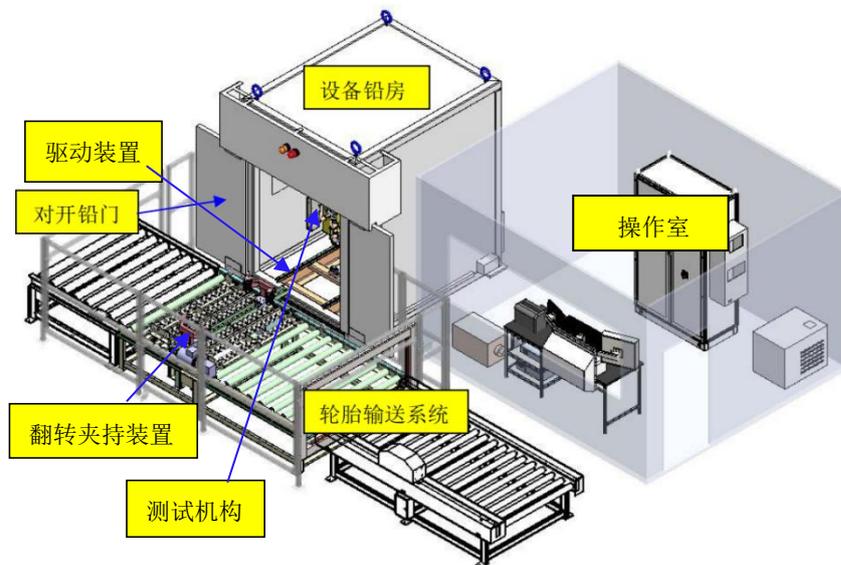


图 9-4 本项目 X 射线轮胎检验机外观图

图 9-5 本项目 X 射线轮胎检验机内部结构图

图 9-6 本项目 X 射线管内部尺寸示意图

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 9-7。

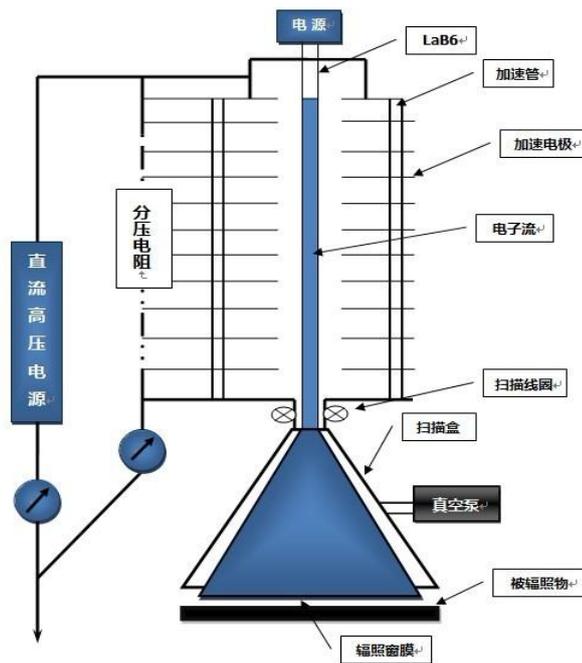


图 9-7 电子加速器工作原理示意图

2.2 轮胎 X 射线检验机工作原理

2.2.1 X 射线产生原理

轮胎 X 射线检验机核心部件是 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 9-8。

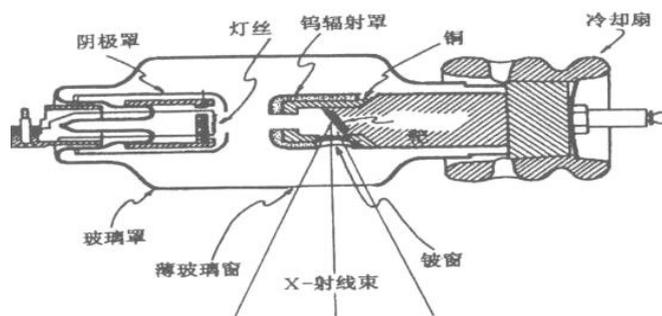


图 9-8 典型的 X 射线管结构图

2.2.2 轮胎 X 射线检验机原理

轮胎 X 射线检验机基本原理是 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 9-9。

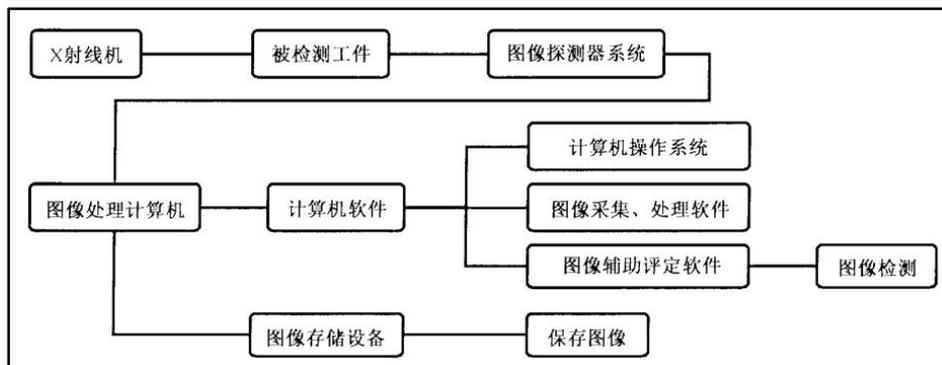


图 9-9 典型轮胎 X 射线检验机工作原理图

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 9-10。

- (1) 将待加工的轮胎橡胶材料经加速器下端东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) 加速器 2 套电源同时启动，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、 O_3 、 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西部屏蔽室出料口传出。

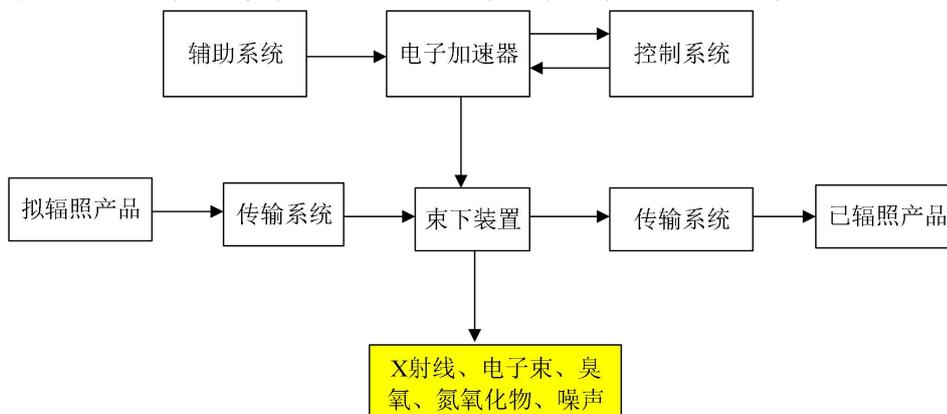


图 9-10 本项目辐照加工工艺流程和主要产污环节图

3.2 X射线轮胎检验机工作流程及产污环节

将检测轮胎通过到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轮胎 X 射线检验机进行检查，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翻转夹持装置，翻转夹持装置夹紧轮胎将轮胎翻转至竖直状态，驱动轮胎进入铅房，辐射工作人员无需进入铅房操作。

(3) 辐射工作人员操作台处调整 X 射线管、探测器至测试位置，关闭工件门。

(4) 辐射工作人员驱动轮胎旋转，开启 X 射线实时成像系统进行检测，检测过程中会产生 X 射线及少量 O_3 、 NO_x 。

(5) 通过操作台处的显像器对被检轮胎的缺损状况进行辨别；

(6) 检测完毕后，关机，轮胎停止旋转，轮胎通过驱动装置传送至轮胎输送系统，同时下一个轮胎被送入开始下一轮检测。

本项目轮胎 X 射线检验机工作流程及产污环节示意图见图 9-11。

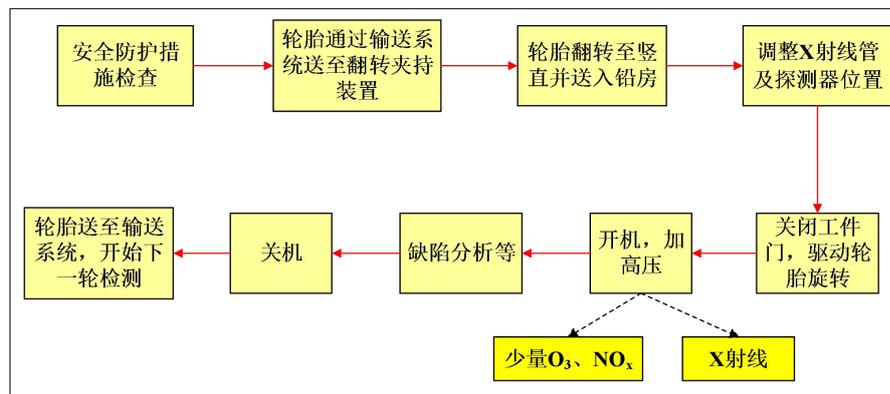


图9-11 本项目轮胎X射线检验机工作流程及产污环节分析示意图

4 工作机制

本项目拟配备 5 名辐射工作人员，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；轮胎 X 射线检验机拟配备 2 名辐射工作人员，实行一班制，X 射线检验机每班工作 8 小时，开机曝光时间约为 6h，年工作 300 天，周开机曝光时间约为 36 小时，年开机曝光时间约为 1800 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 5），本项目自屏蔽电子加速器辐照装置相当于 2 套并列布置的 EB500 型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 0.07Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹，0°方向上的 X 射线发射率为 0.008Gy·m²·mA⁻¹·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 5），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，最大束流损失率约 0.4%（即 4μA），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	EB500（双机头）型	
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 （Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹ ）		
90°方向的 X 射线发射率 （Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹ ）		
最大束流损失率		
束流损失点能量（MeV）		

1.2 轮胎 X 射线检验机辐射污染源分析

由轮胎 X 射线检验机工作原理可知，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。根据生产厂家提供的装置参数说明文件（附件6），本项目轮胎X射线检验机X射线管滤过材料为2mmBe，阳极靶材料为钨，X射线管距辐射源点（靶点）1m处的输出量（100kV，3mA）为5.33mGy·m²/（mA·min）。

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1×10³μSv/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 本项目理论预测轮胎X射线检验机参数一览表

设备型号	PX-3型轮胎X射线检验机
最大管电压	
最大管电流	
额定功率	
出束角度	
滤过条件	
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。轮胎X射线检验机在工作状态时，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5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 75t/a，污水产生系数取 0.8，则生活污水产生量约 60t/a。生活垃圾按每人每天 0.5kg 计，产生量约为 750kg/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

公司拟在炼胶车间 1 层北部建设 1 台 EB500（双机头）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（双机头）型电子加速器辐照装置为两层结构，辐照室及高压电源钢筒均位于下方，二层设有平台，加速钢筒及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西南侧。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、高压电源及二层平台等）划为控制区（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；拟将装置东侧及南侧 1m 区域、西侧 1~4.3m 区域、北侧 0.5m 区域（含加速器控制柜）划为监督区（附图 6 中蓝色阴影区域），拟在监督区边界设围栏（北侧利用现有车间墙体），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 轮胎 X 射线检验机工作场所布局与分区

公司拟在半钢子午胎车间（一）新建 1 台轮胎 X 射线检验机包括铅房、轮胎输送系统及操作室等，主射线朝东侧、西侧、顶部和底部照射，操作室位于铅房南侧，避开了有用线束照射方向，本项目轮胎 X 射线检验机布局设计满足《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。

本项目拟将轮胎 X 射线检验机铅房作为辐射防护控制区（附图 7 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、西侧 2.68m×4.44m（轮胎输送系统）区域、南侧 0.5m 区域作为辐射防护监督区（附图 7 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，并设立表明监督区的标牌，工作时无关人员等不得进入。本项目轮胎 X 射线检验机平面布局及分区图见附图 7，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（双机头）型自屏蔽电子加速器辐照装置拟采用自屏蔽方式。EB500（双机头）型电子加速器辐照装置含有 2 套屏蔽结构及尺寸完全一致的加速器主屏蔽体及高压电源等，其加速器主屏蔽体屏蔽结构、参数及相应的通风管道、冷却水管及物料进出口屏蔽补偿措施均完全一致，相当于 2 套并列布置的 EB500 型电子加速器辐照装置。屏蔽设计图见附图 10，轮胎 X 射线检验机屏蔽设计图见附图 11，屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 本项目加速器及轮胎 X 射线检验机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 (2 个)	四周及顶部	
		四周	
	屏蔽室 (2 个)	屏蔽门	
		底部	
		顶部	
通风管道 (2 个)			
轮胎 X 射线检验机	铅房	规格尺寸 (内净)	
		四周	
		顶部	
		底部	
		工件门 (西侧)	
		维修门 (东侧)	
		通风口 (顶部)	
		电缆口 (北侧)	
		工件门/维修门洞	

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，同时控制 2 套加速器系统的运行。如取出该钥匙，2 套加速器系统自动停机。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中钥匙是唯一的且只能由当班辐射工作人员使用。

(2) 电子加速器辐照装置主屏蔽体通过四层钢板搭接而成，物料进出口侧的四层钢板可上下移动，任意层移动均设置四路以上行程开关联锁，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 2 个辐照室屏蔽门（即维修门）均与加速器束流控制和加速器高压联锁，任一维修门被打开时，加速器不能开机出束，加速器运行过程中，维修门若被打开，2 套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，2 套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能量联锁、束流联锁以及排风联锁等电子联锁装置，当加速器的能量和束流超出预先设定范围，或排风系统出现故障时，各联锁装置启动，2 套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主屏蔽体顶部设计工作状态指示灯，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。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一个紧急停机按钮，装置北侧 2 个配电柜分别设有 1 个紧急停机按钮，当紧急情况发生时，触发急停按钮，2 套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，在围栏爬梯上安装挡板并设置联锁保护开关，当挡板打开时，联锁开关启动，2 套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，2 个辐照室物料进出口拟各设 1 个检测探头，共计 4 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) 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置正常运行时，人员无法进入装置内部，故装

置内部未设置巡检按钮、防人误入装置、急停装置、摄像监控、烟雾报警等措施。

本项目电子加速器辐照装置辐射防护措施示意图见附图 8。

3.2 轮胎 X 射线检验机

(1) 本项目轮胎 X 射线检验机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) 轮胎 X 射线检验机操作台处拟设置 1 个急停按钮，铅房内东北角和西南角各拟设置 1 个急停按钮，轮胎传送系统北侧和南侧各设置 2 个急停按钮，按钮带有标签，表明使用方法。确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

(3) 轮胎 X 射线检验机的工件门、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) 轮胎 X 射线检验机上方设置 1 个警示灯，警示灯与 X 射线管联锁，轮胎 X 射线检验机工作时，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) 轮胎 X 射线检验机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) 轮胎 X 射线检验机铅房内东南角和西北角各拟设置 1 个视频监控，轮胎输送系统南侧拟设置 1 个视频监控，可通过监视设备运行情况。

(7) 轮胎 X 射线检验机外西侧拟设置固定式剂量报警装置的剂量探头和显示装置。

本项目轮胎 X 射线检验机辐射防护措施示意图见附图 9。

3.2.1 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 要求对轮胎 X 射线检验机进行检查，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轮胎 X 射线检验机时拟检查防护门-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轮胎 X 射线检验机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) 公司拟对轮胎 X 射线检验机的设备维护负责, 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。

3.2.2 探伤设备退役措施

当工轮胎 X 射线检验机不再使用时, 拟实施退役程序。

(1) 轮胎 X 射线检验机的 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北侧引出, 每个辐照室安装一台排风机 (风量 $3500\text{m}^3/\text{h}$)。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 5.4m^3 , 通风换气次数每小时可达 648 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 轮胎 X 射线检验机臭氧和氮氧化物处置措施

本项目轮胎 X 射线检验机工作时产生的 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。本项目铅房体积约为 11.4m^3 , 通风装置的通风量拟设置为 $380\text{m}^3/\text{h}$, 每小时能进行约 33 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轮胎 X 射线检验机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（双机头）型电子加速器辐照装置含有 2 套屏蔽结构及尺寸完全一致的加速器主屏蔽体及高压电源等，其加速器主屏蔽体屏蔽结构、参数及相应的通风管道、冷却水管及物料进出口屏蔽补偿措施均完全一致，相当于 2 套并列布置的 EB500 型电子加速器辐照装置。故本次仅预测单机头的 EB500 型加速器自屏蔽体屏蔽效果，同时考虑双机头 EB500 型加速器主屏蔽体外的辐射剂量叠加影响。

本项目电子加速器辐照装置单机头的最大能量为 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，因此本项目选取屏蔽室钢板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韧致辐射所致、与电子束入射方向呈 90°的韧致辐射初级 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°方向的韧致辐射初级 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°的韧致辐射初级 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：

$$H_M = \frac{B_X D_{10}}{d^2} (1 \times 10^6) \quad (11-1)$$

$$B_X = 10 \left\{ 1 + \left[\frac{S - T_l}{T_e} \right] \right\}$$

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

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_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的吸收剂量率， Gy/h ；

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad (11-2)$$

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

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，因此辐照室四周及顶部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，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 $Q(90^\circ) = 0.07\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，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 $D_{10}(90^\circ) = 210\text{Gy/h}$ 。

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 $Q(0^\circ) = 0.008\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ 。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 $D_{10}(0^\circ) = 33.6\text{Gy/h}$ 。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 $T_1=3.8\text{cm}$ ，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 10。

表 11-1 加速器辐照室屏蔽效果计算

参数	东侧/西侧 (A1/B1)	东侧/西侧 (A2/B2)	南侧 (C)	北侧 (D)	顶部 (E)	底部 (F)
S (cm)						
T_1 (cm)						
T_e (cm)						
B_x						
$d^{①}$ (m)						
D_{10} (Gy/h)						
H_M ($\mu\text{Sv/h}$)						
控制值 ($\mu\text{Sv/h}$)	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 $0.251\mu\text{Sv/h}$ ，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 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 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° 方向的韧致辐射初级 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° 方向上产生的韧致辐射初级 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 5），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

4 μ A，当束流损失大于 4 μ 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)		
Te (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

注：①靶点与参考点之间的距离 r 均为 CAD 中直接测量叠加参考点 0.05m，详见附图 10

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 μ Sv/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 μ Gy/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 0.001 μ Sv/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 μ Gy/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 4 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 10mmPb+2mm 不锈钢板，风管孔底部增加 30mmPb+5mm 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 10mm 钢板+30mmPb，侧面采用 10mm 钢板+10mmPb 防护，根据散射路径可知辐照室内 X 射线至少经过 3 次散射方能到达管道出口处（见图 11-2）。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

1.1.6 双机头 EB500 型加速器主屏蔽体外辐射剂量叠加影响分析

本项目 EB500（双机头）型电子加速器辐照装置含有 2 套屏蔽结构及尺寸完全一致的加速器主屏蔽体及高压电源等，相当于 2 套并列布置的 EB500 型电子加速器辐照装置。表 11-1 及表 11-2 已对单机头的 EB500 型加速器自屏蔽体屏蔽效果进行理论预测，需考虑双机头 EB500 型加速器主屏蔽体外的辐射剂量叠加影响，见表 11-3，示意图见图 11-3。

表 11-3 双机头 EB500 型加速器主屏蔽体外的辐射剂量叠加影响计算

叠加点位	单机头屏蔽体外辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
控制区东侧①	单机头 EB500 型辐照室东侧	
控制区南侧②	单机头 EB500 型辐照室南侧	
控制区西侧③	单机头 EB500 型辐照室西侧	
控制区北侧④	单机头 EB500 型辐照室北侧	
控制区中部⑤	单机头 EB500 型辐照室东侧	
	单机头 EB500 型辐照室西侧	
控制区顶部⑥	单机头 EB500 型辐照室顶部	

注：叠加计算时保守均取单机头 EB500 型加速器屏蔽体表面 5cm 处剂量率进行计算

根据表 11-3 的预测结果可知，本项目双机头 EB500 型加速器控制区外叠加剂量率最

大值约为 0.040 μ Sv/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 μ Gy/h 的要求。

1.2 轮胎 X 射线检验机辐射环境影响分析

本项目轮胎 X 射线检验机用于对公司生产的轮胎进行无损检测，检测轮胎外径约为 500mm~1050mm，断面宽度约为 100mm~400mm。本项目轮胎 X 射线检验机的型号为 PX-3 型，最大管电压为 100kV，最大管电流为 30mA，额定功率为 300W。公司拟将轮胎 X 射线检验机工件门朝西侧摆放，工作时主射线朝东侧、西侧、顶部和底部照射，操作台位于装置南侧。

本次评价选取轮胎 X 射线检验机满功率运行时的工况（功率为 300W 下，100kV 电压下对应电流为 3mA）进行预测，将装置东侧（维修门）、西侧（工件门）、顶部（通风口）及底部屏蔽体均按照有用线束照射进行预测计算，将装置南侧、北侧（电缆口）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。

本项目轮胎 X 射线检验机主要由铅房、轮胎输送系统及操作室等组成。轮胎 X 射线检验机的 X 射线管出束角度为 6°（南北方向） \times 280°（东西方向），X 射线管在水平方向不可移动，在垂直方向可移动 191mm。X 射线管距东侧屏蔽体外侧距离为 569mm，距南侧屏蔽体外侧距离为 1021mm，距西侧屏蔽体外侧距离为 2094，距北侧屏蔽体外侧距离为 1021mm，距顶部屏蔽体外侧最近距离为 1282mm，距底部屏蔽体外侧最近距离为 1256mm，X 射线管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：

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

式中： \dot{H} ：关注点处剂量率， μ Sv/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， μ Sv \cdot m²/(mA \cdot 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：

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

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

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

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

\dot{H}_L ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，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（11-2）计算得出。

② 散射辐射

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

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

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（11-2）计算得出；

F：R₀ 处的辐射野面积，m²；

α ：散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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

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

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 11-4 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	东侧屏蔽体/维修门	西侧屏蔽体/工件门	顶部屏蔽体/通风口	底部屏蔽体
设计厚度				
I (mA)				
$H_0^{①}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
$B^{②}$				
$R^{③}$ (m)				
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)				
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	100	2.5
评价	满足	满足	满足	满足

表 11-5 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		南侧屏蔽体	北侧屏蔽体/电缆口
X 设计厚度			
泄漏辐	TVL (mm)		
	$B^{①}$		

射	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)		
	$R^{(2)}$ (m)		
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)		
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值 ^③		
	TVL (mm)		
	$B^{(1)}$		
	I (mA)		
	$H_0^{(4)}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$		
	F (m^2)		
	α		
	R_0 (m)		
	R_s^* (m)		
	\dot{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 11-4 及表 11-5 中计算结果可以看出，当本项目轮胎 X 射线检验机满功率运行时，其铅房四周屏蔽体、底部屏蔽体、工件门、维修门、电缆口防护罩外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.679\mu\text{Sv/h}$ ，顶部、通风口防护罩外 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.428\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤铅房辐射屏蔽规范》（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

本项目轮胎 X 射线检验机满功率运行时，装置顶部 30cm 处的最大辐射剂量率为 0.428 μ Sv/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，因此其天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/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

本项目轮胎 X 射线检验机通风口位于铅房顶部，电缆口位于铅房北侧，通风口外拟采用 5mmPb+4mmFe 防护罩进行防护，电缆口外拟采用 6mmPb+4mmFe 防护罩进行防护；由表 11-4 计算结果可知，本项目轮胎 X 射线检验机在满功率工况下运行时，通风口外 30cm 处最大辐射剂量率为 0.428 μ Sv/h，电缆口外 30cm 处最大辐射剂量率小于 0.001 μ Sv/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 11-4。

本项目轮胎 X 射线检验机工件门采用电动平移双开门，门洞 1.56m 宽 \times 1.60m 高，每扇工件门 0.839m 宽 \times 1.660 高，工件门与四周屏蔽体各搭接 30mm，工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度均小于 3mm，双开门搭接处采用互相咬合式拼接，双开门搭接 57mm；维修门采用手动平移单开门，门洞 0.98m 宽 \times 1.98m 高，维修门 1.06m 宽 \times 2.06m 高；维修门与四周屏蔽体各搭接 40mm，维修门与屏蔽体缝隙宽度小于 4mm；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。

图 11-4 通风口、电缆口 X 射线散射路径示意图

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，保守取电子加速器辐照装置屏蔽体外 5cm 处的辐射剂量率计算。辐射工作人员和公众年有效剂量的年有效剂量由公式（11-7）进行估算，结果见表 11-6。

表 11-6 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 ($\mu\text{Sv/h}$)	T (h)	T	U	H _c (mSv)
加速器操作位 (辐射工作人员)					
监督区东侧 (公众)					
监督区南侧 (公众)					
监督区西侧 (公众)					
监督区北侧 (公众)					
楼上二层区域 (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 11-6 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 0.096mSv，周围公众的年有效剂量最大约为 0.024mSv，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 轮胎 X 射线检验机辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目轮胎 X 射线检验机辐射工作人员主要位于监督区内进行操作，辐射工作人员年有效剂量拟保守取装置屏蔽体外最大辐射剂量率取值计算；公众主要为轮胎 X 射线检验机拟建址外 50m 范围内其他人员，保守取装置屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率进行剂量计算，关注点位图见附图 7。

将表 11-4~表 11-5 计算结果代入公式（11-7），可计算得到本项目轮胎 X 射线检验机辐射工作人员及周围公众的周有效剂量及年有效剂量，结果见表 11-7、表 11-8。

表 11-7 本项目轮胎 X 射线检验机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 ($\mu\text{Sv/h}$)	周工作时间 (h)	周剂量估算 值($\mu\text{Sv/周}$)	参考控制水 平($\mu\text{Sv/周}$)	评价
1	监督区内						100 (职业人员)	满足
2	装置东侧						5 (公众)	满足
3	监督区南侧							满足

4	监督区西侧							满足
5	装置北侧							满足

从表 11-7 中的计算结果可以看出，当本项目轮胎 X 射线检验机在满功率运行时，辐射工作人员的周有效剂量最大值为 3.276 μ Sv；公众周有效剂量最大值为 0.410 μ 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 11-8 本项目轮胎 X 射线检验机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 (μ Sv/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	监督区内						5 (职业人员)	满足
2	装置东侧						0.1 (公众)	满足
3	监督区南侧							满足
4	监督区西侧							满足
5	装置北侧							满足

从表 11-8 中的计算结果可以看出，当本项目轮胎 X 射线检验机在满功率运行时，辐射工作人员的年有效剂量最大值为 0.164mSv；公众年有效剂量最大值为 0.020mSv，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，可湮没在本底辐射中。

3 三废治理措施评价

3.1 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北侧引出，每个辐照室安装一台排风机（风量 3500m³/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 5.4m³，通风换气次数每小时可达 648 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。

3.2 轮胎 X 射线检验机

本项目轮胎 X 射线检验机工作时产生的 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。本项目轮胎 X 射线检验机的铅房顶部拟设置 1 个通风口，有效通风量为 380m³/h，轮胎 X 射线检验机铅房内净体积约为 11.4m³，每小时有效换气次数约为 33 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。

1.2 轮胎 X 射线检验机潜在事故分析

本项目轮胎 X 射线检验机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，导致轮胎 X 射线检验机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，防护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。轮胎 X 射线检验机在调试、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，定期检查设备安全连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连锁装置的有效性，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，包括安全连锁控制显示状况，辐照装置安全连锁控制显示状况，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，验证安全连锁功能的有效性，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 轮胎 X 射线检验机辐射事故预防措施

(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轮胎 X 射线检验机属于 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轮胎 X 射线检验机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轮胎 X 射线检验机，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5名辐射工作人员（其中1名兼职辐射防护负责人），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，2名辐射工作人员应通过“X射线探伤”类考核，兼任辐射防护负责人的辐射工作人员还应通过“辐射安全管理”类的线上考核，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方可上岗。

辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，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轮胎 X 射线检验机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轮胎 X 射线检验机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

器辐照装置及轮胎 X 射线检验机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、轮胎 X 射线检验机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、轮胎 X 射线检验机、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。

台账管理制度：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轮胎 X 射线检验机的使用时间、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）有限公司拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 3 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		
轮胎 X 射线检验机		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 离地高度 1m 处，每个屏蔽体至少测 3 个点； ②工件门和维修门外 30cm 处离地高度 1m 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电缆口、通风口外； ⑤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预案，应急预案内容应包括：

- （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炼胶车间 1 层北部，炼胶车间为 3 层建筑。自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址东侧为压延 1 线、纤维库及通道，南侧为通道、压延 2 线、钢丝锭子房、钢丝库及炼胶区，西侧为压延 1 线及通道，北侧为厂内道路及停车场，正上方 2 层、3 层均为空置区，下方为土层。

本项目轮胎 X 射线检验机拟建于半钢子午胎车间（一）东南角，半钢子午胎车间（一）为 1 层建筑，车间南侧辅房为 2 层建筑。轮胎 X 射线检验机拟建址东侧为通道、厂内道路、1#成品库（拟建），南侧为通道、楼梯、厕所、餐厅、保养间、厂内道路、机修车间及浴室，西侧为气泡机、自动分拣循环线、分拣环线、修补区，北侧为人工码垛区及轮胎码垛区，上方无建筑，下方为土层。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置及轮胎 X 射线检验机拟建址边界外 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轮胎 X 射线检验机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

公司拟在炼胶车间 1 层北部建设 1 台 EB500（双机头）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（双机头）型电子加速器辐照装置为两层结构，辐照室及高压电源钢筒均位于下方，二层设有平台，加速钢筒及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西南侧。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 2 个辐照室、高压电源及二层平台等）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；拟将装置东侧及南侧 1m 区域、西侧 1~4.3m 区域、北侧 0.5m 区域（含加速器控制柜）划为监督区，拟在监督区边界设围栏（北侧利用现有车间墙体），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 轮胎 X 射线检验机布局及分区

公司拟在半钢子午胎车间（一）新建 1 台轮胎 X 射线检验机包括铅房、轮胎输送系统及操作室等，主射线朝东侧、西侧、顶部和底部照射，操作室位于铅房南侧，避开了有用线束照射方向，本项目轮胎 X 射线检验机布局设计满足《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免有用线束照射方向的要求，布局设计合理。

本项目拟将轮胎 X 射线检验机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、西侧 2.68m×4.44m（轮胎输送系统）区域、南侧 0.5m 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，并设立表明监督区的标牌，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加速器控制柜配备钥匙开关；加速器开机钥匙由专人负责保管；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连锁；③加速器装置的控制与束下装置连锁；主屏蔽体设计有能量连锁、束流连锁以及臭氧排风连锁等电子连锁装置；④电子加速器辐照装置主屏蔽体顶部设计 2 个工作状态指示灯；⑤加速器控制柜及配电柜共设计 3 个紧急停机按钮；⑥电子加速器辐照装置主屏蔽体的顶部设置围栏，在围栏爬梯上安装挡板并设置连锁保护开关；⑦电子加速器辐照装置 2 个辐照室东西侧均拟设辐射监测系统与剂量连锁装置。

1.4.2 轮胎 X 射线检验机辐射安全措施

①轮胎 X 射线检验机的操作台处拟设置钥匙开关；②轮胎 X 射线检验机操作台处

拟设置 1 个急停按钮，铅房内东北角和西南角各拟设置 1 个急停按钮，轮胎传送系统北侧和南侧各拟设置 2 个急停按钮；③轮胎 X 射线检验机的工件门、维修门均设置门机联锁装置；④轮胎 X 射线检验机上方设置 1 个警示灯，警示灯与 X 射线管联锁；⑤轮胎 X 射线检验机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；⑥轮胎 X 射线检验机铅房内东南角和西北角各拟设置 1 个视频监控，轮胎传输系统南侧拟设置 1 个视频监控；⑦轮胎 X 射线检验机外西侧拟设置固定式剂量报警装置的剂量探头和显示装置。

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。公司计划为本项目配备 5 名辐射工作人员，辐射工作人员在上岗前应通过生态环境部培训平台上的线上考核。

公司拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 3 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 2.5μGy/h 的要求。

2.1.2 轮胎 X 射线检验机辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目轮胎 X 射线检验机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。

本项目轮胎 X 射线检验机工作时产生的 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）有限公司新建 2 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		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2.5μGy/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	260
辐射安全和防护措施	<p>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加速器控制柜配备钥匙开关；加速器开机钥匙由专人负责保管；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；主屏蔽体设计有能量联锁、束流联锁以及臭氧排风联锁等电子联锁装置；④电子加速器辐照装置主屏蔽体顶部设计2个工作状态指示灯；⑤加速器控制柜及配电柜共设计3个紧急停机按钮；⑥电子加速器辐照装置主屏蔽体的顶部设置围栏，在围栏爬梯上安装挡板并设置联锁保护开关；⑦电子加速器辐照装置2个辐照室东西侧均拟设辐射监测系统与剂量联锁装置。</p> <p>2、本项目轮胎X射线检验机拟设置以下辐射安全措施：①轮胎X射线检验机的操作台处拟设置钥匙开关；②轮胎X射线检验机操作台处拟设置1个急停按钮，铅房内东北角和西南角各拟设置1个急停按钮，轮胎传送系统北侧和南侧各拟设置2个急停按钮；③轮胎X射</p>	满足相关标准中关于辐射安全设施的相关要求	28

	线检验机的工件门、维修门均设置门机联锁装置；④轮胎 X 射线检验机上方设置 1 个警示灯，警示灯与 X 射线管联锁；⑤轮胎 X 射线检验机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；⑥轮胎 X 射线检验机铅房内东南角和西北角各拟设置 1 个视频监控，轮胎传输系统南侧拟设置 1 个视频监控；⑦轮胎 X 射线检验机外西侧拟设置固定式剂量报警装置的剂量探头和显示装置。		
人员 配备	公司拟为本项目配备 5 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 5 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 5 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	公司拟为本项目配备 1 台环境辐射剂量巡测仪以及 3 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。

