

核技术利用建设项目

四川智研科技有限公司

新增生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300 系
列工业电子加速器项目环境影响报告表

（公示本）

四川智研科技有限公司

二〇二五年三月

生态环境部监制

目 录

表 1	项目概况	-1-
表 2	放射源	-17-
表 3	非密封放射性物质	-17-
表 4	射线装置	-18-
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	-20-
表 6	评价依据	- 21 -
表 7	保护目标与评价标准	- 23 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 26 -
表 9	项目工程分析与源项	-31-
表 10	辐射安全与防护	-46-
表 11	环境影响分析	- 48 -
表 12	辐射安全管理	- 70 -
表 13	结论与建议	-93-

表 1 项目概况

建设项目名称		新增生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300 系列工业电子加速器项目				
建设单位		四川智研科技有限公司				
法人代表		**	联系人	**	联系电话	**
注册地址		绵阳科创园区创新中心二期 1 号楼 342 号				
项目建设地点		绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号智研科技新厂区内大设备调试区				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		**	项目保护投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	**%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）	**
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☒ 生产	☒ II类 ☐ III类			
		☒ 销售	☒ II类 ☐ III类			
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类			
	其它	/				
	项目概述 一、建设单位简介及项目由来 （一）建设单位简介 四川智研科技有限公司（统一社会信用代码 91510700327115483M）（简称：“智研科技”）是一家从事工业加速器研发、生产及解决方案的国家高新技术企业，主要从事工业电子加速器研发、生产和销售；以及电子加速器应用技术研究，为客户提供系统解决方案。智研科技公司老厂区租赁绵阳今朝金属制品有限公司 2 号厂房，新厂区租赁绵阳东兴绝缘制品有限责任公司的 1#厂房东半部分，新老厂区之间直线距					

离约 70m，均用于生产、销售和使用（调试）自屏蔽工业电子加速器和桌面型自屏蔽电子束装置。

智研科技核心团队具有 20 年以上的加速器工业化应用产业经验和工业电子加速器研究生产经验，已申报专利 80 余个，其中发明专利 21 个，实用新型 50 多个。在电子加速器领域潜心研究多年，形成了企业管理、研发创新、生产运营和市场开拓等各领域人才储备，包括高能物理、电真空技术、高电压技术、辐射防护与屏蔽技术、计算机技术、机械、电气和自动化等专业领域的高端人才，主要对工业电子加速器进行生产、销售和使用（调试）。工业电子加速器已在科学研究、薄膜、轮胎橡胶、印刷、纺织、纤维、食品、涂层固化、消毒灭菌、环境保护等行业进行工业化的广泛应用，获得了国内外大量的订单。

（二）项目由来

为进一步适应市场，满足各类客户的需求，公司拟将新厂区内（建筑面积约 640m²，层高约 8m，一层）大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，并在该区域内进行生产、使用（调试）CEB500-06 型、CEB-250 系列和 CEB-300 系列的工业电子加速器，三种不同系列型号的加速器交替使用 2 个生产调试位。

根据《射线装置分类》（2017 年 12 月 5 日起实施），本项目生产、销售和使用（调试）的工业电子加速器为粒子能量小于 100 兆电子伏的非医用加速器，属于Ⅱ类工业用射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，需对该项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的相关规定，本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—生产、使用、销售Ⅱ类射线装置，应编制环境影响报告表，报四川省生态环境厅审查批准，因此，四川智研科技有限公司委托四川省中栎环保科技有限公司对本项目开展环境影响评价工作。四川省中栎环保科技有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《新增生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300 系列工业电子加速器项目环境影响报告表》。

二、环境影响评价报告信息公开

本项目环境影响报告表编制完成后，建设单位在公司官网对该项目进行了全文公示，公示网址：<http://www.chinaebeam.com/index.php?c=article&a=type&tid=51>，公示网站截图如下：



关于四川智研科技有限公司

扩建生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300型工业电子加速器项目环境影响评价的公示

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行）的相关规定，本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—生产、使用、销售Ⅱ类射线装置的，应编制环境影响报告表，报四川省生态环境厅审查批准，因此，四川智研科技有限公司委托四川省中环保科技有限公司对本项目开展环境影响评价工作。

本项目环境影响报告表编制完成后，我公司对“**扩建生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300型工业电子加速器项目**”评价报告基本情况进行全文公示，公开信息不涉及保密内容，公示时间为5个工作日。

公示内容：

《扩建生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300型工业电子加速器项目环境影响报告表》；

联系方式：

建设单位：四川智研科技有限公司

环评单位：四川省中环保科技有限公司

建设单位联系人：贾总

建设单位联系电话：13350027687

<https://www.eiacloud.com/gs/detail/1?id=50317bCHqA>

公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

三、产业政策符合性

本项目属电子加速器辐照应用于工业领域，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。

四、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：新增生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300 系列工业电子加速器项目

建设单位：四川智研科技有限公司

建设性质：扩建

建设地点：绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号智研科技新厂区内大设备调试区

（二）建设内容与规模

1、新增设备内容及规模

智研科技拟将新厂区大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，并在该区域内进行生产、调试 CEB500-06 型、CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器。

本项目拟新增的 CEB-250 系列主型号包含有以下 6 种子型号设备：CEB250- I 型立式、卧式，CEB250- II 型立式、卧式，CEB250-III 型立式、卧式，最大电子线能量均为 0.25MeV、最大电子束流均为 500mA；CEB-300 系列主型号包含有以下 2 种子型号设备 CEB300- I 型立式、CEB300- II 型卧式，最大电子线能量均为 0.3MeV、最大电子束流均为 500mA；均属于 II 类射线装置，两种主型号设备年最大生产、销售和使用（调试）均 50 台，单台射线装置车间内调试最长出束时间均为 72h，客户厂区内调试维修最长出束时间均为 72h。工业电子加速器主射方向立式设备均竖直朝向底部、卧式均水平朝向设备一侧，工业电子加速器进出料部位均设有迷道，束下采用滚筒装置。

2、新增设备规格

（1）CEB250- I 型立式工业电子加速器产品主体尺寸为：**；卧式产品主体尺寸为：**。CEB250- I 型立式、卧式屏蔽结构一致，均采用铅板+钢板屏蔽方式：**加速器钢筒筒体**四周屏蔽均为 10mm 铅板+8mm 钢板，左侧盲板屏蔽为 10mm 铅板+28mm 钢板，右侧底座屏蔽为 28mm 钢板；**真空管道**屏蔽为 10mm 铅板+1mm 钢板并设 10mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩，**扫描盒**四周屏蔽均为 15mm 铅板+10mm 钢板；**辐照腔**四周屏蔽均为 15mm 铅板+22mm 钢板，左侧屏蔽为 15mm 铅板+7mm 钢板，右侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+22mm 钢板；**通排风管道**屏蔽采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。

（2）CEB250- II 型立式工业电子加速器产品主体尺寸为：**；卧式产品主体尺寸为：**。CEB250- II 型立式、卧式屏蔽结构一致，均采用铅板+钢板屏蔽方式：**加速器钢筒筒体**四周屏蔽均为 10mm 铅板+8mm 钢板，左侧盲板屏蔽为 10mm 铅板

+28mm 钢板，右侧底座屏蔽为 28mm 钢板；**真空管道**屏蔽为 10mm 铅板+5mm 钢板并设 10mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩，**扫描盒**四周屏蔽均为 15mm 铅板+10mm 钢板；**辐照腔**顶部、底部屏蔽为 10mm 铅板+74mm 钢板，前侧、后侧屏蔽为 122mm 钢板，左侧屏蔽为 15mm 铅板+7mm 钢板，右侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+22mm 钢板；**通排风管道**屏蔽采用 15mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。

（3）CEB250-III型立式工业电子加速器产品主体尺寸为：**；卧式产品主体尺寸为：**。CEB250-III型立式、卧式屏蔽结构一致，均采用铅板+钢板屏蔽方式：**加速器钢筒筒体**四周屏蔽均为 10mm 铅板+8mm 钢板，左侧盲板屏蔽为 10mm 铅板+28mm 钢板，右侧底座屏蔽为 28mm 钢板；**真空管道**屏蔽为 10mm 铅板+5mm 钢板并设 5mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩，**扫描盒**四周屏蔽均为 15mm 铅板+10mm 钢板；**辐照腔**顶部、底部屏蔽为 12mm 铅板+30mm 钢板，前侧、后侧屏蔽为 12mm 铅板+42mm 钢板，左侧屏蔽为 15mm 铅板+7mm 钢板，右侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+22mm 钢板；**通排风管道**屏蔽采用 24mm 铅板+20mm 钢板防护罩进行屏蔽。

（4）CEB300- I 型立式工业电子加速器产品主体尺寸为：**。加速器屏蔽采用铅板+钢板屏蔽方式：**加速器钢筒筒体**四周屏蔽均为 20mm 铅板+8mm 钢板，顶部盲板屏蔽为 20mm 铅板+28mm 钢板，底部底座屏蔽为 28mm 钢板；**真空管道**屏蔽为 20mm 铅板+8mm 钢板并设 20mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩；**扫描盒**四周屏蔽均为 20mm 铅板+10mm 钢板；**辐照腔**前侧、后侧屏蔽为 15mm 铅板+74mm 钢板，左右两侧屏蔽为 10mm 铅板+112mm 钢板，顶部屏蔽为 15mm 铅板+42mm 钢板，底部主射方向屏蔽为 20mm 铅板+102mm 钢板；**通排风管道**屏蔽采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。

（5）CEB300- II 型卧式工业电子加速器主体尺寸为：**。加速器屏蔽采用铅板+钢板屏蔽方式：**加速器钢筒筒体**四周屏蔽均为 20mm 铅板+8mm 钢板，右侧盲板屏蔽为 20mm 铅板+28mm 钢板，左侧底座屏蔽为 28mm 钢板；**真空管道**屏蔽为 20mm 铅板+2mm 钢板并设 5mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩；**扫描盒**四周屏蔽均为 20mm 铅板+10mm 钢板；**辐照腔**左侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+102mm 钢板，其余方向均为 20mm 铅板+32mm 钢板；**通排风管道**屏蔽采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。

上述设备屏蔽结构方位描述中的左侧或右侧均以本报告附图中所标注的方位为

例进行描述，实际方位以设备摆放方式和人员相对设备参照为例。项目组成及主要环境问题见表1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模			可能产生的环境问题		备注
				施工期	营运期	
主体工程	新增设备内容及规模	智研科技拟将新厂区大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器的生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器、CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，并在该区域内进行生产、使用（调试）CEB500-06 型、CEB-250 系列和 CEB-300 系列的工业电子加速器，两个生产调试位尺寸共为 12m 长×8m 宽，加速器生产调试时交替使用。			依托新厂区大设备调试区域，为已建成投运场所，不涉及施工期	电子线、X 射线、臭氧、氮氧化物
		本项目拟新增的 CEB-250 系列（最大电子线能量 0.25MeV、最大电子束流 500mA）和 CEB-300 系列（最大电子线能量 0.3MeV、最大电子束流 500mA）工业电子加速器，均属于 II 类射线装置，年最大生产、销售和使用（调试）均 50 台，单台射线装置车间内调试最长出束时间均为 72h，客户厂区内调试维修最长出束时间均为 72h。				
		CEB-250 系列主型号包含有以下 6 种子型号设备：CEB250- I 型立式、卧式，CEB250-II 型立式、卧式，CEB250-III 型立式、卧式。CEB-300 系列主型号包含有以下 2 种子型号设备 CEB300- I 型立式、CEB300-II 型卧式。				
	设备尺寸规格	CEB250-I 型	立式	**		
			卧式	**		
		CEB250-II 型	立式	**		
			卧式	**		
		CEB250-III 型	立式	**		
			卧式	**		
		CEB300-I 型	立式	**		
		CEB300-II 型	卧式	**		

	设备屏蔽结构规格	CEB250- I 型立式、卧式屏蔽结构一致：加速器钢筒筒体四周屏蔽均为 10mm 铅板+8mm 钢板，左侧盲板屏蔽为 10mm 铅板+28mm 钢板，右侧底座屏蔽为 28mm 钢板；真空管道屏蔽为 10mm 铅板+1mm 钢板并设 10mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩，扫描盒四周屏蔽均为 15mm 铅板+10mm 钢板；辐照腔四周屏蔽均为 15mm 铅板+22mm 钢板，左侧屏蔽为 15mm 铅板+7mm 钢板，右侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+22mm 钢板；通排风管道屏蔽采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。 CEB250- II 型立式、卧式屏蔽结构一致：加速器钢筒筒体四周屏蔽均为 10mm 铅板+8mm 钢板，左侧盲板屏蔽为 10mm 铅板+28mm 钢板，右侧底座屏蔽为 28mm 钢板；真空管道屏蔽为 10mm 铅板+5mm 钢板并设 10mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩，扫描盒四周屏蔽均为 15mm 铅板+10mm 钢板；辐照腔顶部、底部屏蔽为 10mm 铅板+74mm 钢板，前侧、后侧屏蔽为 122mm 钢板，左侧屏蔽为 15mm 铅板+7mm 钢板，右侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+22mm 钢板；通排风管道屏蔽采用 15mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。 CEB250-III型立式、卧式屏蔽结构一致：加速器钢筒筒体四周屏蔽均为 10mm 铅板+8mm 钢板，左侧盲板屏蔽为 10mm 铅板+28mm 钢板，右侧底座屏蔽为 28mm 钢板；真空管道屏蔽为 10mm 铅板+5mm 钢板并设 5mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩，扫描盒四周屏蔽均为 15mm 铅板+10mm 钢板；辐照腔顶部、底部屏蔽为 12mm 铅板+30mm 钢板，前侧、后侧屏蔽为 12mm 铅板+42mm 钢板，左侧屏蔽为 15mm 铅板+7mm 钢板，右侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+22mm 钢板；通排风管道屏蔽采用 24mm 铅板+20mm 钢板防护罩进行屏蔽。 CEB300- I 型立式工业电子加速器屏蔽体：加速器钢筒筒体四周屏蔽均为 20mm 铅板+8mm 钢板，顶部盲板屏蔽为 20mm 铅板+28mm 钢板，底部底座屏蔽为 28mm 钢板；真空管道屏蔽为 20mm 铅板+8mm 钢板并设 20mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩；扫描盒四周屏蔽均为 20mm 铅板+10mm 钢板；辐照腔前侧、后侧屏蔽为 15mm 铅板+74mm 钢板，左右两侧屏蔽为 10mm 铅板+112mm 钢板，顶部屏蔽为 15mm 铅板+42mm 钢板，底部主射方向屏蔽为 20mm 铅板+102mm 钢板；通排风管道屏蔽采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。			
--	----------	---	--	--	--

		CEB300-II型卧式工业电子加速器屏蔽体：加速器钢筒筒体四周屏蔽均为 20mm 铅板+8mm 钢板，右侧盲板屏蔽为 20mm 铅板+28mm 钢板，左侧底座屏蔽为 28mm 钢板；真空管道屏蔽为 20mm 铅板+2mm 钢板并设 5mm 铅板+2mm 钢板的屏蔽罩；扫描盒四周屏蔽均为 20mm 铅板+10mm 钢板；辐照腔左侧主射方向屏蔽为 20mm 铅板+102mm 钢板，其余方向均为 20mm 铅板+32mm 钢板；通排风管道屏蔽采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽。			
辅助工程	销售渠道、货运物流等		/	生活 垃圾、 生活 污水	依 托
公用工程	依托现有公用设施		/		
办公及生活设施	利用厂区其他办公及生活设施		/		
仓储或其它	仓库（558m ² ）、危险废物暂存间（4m ² ）		/		
环保工程	项目产生的固体废物经分类收集后，交由环卫部门处理，危险废物经过收集后交由有资质的单位处理；产生的生活污水依托绵阳东兴绝缘制品有限责任公司现有污水处理站处理后，排入市政管网，最终排入七星坝污水处理厂处理；设备调试产生的臭氧经过设备排气口集气罩外接，经专用通排风管道收集后最终高于厂房屋面 3m 排放至室外大气。		/	/	

（三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量（单位）	来源	主要化学成分
主要原辅材料	风机	100 个/a	外购	——
	高压电源	100 个/a	外购	——
	电子加速管	100 个/a	外购	——
能源	煤（T）	——	——	——
	电（kW）	1.0×10 ⁸ kW·h/a	市政电网	——
	气（nm ³ ）	——	——	——
水量	地表水	——	——	——
	地下水	——	——	——

本项目射线装置主要装配体情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置主要装配体情况表

序号	代号	结构体名称	数量 (套/台)	结构材料	最大重量 (kg)	来源
1	**	**	1	组焊件	456.3	委外加工
2	**	**	1	组合件	3409.5	委外加工
3	**	**	1	组焊件	217.1	委外加工
4	**	**	1	组合件	7.1	委外加工

5	**	**	1	组合件	76.6	委外加工
6	**	**	1	组件	4.4	委外加工
7	**	**	1	组合件	20.7	委外加工
8	**	**	1	组合件	29.5	委外加工
9	**	**	1	组合件	12.1	委外加工
10	**	**	1	部件	46.1	委外加工
11	**	**	1	组合件	61.5	委外加工
12	**	**	1	部件	58.2	委外加工
13	**	**	1	组合件	143.6	委外加工
14	**	**	1	组合件	7.5	外购
15	**	**	4	Q235	17.4	委外加工
16	**	**	1	部件	148.6	委外加工
17	**	**	1	组焊件	1.4	委外加工
18	**	**	1	组焊件	140.6	委外加工
19	**	**	1	Q235	2.0	外购
20	**	**	1	Q235	2.5	外购
21	**	**	1	Q235	1.3	委外加工
22	**	**	1	组件	33.2	外购
23	**	**	1	组合件	10.0	委外加工
24	**	**	1	组合件	10.0	委外加工
25	**	**	1	组焊件	3.2	委外加工
26	**	**	1	组合件	1.2	委外加工
27	**	**	1	组合件	7.8	委外加工
28	**	**	1	组合件	6.3	委外加工
29	**	**	1	组合件	55.0	委外加工
30	**	**	1	组合件	2.4	外购
31	**	**	1	组合件	3.0	委外加工

（四）本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置相关参数见表 1-4、表 1-5。

表 1-4 智研科技现有射线装置活动种类相关情况

产品名称	型号	年生产、销售和使用（调试）	生产厂家	射线类型	投射类型	额定参数	场所名称
工业电子加速器	**	10 台	智研科技	电子线	定向	**	老厂区装配车间
工业电子加速器	**	50 台	智研科技	电子线	定向	**	老厂区装配车间
工业电子加速器	**	50 台	智研科技	电子线	定向	**	新厂区大设备生产调试区

工业电子加速器	**	50 台	智研科技	电子线	定向	**	新厂区大设备生产调试区
工业电子加速器	**	20 台	智研科技	电子线	定向	**	新厂区大设备生产调试区
工业电子加速器	**	20 台	智研科技	电子线	定向	**	新厂区大设备生产调试区
桌面型自屏蔽电子束装置	**	50 台	智研科技	电子线	定向	**	新厂区小设备生产调试区
桌面型自屏蔽电子束装置	**	50 台	智研科技	电子线	定向	**	新厂区小设备生产调试区
桌面型自屏蔽电子束装置	**	50 台	智研科技	电子线	定向	**	新厂区小设备生产调试区

表 1-5 本次扩建涉及射线装置的相关情况

产品名称	型号		本次扩建活动种类及数量	生产厂家	射线类型	投射类型	额定参数	管理类别	场所名称
	主型号	子型号							
工业电子加速器	**	**	年生产、销售和使用（调试）50 台	智研科技	电子线	定向	**	II	新厂区大设备生产调试区
工业电子加速器		**		智研科技	电子线	定向		II	
工业电子加速器		**		智研科技	电子线	定向		II	
工业电子加速器		**		智研科技	电子线	定向		II	
工业电子加速器		**		智研科技	电子线	定向		II	
工业电子加速器		**		智研科技	电子线	定向		II	
工业电子加速器	**	**	年生产、销售和使用（调试）50 台	智研科技	电子线	定向	**	II	
工业电子加速器		**		智研科技	电子线	定向		II	

（五）劳动定员及工作制度

劳动定员：智研科技目前共配备有 15 名辐射工作人员，包含 14 名调试工作人员和 1 名管理人员，新厂区 and 老厂区调试工作人员共用，在调试过程中，每 2 名调试工作人员为 1 组，实行轮班工作制。本项目辐射工作人员均利旧原有，不新增人员，因此辐射工作人员存在剂量叠加。

工作制度：辐射工作人员实行 8 小时工作制度，年工作日 250 天计。

活动范围：本项目辐射工作人员在工业电子束装置开机运行调试后，每天在车间

调试生产监督区外值班，不进入设备屏蔽室腔体内。

（六）项目依托环保设施情况

1、生活污水：本项目产生的废水主要为工作人员产生的生活污水，生活污水经过厂区内污水管网收集，排入绵阳东兴绝缘制品有限责任公司现有的污水处理站处理后，排入七星坝污水处理厂处理达标排放。

2、固体废物：本项目产生的固体废物主要为包装废物、废弃电子元器件、废设备零部件、生活垃圾等，其中，废弃电子元器件为危险废物，经分类收集后依托公司新厂区现有危险废物暂存间暂存，最终交由有资质的单位回收处理；废设备零部件、包装材料等按一般固废处理；生活垃圾分类收集后依托公司现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

3、废气：本项目射线装置在通电出束调试过程中，会产生一定量的臭氧和氮氧化物，依托新厂区大设备调试区域设备排气口集气罩，工业电子加速器设备排气口通过集气罩外接，经专用通排风管道收集后最终高于厂房屋面 3m 排放至室外大气。

（七）实践正当性分析

电子加速器广泛应用与纸质、金属、塑料制品、木制品、皮革和薄膜等材料油墨/涂料/胶黏剂印刷或涂层电子束固化，薄膜辐照交联等，智研科技为进一步适应市场，满足各类客户的需求，计划在大设备生产调试区原有生产、销售和使用（调试）设备型号基础上新增 CEB-250 系列和 CEB-300 系列的工业电子加速器；此项技术具有应用广、能耗低、无污染、技术附加值高等优点，深受众多行业的青睐；但加速器电子束产生的韧致 X 射线，可能会对辐照装置周围环境带来一定的辐射影响：

（1）给周围环境、公众和辐射工作人员造成一定的辐射影响；

（2）射线装置的使用及管理的失误可能会造成辐射安全事故。

建设单位在开展辐照过程中，对射线装置使用（调试）将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度、明确人员、落实管理措施。根据后文环境影响评价分析，X 射线所致辐射工作人员和周围公众人员的剂量率符合本次评价标准要求，只要按规范操作，在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

(八) 项目外环境及选址的合理性分析

1、项目外环境关系

(1) 新厂区外环境关系

本项目位于绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号智研科技新厂区(租赁绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房东半部分)，以新厂区所在绵阳东兴绝缘制品有限责任公司厂区范围为边界，南侧紧邻科莱路，西侧紧邻四川科莱电梯股份有限公司；北侧紧邻绵阳今朝机械加工产业园；东侧紧邻天兴路。地理位置图见附图 1，本项目所在智研科技新厂房外环境关系示意图见附图 2-1。

(2) 设备组装、调试区外环境关系

本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列设备调试区位于新厂区大设备调试区内东南侧，保守以本项目设备调试区域为边界，50m 评价范围内，南侧距绵阳东兴绝缘制品有限责任公司办公楼最近距离约 6m、距离厂区外科莱路约 29m；西侧距绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房生产区约 18m；北侧距离厂区内部道路最近距离约 46m；东北侧距绵阳东兴绝缘制品有限责任公司仓库约 18m；东侧距天兴路约 14m。本项目拟新增设备所在调试区域 50m 评价范围外环境见附图 2-2。

2、项目选址合理性

本项目选址于绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号智研科技新厂区，场所为租赁绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房东半部分，绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1# 厂房所在区域用地已取得了原绵阳市城乡规划局核发的《建设用地规划许可证》(地字第(2017)104 号)，属于一类工业用地；本项目用地厂房在红线范围内，用地符合工业园区的定位，根据本项目外环境关系分析，评价范围内无居民小区、学校等敏感目标，外环境相对简单，无明显环境制约因素，从外环境关系及用地性质角度分析，本项目选址是合理的。

本项目所在的智研科技新厂区已取得了《关于四川智研科技有限公司扩建生产、销售和使用自屏蔽电子加速器项目环境影响报告表的批复》(川环审批[2022]100 号)，并通过了环保竣工验收，其新厂区电子加速器设备生产、调试区域选址合理性已在该报告中进行了分析；本项目拟在已环评批复的辐射工作场所内新增设备型号，将原有大设备调试区向东侧扩大 1 个调试位，且拟新增生产的电子加速器均有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满

足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

五、原有核技术利用情况

（一）原有辐射环评履行情况

1、老厂区：智研科技老厂区租赁了绵阳今朝金属制品有限公司 2 号厂房，用于自屏蔽工业电子加速器的生产、销售和使用，于 2017 年 7 月取得了原环境保护厅《关于四川智研科技有限公司工业电子加速器安装、调试、销售项目环境影响报告表的批复》(川环审批[2017]182 号),并于 2017 年 11 月通过了环保竣工验收,川环核验【2017】95 号。

2、新厂区：智研科技租用绵阳东兴绝缘制品有限责任公司的 1#厂房东半部分作为新厂区，用于扩建生产、销售和使用（调试）CEB-500、CEB-200 型工业电子加速器和 MEB-120、MEB-160、MEB-200 自屏蔽电子束装置，并于 2022 年 9 月 6 日取得了四川省生态环境厅《关于四川智研科技有限公司扩建生产、销售和使用自屏蔽电子加速器项目环境影响报告表的批复》（川环审批[2022]100 号），于 2023 年 4 月完成了竣工验收。2023 年 7 月，智研科技在新厂区大设备调试区内新增了设备型号 CEB500-06、CEB200-06 型的工业电子加速器，并根据四川省生态环境厅的相关要求编制了辐射安全分析报告。

（二）原有项目辐射安全许可证情况

智研科技已取得了四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，证书编号为川环辐证[00556]（见附件 2），许可种类和范围为：生产、销售和使用Ⅱ类射线装置；公司于 2024 年 10 月 23 日对其《辐射安全许可证》进行了延续，有效期至 2029 年 10 月 19 日。具体情况见表 1-6。

表 1-6 已获许可使用的射线装置

序号	辐射活动场所	装置分类名称	类别	数量/台	型号	备注
1	新厂区大设备生产调试区	工业辐照用加速器	Ⅱ	50	**	已 上 证
2	新厂区大设备生产调试区	工业辐照用加速器	Ⅱ	50	**	
3	新厂区小设备生产调试区	工业辐照用加速器	Ⅱ	50	**	
4	新厂区小设备生产调试区	工业辐照用加速器	Ⅱ	50	**	
5	新厂区小设备生产调试区	工业辐照用加速器	Ⅱ	50	**	

6	新厂区大设备生产调试区	工业辐照用加速器	II	20	**
7	新厂区大设备生产调试区	工业辐照用加速器	II	20	**
8	老厂区装配车间	工业辐照用加速器	II	50	**
9	老厂区装配车间	工业辐照用加速器	II	10	**

（三）辐射工作人员培训情况

公司严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。智研科技现有辐射工作人员共15名，其中1名管理人员，14名调试操作人员，均参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的考试，根据辐射工作人员不同岗位职责，分别取得了对应的成绩合格单，且均在有效期内（见附件8）。建设单位对于所有入职、在职、离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理；建设单位为每名辐射工作人员配备有个人剂量计并且编号定人佩戴，定期交由有资质的检测部门进行检测，建立有个人剂量档案；目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检及个人剂量检测结果均合格。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年 9 号）的相关规定，仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，从事 II 类射线装置活动以及放射性同位素工作人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

（四）辐射监测开展情况

1、个人剂量检测

公司有专人负责个人剂量档案管理工作。公司目前共有 15 名辐射工作人员，公司为每一名辐射工作操作人员配备了个人剂量计，并委托了浙江君安检测技术有限公司进行个人剂量检测工作，提供了最新连续四个季度辐射工作人员个人剂量检测报告，经统计计算，连续四个季度辐射工作人员单季度个人剂量最大值为 0.952mSv，年剂量值最大为 1.085mSv，均未超过单季度个人剂量 1.25mSv 和年剂量 5mSv 的剂量约束值。

2、场所年度监测

2024 年度我公司委托四川世阳卫生技术服务有限公司对辐射工作场所内现有生

产的各型号射线装置进行了辐射环境现状监测，根据 2024 年度监测报告监测结果数据表明，调试区域内工业电子加速器设备屏蔽体外 30cm 处 X- γ 空气吸收剂量率监测值最大为 0.092 μ Sv/h（为 CEB-500 型电子加速器设备屏蔽体外），无超过 2.5 μ Sv/h 的情况发生，加速器屏蔽体外检测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量约束值要求，机器符合仪器相关质控评价标准。

（五）年度评估报告

智研科技在全国核技术利用申报系统中提交了“2024 年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，包括基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、本年度放射性同位素与射线装置使用台账及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应情况、辐射安全隐患及整改情况等，对公司 2024 年度射线装置生产、销售情况和防护状况以及辐射场所安全和辐射管理情况进行了说明。

（六）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合智研科技实际情况，建设单位已调整了辐射安全管理领导小组（附件3），并制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。公司应根据本次项目建设内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际情况及时对各项规章制度补充修改。

（七）辐射事故及应急相应情况

建设单位已制定有《辐射事故应急预案》并开展应急演练，经建设单位核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

（八）与本项目有关的原有主要环境问题

根据建设单位《2024 年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》可知：公司射线装置生产、销售与台帐明细一致，且设备销售单位均已取得有辐射安全许可证；辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生变化；年度监测均满足相应控制目标值要求；辐射工作人员个人剂量监测满足要求剂量约束值；危险废物均交由有资质单位处置；开展了辐射事故应急演练。经与建设单位核实，没有发生过辐射事故，故无遗留环境问题。

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》（GB18871-2002）。

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电子加速器

序号	名称	类别	数量	型号		加速粒子	最大能量 (MeV)	最大电子束流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
				主型号	子型号						
1	工业电子 加速器	II	年生产、 销售和使用（调试） 共约 50 台	CEB-250	**	电子	**	**	辐照加工	新厂区大设备生产 调试区（位于东南 侧，场所固定）	/
2	工业电子 加速器	II			**	电子	**	**	辐照加工		/
3	工业电子 加速器	II			**	电子	**	**	辐照加工		/
4	工业电子 加速器	II			**	电子	**	**	辐照加工		/
5	工业电子 加速器	II			**	电子	**	**	辐照加工		/
6	工业电子 加速器	II			**	电子	**	**	辐照加工		/
7	工业电子 加速器	II	年生产、 销售和使用（调试） 共约 50 台	CEB-300	**	电子	**	**	辐照加工		/
8	工业电子 加速器	II			**	电子	**	**	辐照加工		/
/	/	/	/	/		/	/	/	/	/	/

（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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

（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 (mA)	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	气 态	/	/	少 量	少 量	少 量	不 暂 存	设备排气口通过 集气罩外接，经 专用通排风管道 收集后最终高于 厂房屋面 3m 排 放至室外大气
氮氧化物	氮 氧	/	/	少 量	少 量	少 量	不 暂 存	
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令[2014]第九号（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令[2016]第四十八号（2016 年 7 月 2 日修订，2018 年 12 月 29 日修正）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令[2003]第六号（2003 年 6 月 28 日通过，2003 年 10 月 1 日起实施）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院 682 号令（2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日实施）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令（根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）； (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 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）； (7) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起实施）； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局第 31 号令，2021 年 1 月 4 日修订）； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施）； (10) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施）； (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，自 2019 年 11 月 1 日施行）。
技术标准	(1) 《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（HJ 1157-2021）；

	(4) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ 61-2021) ; (5) 《电子辐射工程技术规范》 (GB50752-2012) ; (6) 《粒子加速器工程设施辐射防护设计规范》 (EJ346-1988) ; (7) 《辐照加工用电子加速器工程通用规范》 (GB/T 25306-2010) ; (8) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ 979- 2018) ; (9) 《粒子加速器辐射防护规定标准》 (GB5172-1985) ; (10) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》 (GBZ141-2002) ; (11) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) 。
其他	(1) 环评委托书; (2) 《辐射防护手册》 (第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987); (3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》 (生态环境部 (国家核安全局)); (4) 原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲 (2016) 的通知》 (川环函〔2016〕1400 号) ; (5) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》 (环发[2006]145 号, 原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件, 2006 年 9 月 26 日) ; (6) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》 (环发[2012]77 号, 原环境保护部文件, 2012 年 7 月 3 日) ; (7) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》 (生态环境部公告 公告 2021 年第 9 号) ; (8) 《辐射防护导论》 ; (9) 建设单位提供的设备设计图纸及相关技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 本项目涉及工业电子加速器，根据本项目的特点并参照《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）要求中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：<u>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</u>”。确定本次评价范围选取工业电子加速器设备屏蔽体外 50m 以内。				
保护目标 本项目评价范围内的主要环境保护目标有：生产调试区域辐射工作人员及评价范围 50m 以内的公众。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减，选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析。根据总平面布置情况及项目周围外环境关系，依次确定本项目涉及的环境保护目标具体见表 7-1。				
表 7-1 本项目环境保护目标				
保护目标	相对辐射源方位	距辐射源最近距离（m）	人数（人次/天）	照射类型
设备调试辐射工作人员	/	**	**	职业照射
来料待检区	东侧	**	**	公众照射
厂区道路的公众		**	**	
厂外天兴路的公众		**	**	
木箱放置区的工作人员	西侧	**	**	
1 号厂房内（西半侧）东兴绝缘公司内的工作人员		**	**	
危废暂存间的工作人员	西北侧	**	**	
库房的工作人员		**	**	
调试区中间货车通道处的工作人员	北侧	**	**	
检验平台区域的工作人员		**	**	
控制柜接线测试区的工作人员		**	**	
钳工室、办公休息室休息区、电子装配室内的工作人员		**	**	
仓库内的工作人员	东北侧	**	**	
东兴绝缘公司办公楼内的工作人员	南侧	**	**	
厂外科莱路的公众		**	**	

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。

二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 废水：废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关标准；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

- (4) 固体废物：《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020），《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

三、电离辐射剂量限值 and 剂量约束值

（一）剂量限值

1、职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv；根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》

（HJ979-2018）4.2.1 中规定辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a。

2、公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv；根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.1 中规定公众成员个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

（二）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中规定“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5μSv/h”。

四、工作场所臭氧控制水平

根据《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）附录要求：E.2.1 加速器设施内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；根据《环境空气质量标准》（GB3095—2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

(1) 新厂区外环境关系

本项目位于绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号智研科技新厂区(租赁绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房东半部分)，以新厂区所在绵阳东兴绝缘制品有限责任公司厂区范围为边界，南侧紧邻科莱路，西侧紧邻四川科莱电梯股份有限公司；北侧紧邻绵阳今朝机械加工产业园；东侧紧邻天兴路。

(2) 设备调试区外环境关系

本项目位于智研科技新厂区(层高约 8m，一层建筑)，本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器设备调试区域位于新厂区大设备生产调试区东南侧位置，保守以新增设备调试区域为边界：北侧约 0~46m 均位于调试车间内、46~50m 为厂区道路；南侧约 0~1m 位于调试车间内、1~6m 为厂区道路、6~29m 为东兴绝缘公司办公楼和厂区道路，约 29~50m 为厂外科莱路；西侧约 0~18m 位于调试车间内、18~50m 为东兴绝缘公司 1 号厂房西半侧；东侧约 0~5m 位于调试车间内，5~14m 为厂区道路，14~50m 为厂外天兴路；东北侧约 18~50m 为仓库。

本项目现场图见图 8-1。

**

图8-1 本项目拟建场所现状图

二、本项目所在地 X-γ辐射空气吸收剂量现状监测

本项目为生产、销售和使用（调试）电子加速器项目，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目所在地的辐射环境现状，2025 年 3 月 7 日，四川省永坤环境监测有限公司对项目调试场所进行了现场监测，监测报告见附件 11。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源

监测项	监测设备	使用环境
-----	------	------

目	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	
环境 X-γ辐射 剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号: YKJC/YQ-40	1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位: 中国测试技术研究院 证书编号: 202412102810 检定/校准有效期: 2024.12.13~2025.12.12 校准因子: 0.96 (校准源: ¹³⁷ Cs)	天气: 阴 温度: 10.6℃~11.8℃ 湿度: 54.1%~58.3%

辐射监测仪已经由计量部门年检,且在有效期内,测量方法按国家相关标准实施,测量不确定度符合统计学要求,布点合理、人员合格、结果可信,可以作为评价电离辐射环境现状的科学依据。

三、质量保证

该公司通过了计量认证,具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求,均有有效的国家计量部门的检定合格证书,并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训,考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法,按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报,并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系:

(1) 资质认证

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司通过了四川省市场监督管理局的计量认证(计量认证号:242312051074),有效期至2030年03月12日。

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化;②计量器具的标准化;③计量器具、仪器设备的检定。

(3) 记录与报告

①数据记录制度;②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训,考核合格持证上岗。

四、监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)中的方法布设监测点,根据本次

扩建项目拟建址及其周围环境现状，监测点位的选取覆盖扩建项目拟建区域及周围 50m 公众人员区域。根据上述布点原则与方法，本项目监测点位布置如图 8-2~8-3 所示。

图 8-2 新厂区调试车间内辐射环境监测点位图

图 8-3 本项目评价范围内辐射环境监测点位图

四、监测结果

表 8-2 本项目周围本底值监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	环境γ辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1	拟新增设备调试区域	**	**	室内
2	北侧检验平台区域	**	**	
3	西北侧库房	**	**	
4	东侧来料待检区	**	**	
5	东北侧小设备调试区	**	**	
6	西侧大设备调试区围栏旁	**	**	
7	西侧东兴绝缘制品公司 1 号厂房西半部	**	**	室外
8	东侧厂区内部道路	**	**	
9	东北侧仓库旁	**	**	
10	南侧办公楼旁	**	**	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由监测结果得知，项目场所周围 X-γ 辐射剂量率背景值为 73nGy/h～79nGy/h，该值与四川省生态环境厅《2023 年四川省生态环境状态公报》中绵阳市区域环境 γ 辐射剂量率自动监测结果（70～100nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

智研科技拟将新厂区大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器的生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，新增设备调试区只需将原大设备生产调试安全围栏往东侧扩大 1 个设备调试位，本项目所在新厂房已建成，防护设施依托原有，根据现场勘察无施工期遗留环境问题，不涉及土建施工期。

一、工程设备

（一）拟新增设备规格

本项目拟新增工业电子加速器根据电子束能量分为了 CEB-250 和 CEB-300 两种主型号系列，其中 CEB-250 系列工业电子加速器根据辐照腔屏蔽结构设计不同分为以下三种子型号：CEB250- I 型、CEB250- II 型、CEB250-III型，同型号下又因辐照腔主屏蔽体安装方位不同，又分为立式和卧式两种；以上 CEB-250 系列对应的 6 种不同子型号设备最大电子线能量均为 0.25MeV、最大电子束流均为 500mA。按照上述分类方式，CEB-300 系列工业电子加速器分为 CEB300- I 型立式和 CEB300- II 型卧式 2 种子型号，其最大电子线能量均为 0.3MeV、最大电子束流均为 500mA。工业电子加速器主射方向立式设备均竖直朝向底部、卧式均水平朝向设备一侧。

根据电源钢桶与加速器钢桶的连接方式不同，同种型号设备根据客户定制要求，又细分有直连式和非直连式两种，以立式为例：直连式设备电源钢桶与加速器钢桶直接连接固定在设备爬梯顶部，非直连式设备电源钢桶固定在设备一侧的地面上，加速器钢桶固定在设备爬梯顶部，两者之间通过钢管间接连接，由于直连和非直连式两者只区别与电源钢桶的固定安装位置，与设备整体屏蔽结构及辐照腔等设计均无关联，因此不做型号上的区别定义。

**

图 9-1 智研科技生产同类型工业电子加速器设备外观示意图（立式）

**

图 9-2 CEB-250 系列和 CEB-300 系列电子加速器型号细分流程图

（二）工作原理及设备组成

1、工作原理

智研科技拟新增生产、销售和使用（调试）的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列的工业电子加速器设备生产时均自带有屏蔽装置。电子加速器是使电子在高真空环境中受磁场力控制，电场力加速而获得特定方向运动的高能量电子束的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。其工作原理是通过对电子枪加热，使得电子枪表面溢出电子；再利用直流高压电源产生的电场力引出电子枪表面电子并对电子加速到一定能量；引出的电子通过电磁聚焦和电磁扫描进入扫描盒，通过加速的高能电子穿过扫描盒引出窗箔，进入被处理的材料上，对材料进行辐照改性，如：交联、接枝、裂解、涂层固化、消毒灭菌等。

**

图 9-3 本项目工业电子加速器原理结构图

2、设备主要构成部件及功能单元结构

系统根据系统功能要求和工业电子加速器的特点，系统采用可编程控制器（PLC）来控制，主要由 PLC 组成的主控制器单元、扫描偏转单元、聚焦单元、束流控制单元、测量单元、安全联锁单元和辅助设备控制单元组成。监测与控制系统采用分布式体系结构。对于高电压和现场数据采集采用多重隔离措施。具体系统结构如图 9-4 所示。

**

图 9-4 工业电子加速器系统结构图

（1）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。

（2）束流控制系统：通过 PLC 的控制信号对束流控制系统的控制，通过对电子枪灯丝电压的控制，并可以使电子枪灯丝输出电流值和设置值相同。即当允许引出束流后，PLC 的束流值设定信号输出给束流控制系统，电子枪就会输出按照事先设定的时间函数上升的束流。

（3）扫描偏转系统：扫描线圈由沿着照射范围长方向进行电子束扫描的“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，它们都安装在扫描盒顶部的漂移管上。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。

(4) 真空系统：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利于加速器正常工作时，维持真空的机械泵、分子泵、闸板阀和真空规等。

(5) 安全联锁系统：主要包括屏蔽室的防护门联锁、紧急按钮、剂量监测联锁和故障报警指示组成。主要对防护门的监测、供电系统进行监控。

(6) 主控制器：主控制器执行数据采集并控制加速器设备各项功能。

(7) 人机界面：人机界面是台触摸屏面板，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。

(8) 辅助装置的功能：辅助设备控制主要包括排风机、送风机。排风机主要排除机房内产生的臭氧，送风机主要对加速器引出窗进行冷却。

3、设备组成

电子加速器辐照加工系统是以电子加速器技术为核心，集辐射防护技术、电子技术、精密机械、物流输送、软件与控制技术于一体的新型高科技装备。加速器产生高能电子束并将其扫描成一均匀分布的线性束后引出，传输装置承载被检物以辐照工艺需要的相应速度通过辐照区域，经过电子束的辐照，实现辐照工艺所需的处理。本项目两种不同结构的工业电子加速器设备组成结构示意图如下图 9-5、9-6 所示。

图 9-5 工业电子加速器核心辐照部分结构示意图（立式结构）

图 9-6 工业电子加速器核心辐照部分结构示意图（卧式结构）

电子加速器辐照装置由以下 5 个部分组成：

(1) 电子加速器部分

电子加速部分由加速钢筒以及设在加速钢筒内的电子枪、电子枪加热电源、加速管、电子流检测等部分组成。

①电源钢筒和加速钢筒

电源钢筒与加速钢筒通过高压传输线相连，钢筒内充有压力约为 0.5～

0.6MPa 的绝缘气体 SF₆。加速钢筒（也称为加速管）的主要作用是加速电子束，在加速钢筒里设有加速管的管电流输出端子以及电子枪加热控制电缆输出口，加速钢筒通过施加高电压，使得电子能够在其中加速并获得高动能。电源钢桶的主要作用是提供一个安全、稳定的电源环境，以确保电子加速器的正常运行，在电源钢筒侧面设有测量、监视气体温度的温度表、电源钢筒顶部设有安全排气阀。

②电子枪

电子枪安装在加速管顶部，电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极，钨丝直径 0~0.8mm，阴极加热后发出的电子被加速管上端的引出极(也称吸极)引出成束进入加速管加速。

电子枪的供电功率由置于高压球帽内的发电机提供。发电机由固定在钢筒底座上的变频电机通过一根绝缘轴带动。改变变频电机的工作频率，即可方便快速地改变发电机的转速从而改变电子枪的加热电流，达到调节束流的目的。这样的供电方式，束流和频率单一对应，跟随快，便于和束下装置联动，有利于提高工作效率和辐照产品的质量。

③加速管

加速管是电子在其中成束并被加速的部件，由陶瓷和加速电极相互叠层连接而成，其内部和扫描盒及漂移管连接在一起并保持高真空。加速管安装在整流芯柱的中心，顶端与高压球帽相接，底端接地，其电位分布大体与整流柱中的电位分布一致。加速管外侧装有均压电阻链，使其具有独立分压，每个绝缘环还装有保护放电球隙，以防止过电压冲击；周围设有将直流高压的分压电压送给各加速电极的“柱形电阻”，提供用于电子发射、加速的电场。

（2）扫描引出系统（扫描盒）

电子束离开加速管后经漂移管进入扫描盒，穿过扫描磁铁组件时，在三角波磁场的作用下，进行 X 和 Y 相互垂直两个方向的扫描，最后经长条形的钛窗引出。在加速管出口至扫描磁铁之间的漂移管外面，还安装有聚焦线圈和导向线圈，用以调节束流的聚焦和方向。

（3）束下联动系统

工业电子加速器的束下采用主动辊筒装置，将待辐照料按要求穿过设备，物品从进料口输送到辐照室，并在处理完成后将其送回出料口，为了确保操作安全，

束下联动系统配备了各种防护结构,如束流中心下方输运线辊子防护结构和迷道内输运线动力电机防护结构。

- (4) 电气控制系统
- 包括设备配电柜、设备控制柜、设备电源柜、位置传感器等;
- (5) 安全联锁及监控等安全防护系统。

(三) 设备主要参数

本项目涉及两种电子束能量系列的工业电子加速器, 分别为 CEB-250 系列和 CEB-300 系列, 其技术参数见下表 9-1。

表 9-1 本项目工业电子束辐照装置技术参数一览表

技术指标		工业电子加速器参数	
型号	主型号	**	**
	子型号	**	**
X 线能量		**	**
电子线能量		**	**
电子束流强度		**	**
平均束流功率 P		**	**
束流脉冲宽度 dp		**	**
射线最大出射角		**	**
电子束最大宽度		**	**
靶材料名称		**	**
能量不稳定性		**	**
电子束流不稳定性		**	**

二、工艺流程及产污环节

(一) 本项目工艺流程及产物环节

智研科技拟将新厂区大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器的生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位, 并在该区域内进行生产、调试 CEB500-06 型、CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器。设备生产组装过程中, 所有结构和零部件均不在公司内生产加工, 均采取委外加工和外购, 不涉及表面喷涂工艺, 本项目工艺流程及主要产污环节见图 9-7。

**

图9-7 本项目工艺流程及产污环节图

1、设备组装流程

本项目拟新增 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产组装过程中，主要涉及屏蔽体框架装配、屏蔽室装配、电真空系统装配体、加速钢桶、电源钢桶等装配、装配后的设备调试。主要组装流程见图 9-8。

**

图 9-8 工业电子加速器调试区组装流程图

2、设备调试流程

(1) 主要调试流程

本项目 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器在组装完成达到调试条件后，智研科技按照作业程序开展调试，主要调试流程为各检测参数校验及标定→安全联锁测试→高压电源及电子枪参数检测→屏蔽体屏蔽效果调试→连续运行系统稳定性检测。年最大生产、销售和使用（调试）CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器各 50 台（包含主型号所对应的子型号设备），单台射线装置车间内调试最长出束时间为 72h，客户厂区内调试维修最长出束时间为 72h。

(2) 主要调试程序

本项目设备组装完成后，达到调试条件，主要调试流程如下：

①首先调试设备控制系统（调试过程中高压电源主回路是断开）运行是否正常；

②调试系统与电源的通信系统、以及对束下系统的控制；

③采用模拟信号对设备各个安全联锁的控制系统进行检测、排除异常；

④所有控制系统，联锁装置调试无异常后，可以开始对设备进行正式调试；

⑤设备调试及射线泄露监测调试前除确保整个安全联锁系统正常外，还需人工确认设备内唯一可以开合的屏蔽门处于关闭状态，系统程序中门的控制处于无法打开状态（确保射线防护安全）。

调试流程为：首先将设备射线能量设置为 50kV，束流程序固定 5mA 的条件运行设备，同时用辐射剂量检测装置对设备 6 个面进行剂量泄露检测，如发现有辐射剂量超出 0.5uGy/h，即可对位置标记，立即停机对泄露点进行标记整改补强，补强后继续在同等条件先再次就补强后的位置进行辐射剂量率检测；无泄露后再次提高 20kV 射线能量等级，并按同样的方法进行射线泄露检测和补强，如无泄露则可继续按 20kV 的步进量提高能量进行射线泄露检测，直到设备最终在最高

的能量条件下射线泄露辐射剂量率水平满足要求。能量运行到额定高压且射线泄露合规后，在以最高能量安装上述方法逐步增大束流运行，并且每次增加 5mA 监测并对屏蔽确认和补强，直至在额定的高压和束流下整个设备的射线屏蔽处于安全状态。主要调试流程见图 9-9。

**

图 9-9 本项目设备调试流程图

3、设备拆装及打包

智研科技拟设计、生产的 CEB-250 系列工业电子加速器设备尺寸最小为：**，CEB-300 系列工业电子加速器设备尺寸最小为：**，该工业电子加速器尺寸相对较大，不便于长途运输，且运输过程中不能保证设备性能，因此生产的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器需要拆除后运输到客户厂房内再进行安装和调试，本项目拟新增设备拆卸打包流程见下图 9-10。

**

图 9-10 工业电子加速器拆卸流程图

4、设备运输

智研科技拟生产的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器设备尺寸较大，设备在新厂区调试区内经调试合格，对设备进行拆除后，由智研科技联系有资质的物流公司，并由调试人员随设备运输物流车辆一起到客户厂区内进行交货。

5、客户厂区设备组装流程

智研科技拟生产的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器在调试后，为保证设备性能、方便运输，需将设备拆卸后运输，设备运输到客户厂区内，在客户厂区机房内进行重新组装。本项目工业电子加速器在客户厂区组装流程见图 9-11。

**

图 9-11 工业电子加速器客户厂区组装流程图

6、客户厂区调试、维修流程

本项目 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器在客户厂区内组装完成，满足通电条件后，需要智研科技调试人员再次对射线装置进行调试，经过调

试并能够稳定运行后，设备交付客户。在设备交付客户后，设备在客户厂区内使用一段时间后，可能出现设备故障需要维修，智研科技安排维修调试人员到客户厂区内进行维修。维修涉及的设备拆卸、组装和调试与上述流程相同。

污染源描述

一、辐射污染源分析

本项目拟新增生产、销售和使用（调试）的 CEB-250 系列工业电子加速器最大能量均为 0.25MeV，最大束流强度均为 500mA；CEB-300 系列工业电子加速器最大能量均为 0.3MeV，最大束流强度均为 500mA。

工业电子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。此外，电子束打到机头及其他高 Z 物质时也会产生高能 X 射线，X 射线的贯穿能力极强，会对加速器屏蔽体周围环境造成辐射污染。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。

二、非辐射污染源分析

本项目工业电子加速器装置在生产、使用（调试）过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。在射线装置生产过程中，主要产生固体废物、少量废气和噪声，项目设备生产过程周期相对较短，对周围环境影响较小。

（一）固体废物

本项目产生的固体废物主要为包装废物、废弃电子元器件、废设备零部件、生活垃圾等。其中，废电子元器件年最大产生量约 20kg，为危险废物，经分类收集后在危险废物暂存间内暂存，交由有资质的单位回收处理；废设备零部件、包装材料等按一般固废处理，生活垃圾分类收集后由市政环卫部门统一清运。

（二）废气

本项目产生的废气主要臭氧、氮氧化物等。

本项目拟生产的设备结构及零部件均通过委外加工和采购成品，不涉及表面喷涂。射线装置在通电出束调试过程中，辐照腔内的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。加速器输出的高速电子束流越强，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。电子束装置屏蔽体在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气。建设单位在新厂区大设备调试区 CEB-250 系列和 CEB-300 系列设备排气口拟设置集气罩，工业电子加速器设备排气口通过集气罩外接，经专用通排风管道收集后最终高于厂房屋面 3m 排放。

（三）废水

本项目产生的废水主要为工作人员产生的生活污水，生活污水经过厂区内污水管网收集，排入绵阳东兴绝缘制品有限责任公司现有的污水处理站处理后，排入七星坝污水处理厂处理，能够实现达标排放。

（四）噪声

本项目产生的噪声涵盖设备生产、组装、拆卸和调试过程，主要为风机、辅助安装器械、设备设施搬运、管线安装等产生的噪声。建设单位拟通过采购低噪设备，轻拿轻放等措施进行降噪。本项目产生的噪声经降噪措施落实后，经过距离衰减后，能够实现《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准的要求。

四、小结

本项目主要污染源项如下表 9-2 所示。

表 9-2 本项目污染物源项

**

表 10 辐射安全与防护

一、平布置及两区划分

1、平面布局

本项目位于智研科技新厂区（层高约 8m，一层建筑），拟将新厂区内东南侧大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器的生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，该区域尺寸为 12m 长×8m 宽。根据调整后的布局，在新厂区内，南侧部分自东向西依次为来料待检区、大设备生产调试区、木箱放置区，危险废物暂存间，其中大设备生产调试区内北半部设置为 CEB-200 型工业电子加速器装置调试位，中间为货车过道，南半部自西向东依次为 CEB-200 型、CEB200-06 型、CEB-500 型、CEB500-06 型工业电子加速器装置以及本次拟新增的 CEB-250 系列、CEB-300 系列工业电子加速器的调试区（原 CEB500-06 型工业电子加速器与本项目拟新增的两种系列加速器交替使用 2 个生产调试位）；厂房北侧中部自东向西依次为小设备调试区、检验平台和控制柜接线测试区、库房等；东北角自东向西依次为电子装配室、办公休息区、钳工间。本项目厂房平面布局见附图 3。

2、辐射工作场所两区划分

（1）分区原则

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

（2）控制区和监督区的划分

本项目拟在大设备生产调试区原有生产、使用（调试）和销售的工业电子加速器设备型号基础上，新增电子束能量为 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器，辐射工作场所依托原有，本项目环评在两区划分时，仅关注本次拟新增的 2 种型号设备对应的调试区域，其余设备调试场所均已进行了两区划分，本次不再重复划分。

根据控制区和监督区的定义，结合本项目辐射防护和环境情况特点，设置 CEB-250 系列、CEB-300 系列工业电子加速器屏蔽体内部划为控制区，设备生产调试区四周安全围栏内除电子加速器外其它区域划为监督区。本项目辐射工作场所两区划分见表 10-1、两区划分示意图见下图 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

射线装置所在区域	控制区	监督区
调试车间	CEB-250 系列、CEB-300 系列工业电子加速器屏蔽体内部区域	大设备生产调试区四周安全围栏内除电子加速器外其它区域划为监督区

**

图 10-1 本项目所在新厂区大设备调试区两区划分示意图

(3) 控制区的防护手段与安全措施；

①设备控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）；

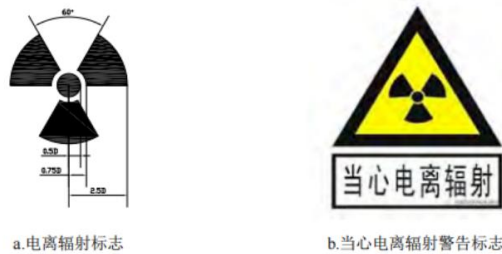


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

(4) 监督区防护手段与安全措施

①在监督区边界设置防护围栏实体管控措施，并在防护围栏设置红外线监测报警仪，设备调试时，防止无关人员闯入；

②在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，在防护围栏四周醒目位置粘贴当心电离辐射警示标志；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、电子加速器辐射安全与辐射防护情况分析

1、工业电子加速器装置的实体防护

智研科技拟生产、销售和使用（调试）的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器设备均设置有屏蔽防护措施，其中 CEB-250 系列主型号包含有以下 6 种子型号设备：CEB250-I型立式、卧式，CEB250-II型立式、卧式，CEB250-III型立式、卧式；CEB-300 系列主型号包含有以下 2 种子型号设备 CEB300-I型立式、CEB300-II型卧式；根据智研科技提供的资料，本项目 CEB-250 系列和 CEB-300 系列电子束装置屏蔽设计图见附图，屏蔽设计参数见下表 10-2。

表 10-2 本项目 CEB-250 系列和 CEB-300 系列加速器屏蔽体设计表

注:上述屏蔽结构方位描述中的左侧或右侧均以环评报告附图中所标注的方位为例进行描述，实际主射方位以设备摆放和人员相对设备方位参照为例。

2、设备固有的安全设施

（1）加速器过电压、过电流保护系统：在加速器控制系统中稳压电路对电压、电流进行监控，确保装置自动稳压；过电压、过电流保护功能装置，若由于其他原因导致加速器电压、电流非正常运行，控制系统会自动切断电源。

（2）加速器束流控制系统：束流不稳定时自动断开电源，停止运行。

（3）加速管真空联锁系统：加速器运行过程中实施监测加速管内的真空度，真空度不满足要求时钛泵将自动保护，同时切断电源，有效保护加速管。

（4）冷却水联锁系统：冷却水为循环冷却系统，冷却水不排放。加速管安装有水流量监测开关，当加速器中的靶、大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，停止运行。

3、辐射安全和防护措施分析

（1）工业电子加速器设备辐射安全和防护措施

智研科技拟生产、销售和使用（调试）的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器均采用相适应的多层防护与安全措施，辐射安全与防护设施设计包括有联锁系统、急停系统、监控系统等内容，辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统符合相关标准规范，满足辐射安全要求，具体如下：

①钥匙开关：电子加速器电子束控制系统均配备有钥匙开关，钥匙开关控制电子束设备。当系统运行时，钥匙开关为未闭合状态时加速器无法开机。加速器开机钥匙由专人保管，确保他人不能随意开启设备。

②束下装置联锁：辐照腔设计有束下屏蔽室与束上屏蔽室，两者闭合形成物料进出口通道，物料进出时通过电动推杆系统控制束上屏蔽室移动。该电子束装置设置有 2 组行程开关联锁：在辐照腔设计行程开关联锁，当束上装置出现异常动作时，行程联锁开关启动，加速器自动断电停机；在真空系统的移动屏蔽罩及扫描盒处设置行程开关联锁，当移动屏蔽罩及扫描盒出现异常动作时，行程联锁开关启动，加速器自动断电停机；只有在 2 组行程开关全部闭合的状态下电子束才能被开启，其中任何一组行程开关断开电子束都不能被开启。

③工作状态指示灯：在电子设备控制柜主机显著位置拟设置三色警示灯，红灯：加速器正在运行，不得进入控制区；绿灯：加速器停止运行，无动态辐照。

④声光报警装置：警示灯伴随有蜂鸣器提示，在设备启动或故障报警时，发出声光报警，通知人员撤离控制区；加速器正式启动前，自动向工作区域内发出声光报警，通知人员迅速撤离控制区。

⑤急停按钮：在控制系统主柜和生产线都配有急停按钮，以备紧急状态时应用，当工作人员发现任何有安全危险时，按动急停按钮，即可立刻使加速器停止运行。

⑥监测系统与剂量联锁装置：辐照腔设有 2 组在线辐射监测系统与剂量联锁装置，辐射监测在电子束设备屏蔽室主体升降段上方（或产品进出通道上方）对角处，配有两台固定在线式 X/γ 剂量监测仪探头，X/γ 剂量监测仪安装在屏蔽体外侧，监测电子加速器运行时环境剂量。当任一监测点剂量超过剂量限值 2.5μSv/h 时会有声音报警，并将信号传送到控制系统，自动切断束流运行。同时，公司配备 2 台个人剂量报警仪，用于对装置工作时周围环境辐射水平及对瞬时辐射剂量率的实时报警。

⑦行程限位触点联锁：在屏蔽室主体的升降段设置有行程限位触点联锁，如果某一部件关闭不到位时，不能开机，防止辐射泄漏。如果电子加速器运行中屏蔽室有升降的机械动作，加速器将瞬间紧急停止运行。

(2) 大设备调试区辐射安全和防护措施

①调试区监控及剂量连锁：在大设备调试区四周边界设置有实体防护围栏，在围栏四周角落位置设有在线 X/γ 辐射监测探头并与调试的加速器高压电源连锁，在调试过程中，辐射剂量率检测数值超过剂量限值 2.5μSv/h 时，调试中的加速器将立即断电。

**

图 10-3 大设备调试区域四周现有 X/γ 辐射监测探头（6 个）

②电离辐射警告标志：在调试区边界围栏及加速器主屏蔽体外醒目位置均设置有电离辐射警告标志，防止无关人等进入调试区域。

③红外线监测报警仪：在大设备调试区围栏四周角落位置处分别设置有红外线检测报警装置（共 4 个），并与调试的加速器高压电源连锁，在设备调试过程中，当红外线检测到有人员突然闯入围栏内监督区，装置报警并立即对设备进行自动断电。

**

图 10-4 大设备调试区安全围栏四个角落处红外线监测报警仪

④烟雾报警装置：在大设备调试区域内设置有烟雾报警装置，当遇有火险时，加速器立即停机、立即关断加速器及辅助设备的全部电源、切断高压并停止通风。在设备调试区域均设置有灭火装置。

4、辐射安全控制系统连锁

智研科技设计了电子加速器的各控制信号连锁，在加速器未出束时，只有当所有控制信号均正常时，加速器方可启动进行出束作业；在加速器正常运行后，将对各控制信号时时监控，若任意控制信号出现异常，则系统将立即切断电源，使得辐照腔内的加速器立即停止出束。

本项目工业电子加速器具有多重设备安全连锁，如：屏蔽主体束下左安全检测连锁、爬梯安全检测连锁、高压检测系统连锁、束流检测连锁、剂量检测连锁、系统类各温度检测连锁、红外线检测连锁等，以确保本项目的运行安全，安全连锁逻辑图如下：

**

图 10-5 安全连锁逻辑示意图

5、设备调试和检测安全分析

（1）工业电子束装置在生产出厂前，须严格按照《电子辐射工程技术规范》

(GB50752-2012)和《辐照加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)的要求对工业电子加速器系统进行调试和检测,并将调试检测记录存档。各功能调试应符合以下规定:

①设备在开机警示功能的调试时,准备开机状态下,控制柜(操作柜)的监控画面上应有该状态的指示,开机警示装置应启动报警;设备运行正常后,开机警示应停止,运行警示装置应启动;

②控制台上的紧急停机按钮的调试时,在准备开机或工作状态下,应实现按动控制柜(操作柜)上的紧急停机按钮时,切换至停机状态;

③在进行液压机升降系统和安全检查系统的调试时,控制逻辑关系应符合设计要求。

(2) 对于安全联锁与控制系统的检测,须符合以下要求:

①检查安全联锁的逻辑功能控制应由计算机完成,计算机防火墙和操作权限的设定应符合设计要求;

②安全联锁逻辑应按照设备的技术条件与电器仪表工程设计的内容逐一检测,各项逻辑关系应符合设计要求,在连续五次的监测中,不应有误动作;

③检查紧急停机开关时,开关的型号、数量、位置应符合设计要求,操作应便捷,通过实际操作,连续五次检测中,不应有误动作;

④检查设备的警示设施时,应检查警示的标识的位置及数量是否符合设计要求,各警示灯应醒目安放端正稳固,各警示灯的颜色、开启和关闭条件应满足设计的要求,开机准备的警示应与其他警示方式有显著区别,延续时间应符合设计要求。

6、辐照设备安全原则符合分析

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 4.1.1,本项目电子加速器应满足以下安全原则。

(1) 纵深防御原则

应对电子加速器辐照装置的应用及其潜在照射的大小和可能性采取相适应的多层防护与安全措施(即纵深防御),以确保当某一层次的防御措施失效时,可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正,达到:防止可能引起照射的事故;减轻可能发生的任何类似事故的后果;在任何这类事故之后,将装置恢复到安全状态。

（2）冗余性

采用的物项应多于为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，在运行过程中万一某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能。例如辐照腔和主机室的人员出入口应设 3 道及以上联锁。

（3）多元性

多元性能够提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。系统多元性和多重剂量监测可以采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等。例如：辐照腔和主机室的人员出入口的安全联锁可以分别采用机械的、电气的、电子的和剂量的联锁。

（4）独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用。通过功能分离和实体隔离的方法使安全机构获得独立性。

综述：根据前文内容，本项目拟设置多项安全保护联锁，例如钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、剂量联锁、行程限位触点联锁、通风联锁，当所有安全联锁正常启动，全部就位后加速器才能正常出束，符合“纵深防御原则”。

五、辐射安全防护设施对照分析

本项目电子加速器辐照装置安全防护设施设计与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）符合性分析详见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射安全设施与标准符合性分析表

安全设施	标准要求	实际设计情况	符合情况
钥匙控制	加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照腔门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。	**	符合
门机联锁	辐照腔和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照腔门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机。	**	符合
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必须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，加速器应自动停机。	**	符合

信号警示装置	在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照腔内人员的警示。主机室和辐照腔出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁。	**	符合
巡检按钮	主机室和辐照腔内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照腔按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	**	符合
防人误入装置	在主机室和辐照腔的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置(一般可采用光电装置)，并与加速器的开、停机联锁。	**	符合
急停装置	在控制台上和主机室、辐照腔内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照腔及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照腔内还应设置开门机构，以便人员离开控制区。	**	符合
剂量联锁	在辐照腔和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照腔和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照腔内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照腔门无法打开。	**	符合
通风联锁	主机室、辐照腔通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。	**	符合
烟雾报警	辐照腔应设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。	**	符合

四、环保投资

本项目拟将新厂区大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器的生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型加速器和拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列加速器生产调试位，新增设备调试区只需将原大设备生产调试安全围栏向东侧扩大 1 个设备调试位，原大设备调试区辐射工作场所防护设施、措施于 2023 年 4 月通过了竣工环境保护验收，能够满足新增项目防护需求。因此，本项目只涉及工业电子加速器设备本身拟配置的环保设施，辐射工作场所环保设施均依托原有，本次环评不再进行论述。本项目电子束装置环保投资估算见表 10-4。

表 10-4 环保设施及投资一览表

项目	应具备条件	数量	拟投资（万元）
电子 实体防护	屏蔽体（含防护门）	**	**

加速器	出入口控制	辐照腔电离辐射警示标志	**	**
		设备工作状态指示灯	**	**
	安全联锁	控制柜与工业电子加速器钥匙控制	**	**
		屏蔽体与加速器高压触发联锁	**	**
		屏蔽体与束流控制联锁	**	**
		加速器开机前声、光报警	**	**
		传输系统与束流联锁	**	**
		设备上紧急停机（复位）按钮	**	**
		控制柜紧急停机（复位）按钮	**	**
		在线辐射剂量率监测仪	**	**
	剂量监测	个人剂量计	**	**
		个人剂量报警仪	**	**
		便携式X/γ 辐射剂量监测仪	**	**
		在线固定式X/γ 辐射监测报警仪	**	**
	排风	排风管道	**	**
		低噪声风机	**	**
合计				15.2

本项目总投资**万元，环保投资**万元，占总投资的**%。今后在实践中，建设单位应根据辐射防护和管理要求，结合自身实际情况对环保设施做相应补充完善，使之更能满足实际和相关管理要求。同时，建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

本项目工业电子加速器在调试作业过程中不产生放射性三废。

一、废气

空气在辐射照射下，会产生少量臭氧和氮氧化物等有害气体，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的三分之一，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此项目主要产生的废气污染物为臭氧。

公司拟新增生产、销售和使用（调试）的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列的工业电子加速器均采用机械排风，两种系列工业电子加速器排风系统设置一致：排风管道均拟从辐照腔顶部引出，在辐照腔顶部设置有 1 台排风机（风量约 1410m³/h~1704m³/h）和 1 台进风机（风量 684m³/h），使加速器辐照腔内部始终处于负压状态，防止臭氧溢出，进风机通过进风管道将风输送至扫描盒，用于物料的降温，排风机将装置内臭氧和氮氧化物引至排风管内，工业电子加速器设备

排风口通过集气罩外接，经专用通排风管道收集后最终高于厂房屋面 3m 排放至室外大气，经自然分解和稀释，不会对环境空气造成明显影响。

二、固废

本项目在生产电子束装置过程中，产生的固体废弃物较少，且本项目电子束能量较小，不会引起靶物质活化，不产生放射性固体废弃物。因此，在本项目电子束装置出束期间，主要固体废物为生活垃圾，生活垃圾依托既有的生活垃圾处理设施处理。

三、废水

本项目在生产电子束装置过程中，不产生废水，在设备运行期间，主要为生活污水，生活污水依托既有的生活污水处理系统处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工期的环境影响分析

智研科技拟将新厂区大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器的生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，新增设备调试区只需将原大设备生产调试安全围栏往东侧扩大 1 个设备调试位，本项目所在新厂房已建成，防护设施依托原有，根据现场勘察无施工期遗留环境问题，不涉及土建施工期。

此外，公司生产的电子加速器装置的生产过程均为采购相关模块，进行简单组装后进行调试，产生的废气、废水、固废较少。因此，本项目施工期对周围环境影响较小。

运营阶段对环境的影响

一、工业电子加速器

智研科技拟在新厂区大设备生产调试区原有生产、使用（调试）和销售的设备型号基础上，新增电子束能量为 CEB-250 系列（最大电子线能量 0.25MeV、最大电子束流 500mA）和 CEB-300 系列（最大电子线能量 0.3MeV、最大电子束流 500mA）的工业电子加速器，均属于 II 类射线装置，调试人员操作位与设备辐照腔屏蔽体距离约 1.5~2m，在调试过程中，主要环境影响为电子线、X 射线、臭氧。

CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器单台设备在调试车间内调试均小于 7 天，单次出束时间均不超过 36 小时，单台设备出束调试均最多 2 次，单台设备出束调试最长时间时间不超过 72h，单台型号设备年最长曝光时间均不超过 3600 小时/年（年最大生产、销售和使用（调试）50 台）；CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器在客户厂区内调试维修与公司调试车间内调试出束时间、频次相同。

二、辐射环境影响分析

（一）电子束环境影响分析

本项目 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器最大电子能量分别为 0.25MeV 和 0.3MeV 的电子束，根据《辐射防护手册》（第一分册）9.2 中电子在其他物质中的射程用下列公式进行计算：

$$R = 0.482 \cdot R_{Al} \cdot \frac{A}{Z} \dots\dots\dots \text{公式（1）}$$

$$R_{Al} = 0.407 \cdot E_{\beta}^{1.33} \dots\dots\dots \text{公式（2）}$$

式中：

R —电子在物质中的射程，cm；

E_{β} —电子束流能量，MeV；

A —物质的原子量；

Z —物质的原子序数。

由上式计算得出，0.25MeV 电子束在铁中最大射程为**cm，0.3MeV 电子束在铁中最大射程为**cm。本项目拟生产、使用、销售的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器辐照腔周围均为铅+钢结构屏蔽体，设计屏蔽体厚度完全可以屏蔽能量为 0.25MeV 及 0.3MeV 的电子。因此，电子束对电子加速器辐照腔外环境的影响可以忽略不计。

（二）X 射线辐射影响分析

根据建设单位提供资料，在同一电子束能量下，CEB-250 系列工业电子加速器根据辐照腔屏蔽结构设计以及辐照腔主屏蔽体安装方位不同，分为了以下 6 种型号：CEB250-I 型立式/卧式、CEB250-II 型立式/卧式、CEB250-III 型立式/卧式，其最大电子线能量均为 0.25MeV、最大电子束流均为 500mA，同一型号下立式和卧式工业电子加速器除了辐照腔主屏蔽体安装方位不同，其余辐照腔屏蔽结构设计均一致。立式工业电子加速器主射方向朝向设备底部，无人员居留，且立式设备整体尺寸相较于卧式尺寸大，因此 **CEB-250 系列工业电子加速器均保守按照卧式结构进行屏蔽效果核算**。CEB250-I 型、CEB250-II 型、CEB250-III 型工业电子加速器每种型号对应的尺寸大小不固定，根据不同客户需求，每种型号设备尺寸会在一定范围内进行设计生产，因此，**CEB-250 系列电子加速器辐射屏蔽防护估算，保守以同**

型号最小产品尺寸为例。同一能量下 CEB-300 系列工业电子加速器细化分为了：CEB300-I型立式、CEB300-II型卧式两种，X 射线辐射影响分析时，同样也保守以同一型号产品的最小尺寸为例。

1、理论预测分析

(1) 工业电子加速器辐照腔辐射环境影响分析

①计算模式

本项目 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器主屏蔽体辐射防护屏蔽评价，采用《辐射防护导论》（方杰主编）P101 3.50 公式的修正，即考虑沿与电子束入射方向为 90°的初级 X 射线的屏蔽计算。

参考点的剂量当量指数公式为：

$$H_{I,r(d)} = \frac{I \times \delta_{\alpha(90^\circ)} \times \eta_x \times q}{1.67 \times 10^{-2} \times r^2} \dots\dots\dots \text{公式 (3)}$$

式中：

$H_{I,r(d)}$ ——经过厚度为 d（m）的屏蔽层厚，在参考点上初级 X 射线束的剂量当量指数率，Sv·h⁻¹；

$I \delta_{\alpha(90^\circ)}$ ——距离辐射源（即靶）1m 处 90°方向的吸收剂量指数率，Gy·m²·min⁻¹；

I ——电子束流强度，均为 500mA；

q ——居留因子，本项目取 1；

r ——参考点至辐射源的距离，m；

η_x ——90°方向上的 X 射线在屏蔽层中的透射比，可用十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}$ 方法计算，其计算方法为：

$$\eta_x = \frac{1}{10^n} \dots\dots\dots \text{公式 (4)}$$

$$n = (d - \Delta_{1/10,1}) / \Delta_{1/10,e} + 1 \dots\dots\dots \text{公式 (5)}$$

式中：d——屏蔽层厚度（cm）；

$\Delta_{1/10,1}$ ——靠近辐射源第一个十倍减弱厚度（cm）；

$\Delta_{1/10,e}$ ——第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度（cm）。

② CEB-250 系列（卧式）工业电子加速器辐照腔外辐射剂量率分析

本项目电子加速器辐照装置开机运行时,CEB-250 系列卧式工业电子加速器主射方向水平朝辐照腔右侧照射,辐照腔均采用钢板+铅板进行防护,本项目选取辐照腔钢板为轰击靶来进行辐射防护评价。由于 CEB-250 系列卧式工业电子加速器的出束方向水平朝右,不直射向其他侧的屏蔽体,因此本次项目 CEB-250 系列卧式工业电子加速器四周及左侧主要考虑韧致辐射所致、与电子束入射方向呈 90°的初级 X 射线,右侧主射方向则考虑与电子束入射方向呈 0°的初级 X 射线辐射影响。

为保守计算,CEB-250 系列卧式工业电子加速器辐照腔左侧辐射防护屏蔽评价,仅考虑屏蔽体内与入射电子束成 105°到 180°方向的韧致辐射初级 X 射线对主屏蔽体顶部考察点的影响。为安全起见,105°到 180°方向的发射率常数保守取 90°方向的发射率常数。

根据《辐射防护导论》(方杰编)图 3.3,0.25MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°方向上的发射率常数 $\delta_a(90^\circ)=**\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。本项目被辐照的靶材料为碳钢板,因此,根据表 3.1,90°方向的修正系数 f_e 取 0.5,进行修正后 0.25MeV 入射电子的 $\delta_a(90^\circ)=**\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

根据《辐射防护导论》(方杰编)图 3.25,0.25MeV 电子 90°方向等效入射电子能量约为 0.18MeV。在 0.18MeV 能量下,根据图 3.23,钢的十倍减弱厚度约为**cm,根据图 3.24,铅的十倍减弱厚度约为**cm,则 10mm 铅板约等效为**mm 钢板。在 0.25MeV 能量下,钢的十倍减弱厚度约为**cm,铅的十倍减弱厚度约为**cm,则 10mm 铅板约等效为**mm 钢板。查《辐射防护导论》(方杰编)图 3.23,钢对电子能量 0.18MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}=**\text{cm}$,第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=**\text{cm}$ 。

对于主射线方向屏蔽体外参考点,根据《辐射防护导论》(方杰编)图 3.3,0.25MeV 入射电子在距靶 1m 处 0°方向上的发射率常数保守取 $\delta_a(0^\circ)=**\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。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**,进行修正后 0.25MeV 入射电子的 $\delta_a(0^\circ)=**\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。查《辐射防护导论》(方杰编)图 3.23,钢对电子能量 0.25MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}=**\text{cm}$,第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=**\text{cm}$ 。

1) CEB250-I型卧式工业电子加速器

CEB250- I 型卧式工业电子加速器主屏蔽体外关注点位见下图 11-1:

**

图11-1 CEB250-I型卧式工业电子加速器辐照腔主屏蔽体外关注点位示意图

将相关参数带入公式(3)~公式(5)，CEB250-I型卧式工业电子加速器主屏蔽体外参考点处辐射剂量核算结果见表 11-1。

表 11-1 CEB250-I型卧式工业电子加速器辐照腔屏蔽效果核算

参数	前侧 (A ₁)	后侧 (B ₁)	左侧 (C ₁)	右侧 (D ₁)	顶部 (E ₁)	底部 (F ₁)
$I \cdot \delta_a$ (Gy·m ² ·min ⁻¹)	1.25	1.25	1.25	0.035	1.25	1.25
屏蔽材料及厚度 (cm)	**	**	**	**	**	**
等效厚度 d (cm)	17.2Fe	17.2Fe	15.7Fe	13.6Fe	17.2Fe	17.2Fe
$\Delta_{1/10,1}$ (cm)	**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,e}$ (cm)	**	**	**	**	**	**
η_x 计算结果	6.31E-18	6.31E-18	2.00E-16	3.16E-09	6.31E-18	6.31E-18
r (m) ①	**	**	**	**	**	**
屏蔽体外 空气比释 动能率评 价	计算结果 (μGy/h)	2.55E-10	2.55E-10	2.96E-08	8.56E-03	4.50E-10
	控制值 (μGy/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足

注: ①r_{前侧、后侧}=靶点到前侧(后侧)屏蔽体外的距离 1.06m+参考点 0.3m=1.360m;

r_{左侧}=靶点到左侧屏蔽体外的距离 0.41m+参考点 0.3m=0.710m;

r_{右侧}=靶点到右侧屏蔽体外的距离 0.58m+参考点 0.3m=0.880m;

r_{顶部}=靶点到顶部屏蔽体外的距离 0.724m+参考点 0.3m=1.024m;

r_{底部}=靶点到底部屏蔽体外的距离 0.878m+参考点 0.3m=1.178m。

2) CEB250- II 型卧式工业电子加速器

CEB250- II 型卧式工业电子加速器主屏蔽体外关注点位见下图 11-2:

**

图11-2 CEB250- II 型卧式工业电子加速器辐照腔主屏蔽体外关注点位示意图

将相关参数带入公式(3)~公式(5)，CEB250- II 型卧式工业电子加速器主屏蔽体外参考点处辐射剂量核算结果见表 11-2。

表 11-2 CEB250- II 型卧式工业电子加速器辐照腔屏蔽效果核算

参数	前侧 (A ₂)	后侧 (B ₂)	左侧 (C ₂)	右侧 (D ₂)	顶部 (E ₂)	底部 (F ₂)
$I \cdot \delta_a$ (Gy·m ² ·min ⁻¹)	1.25	1.25	1.25	0.035	1.25	1.25
屏蔽材料及厚度 (cm)	**	**	**	**	**	**

等效厚度 d (cm)		**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,1}$ (cm)		**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,e}$ (cm)		**	**	**	**	**	**
η_x 计算结果		6.31E-13	6.31E-13	2.00E-16	3.16E-09	3.98E-18	3.98E-18
r (m) ^①		**	**	**	**	**	**
屏蔽体外 空气比释 动能率评 价	计算结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	2.69E-05	2.69E-05	1.55E-08	2.55E-02	3.01E-10	2.00E-10
	控制值 ($\mu\text{Gy/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注: ①r_{前侧、后侧}=靶点到前侧(后侧)屏蔽体外的距离 1.025m+参考点 0.3m=1.325m;

r_{左侧}=靶点到左侧屏蔽体外的距离 0.681m+参考点 0.3m=0.981m;

r_{右侧}=靶点到右侧屏蔽体外的距离 0.21m+参考点 0.3m=0.510m;

r_{顶部}=靶点到顶部屏蔽体外的距离 0.695m+参考点 0.3m=0.995m;

r_{底部}=靶点到底部屏蔽体外的距离 0.922m+参考点 0.3m=1.222m。

3) CEB250-III型卧式工业电子加速器

CEB250-III型卧式工业电子加速器主屏蔽体外关注点位见下图 11-3:

**

图11-3 CEB250-III型卧式工业电子加速器辐照腔主屏蔽体外关注点位示意图

将相关参数带入公式(3)~公式(5), CEB250-III型卧式工业电子加速器主屏蔽体外参考点处辐射剂量核算结果见表 11-3。

表 11-3 CEB250-III型卧式工业电子加速器辐照腔屏蔽效果核算

参数		前侧（A ₃ ）	后侧（B ₃ ）	左侧（C ₃ ）	右侧（D ₃ ）	顶部（E ₃ ）	底部（F ₃ ）
$I \cdot \delta_a$ （Gy·m ² ·min ⁻¹ ）		1.25	1.25	1.25	0.035	1.25	1.25
屏蔽材料及厚度 （cm）		**	**	**	**	**	**
等效厚度 d（cm）		**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,1}$ （cm）		**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,e}$ （cm）		**	**	**	**	**	**
η_x 计算结果		6.31E-17	6.31E-17	2.00E-16	3.16E-09	1.00E-15	1.00E-15
r（m） ^①		**	**	**	**	**	**
屏蔽体外 空气比释 动能率评 价	计算结果 （μGy/h）	2.55E-09	2.55E-09	1.39E-08	3.64E-03	8.60E-08	4.43E-08
	控制值 （μGy/h）	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注: ①r_{前侧、后侧}=靶点到前侧(后侧)屏蔽体外的距离 1.062m+参考点 0.3m=1.362m;

$r_{\text{左侧}}$ =靶点到左侧屏蔽体外的距离 0.738m+参考点 0.3m=1.038m;
 $r_{\text{右侧}}$ =靶点到右侧屏蔽体外的距离 1.05m+参考点 0.3m=1.350m;
 $r_{\text{顶部}}$ =靶点到顶部屏蔽体外的距离 0.633m+参考点 0.3m=0.933m;
 $r_{\text{底部}}$ =靶点到底部屏蔽体外的距离 1m+参考点 0.3m=1.300m。

③CEB-300 系列工业电子加速器辐照腔外辐射剂量率分析

本项目电子加速器辐照装置开机运行时，CEB300- I 型立式工业电子加速器出束方向朝辐照腔底部照射，CEB300- II 型卧式工业电子加速器出束方向朝辐照腔左侧照射，辐照腔均采用钢板+铅板进行防护，本项目选取辐照腔钢板为轰击靶来进行辐射防护评价。由于 CEB300- I 型立式工业电子加速器出束方向朝辐照腔底部照射，CEB300- II 型卧式工业电子加速器出束方向朝辐照腔左侧照射，均不直射向其他侧的屏蔽体，因此本次项目 CEB300- I 型立式工业电子加速器四周及底部和 CEB300- II 型卧式工业电子加速器四周及右侧均主要考虑韧致辐射所致、与电子束入射方向呈 90°的初级 X 射线，CEB300- I 型立式底部或 CEB300- II 型卧式左侧主射方向则考虑与电子束入射方向呈 0°的初级 X 射线辐射影响。

为保守计算，CEB300- I 型立式顶部或 CEB300- II 型卧式右侧辐射防护屏蔽评价，仅考虑屏蔽体内与入射电子束成 105°到 180°方向的韧致辐射初级 X 射线对主屏蔽体顶部考察点的影响。为安全起见，105°到 180°方向的发射率常数保守取 90°方向的发射率常数。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3，0.3MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°方向上的发射率常数 $\delta_a(90^\circ) = **\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。本项目被辐照的靶材料为碳钢板，因此，根据表 3.1，90°方向的修正系数 f_c 取**，进行修正后 0.3MeV 入射电子的 $\delta_a(90^\circ) = **\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.25，0.3MeV 电子 90°方向等效入射电子能量约为 0.2MeV。在 0.2MeV 能量下，根据图 3.23，钢的十倍减弱厚度约为**cm，根据图 3.24，铅的十倍减弱厚度约为**cm，则 10mm 铅板约等效为**mm 钢板。在 0.3MeV 能量下，钢的十倍减弱厚度约为**cm，铅的十倍减弱厚度约为**cm，则 10mm 铅板约等效为**mm 钢板。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.2MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1} = **\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e} = **\text{cm}$ 。

对于主射线方向屏蔽体外参考点，根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3，

0.3MeV 入射电子在距靶 1m 处 0° 方向上的发射率常数保守取 $\delta_a(0^\circ) = **\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。本项目被辐照的靶材料为钢板，因此 0° 方向的修正系数 f_c 取 **，进行修正后 0.3MeV 入射电子的 $\delta_a(0^\circ) = **\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.3MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1} = **\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e} = **\text{cm}$ 。

1) CEB300- I 型立式工业电子加速器

CEB300- I 型立式工业电子加速器主屏蔽体外关注点位见下图 11-4：

**

图11-4 CEB300- I 型立式工业电子加速器主屏蔽体外关注点位示意图

将相关参数带入公式(3)~公式（5），CEB300- I 型立式工业电子加速器主屏蔽体外参考点处辐射剂量核算结果见表 11-4。

表 11-4 CEB300-I型立式工业电子加速器辐照腔屏蔽效果核算

参数		前侧 (A ₄)	后侧 (B ₄)	左侧 (C ₄)	右侧 (D ₄)	顶部 (E ₄)	底部 (F ₄)
$I \cdot \delta_a$ (Gy·m ² ·min ⁻¹)		5	5	5	5	5	1.05
屏蔽材料及厚度 (cm)		**	**	**	**	**	**
等效厚度 d (cm)		**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,1}$ (cm)		**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,e}$ (cm)		**	**	**	**	**	**
η_x 计算结果		4.51E-15	4.51E-15	4.12E-15	4.12E-15	1.30E-12	7.94E-10
r (m) ^①		**	**	**	**	**	**
屏蔽体外 空气比释 动能率评 价	计算结果 (μGy/h)	1.35E-06	1.35E-06	4.33E-07	4.33E-07	1.46E-04	2.52E-02
	控制值 (μGy/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：① $r_{\text{前侧、后侧}}$ = 靶点到前侧、后侧屏蔽体外的距离 0.698m + 参考点 0.3m = 0.998m；

$r_{\text{左侧、右侧}}$ = 靶点到左侧、右侧屏蔽体外的距离 1.388m + 参考点 0.3m = 1.688m；

$r_{\text{顶部}}$ = 靶点到顶部屏蔽体外的距离 1.336m + 参考点 0.3m = 1.636m；

$r_{\text{底部}}$ = 靶点到底部屏蔽体外的距离 1.108m + 参考点 0.3m = 1.408m。

2) CEB300- II 型卧式工业电子加速器

CEB300- II 型卧式工业电子加速器主屏蔽体外关注点位见下图 11-5：

**

图11-5 CEB300- II 型卧式工业电子加速器主屏蔽体外关注点位示意图

将相关参数带入公式(3)~公式（5），CEB300- II 型卧式工业电子加速器主屏

蔽体外参考点处辐射剂量核算结果见表 11-5。

表 11-5 CEB300-II型卧式工业电子加速器辐照腔屏蔽效果核算

参数	前侧 (A ₅)	后侧 (B ₅)	左侧 (C ₅)	右侧 (D ₅)	顶部 (E ₅)	底部 (F ₅)
$I \cdot \delta_a$ (Gy·m ² ·min ⁻¹)	5	5	1.05	5	5	5
屏蔽材料及厚度 (cm)	**	**	**	**	**	**
等效厚度 d (cm)	**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,l}$ (cm)	**	**	**	**	**	**
$\Delta_{1/10,e}$ (cm)	**	**	**	**	**	**
η_x 计算结果	1.00E-14	1.00E-14	7.94E-10	7.67E-12	1.00E-14	1.00E-14
r (m) ^①	**	**	**	**	**	**
屏蔽体外 空气比释 动能率评 价	计算结果 (μGy/h)	5.66E-07	5.66E-07	2.04E-02	5.43E-03	3.77E-06
	控制值 (μGy/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足

注: ① $r_{\text{前侧、后侧}}$ = 靶点到前侧 (后侧) 屏蔽体外的距离 2.0m + 参考点 0.3m = 2.3m;

$r_{\text{左侧}}$ = 靶点到左侧屏蔽体外的距离 1.264m + 参考点 0.3m = 1.564m;

$r_{\text{右侧}}$ = 靶点到右侧屏蔽体外的距离 0.35m + 参考点 0.3m = 0.65m;

$r_{\text{顶部}}$ = 靶点到顶部屏蔽体外的距离 0.591m + 参考点 0.3m = 0.891m;

$r_{\text{底部}}$ = 靶点到底部屏蔽体外的距离 3.071m + 参考点 0.3m = 3.371m。

④ 综述

由表 11-1 及 11-5 可知, CEB-250 系列工业电子加速器外参考点处的辐射剂量率最大值约为 2.55E-02μGy/h, CEB-300 系列工业电子加速器外参考点处的辐射剂量率最大值约为 2.52E-02μGy/h, 均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 4.2.2 中规定的“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5μSv/h 的规定”。

(2) 工业电子加速器钢桶及扫描盒辐射环境影响分析

加速钢桶内的辐射场由三部分叠加: 主屏蔽体内与入射电子束成 105°到 180°方向的韧致辐射初级 X 射线, 经过主屏蔽体顶部不完全屏蔽的贯穿辐射场; 主屏蔽体内的 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, 通过主屏蔽体顶上的孔洞直接照射入加速钢桶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桶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, 受到加速钢桶的屏蔽后, 对加速钢桶外的环境影响很小; 对于加速器主体束流加速系统内的

束流损失，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，束流损失最大为 0.1‰（0.025 或 0.03mA）左右，其产生的辐射剂量很少，再经过钢桶的进一步屏蔽后，束流损失对钢桶外的辐射影响很小。因此，本次电子加速钢桶辐射防护屏蔽评价，仅考虑电子加速器主屏蔽体内贯穿辐射场的影响。

电子加速器主屏蔽体内透射线对加速钢桶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桶）对考察点的影响，依然采用公式（3）计算。

① CEB-250 系列工业电子加速器

根据建设单位提供的资料，本项目 CEB-250 系列子型号 CEB250- I 型立式或卧式、CEB250- II 型立式或卧式、CEB250-III型立式或卧式电子加速器钢桶和扫描盒部分屏蔽材料及厚度一致。

表 11-6 CEB-250 系列工业电子加速器扫描盒及钢桶韧致辐射初级 X 射线屏蔽效果核算

参数		扫描盒四周（G _{1~3} ）			钢桶四周（H _{1~3} ）		
屏蔽材料及厚度(cm)		**			**		
等效厚度（cm）		**			**		
$I \cdot \delta_a$ （Gy·m ² ·min ⁻¹ ）		1.25			1.25		
$\Delta_{1/10,1}$ （cm）		**			**		
$\Delta_{1/10,e}$ （cm）		**			**		
η_x 计算结果		1.00E-16			1.58E-11		
r（m） ^①		CEB250-I 型	CEB250-II 型	CEB250-III型	CEB250-I 型	CEB250-II 型	CEB250-III型
		**	**	**	**	**	**
屏蔽体外空气比释动能率评价	计算结果（μGy/h）	7.87E-09	1.02E-08	7.29E-09	1.35E-04	2.03E-04	1.31E-04
	控制值（μGy/h）	2.5			2.5		
	评价结果	满足			满足		

注：rCEB250- I 型扫描盒四周=靶点到扫描盒屏蔽体外的距离 0.675m +参考点 0.3m=0.975m；
rCEB250- II 型扫描盒四周=靶点到扫描盒屏蔽体外的距离 0.558m +参考点 0.3m=0.858m；
rCEB250-III型扫描盒四周=靶点到扫描盒屏蔽体外的距离 0.713m +参考点 0.3m=1.013m；
rCEB250- I 型钢桶四周=靶点到钢桶屏蔽体外的距离 2.66m +参考点 0.3m=2.960m；
rCEB250- II 型钢桶四周=靶点到钢桶屏蔽体外的距离 2.116m +参考点 0.3m=2.416m；
rCEB250-III型钢桶四周=靶点到钢桶屏蔽体外的距离 2.712m +参考点 0.3m=3.012m。

② CEB-300 系列工业电子加速器

根据建设单位提供的资料，本项目 CEB-300 系列子型号 CEB300- I 型立式、CEB300- II 型卧式加速器钢桶和扫描盒部分屏蔽材料及厚度一致。

表 11-7 CEB-300 系列加速器加速扫描盒及钢桶韧致辐射初级 X 射线屏蔽效果核算

参数		扫描盒四周 (G_{4-5})		钢桶四周 (H_{4-5})	
屏蔽材料及厚度 (cm)		**		**	
等效厚度 (cm)		**		**	
$I \cdot \delta_a$ ($Gy \cdot m^2 \cdot min^{-1}$)		5		5	
$\Delta_{l/10,l}$ (cm)		**		**	
$\Delta_{l/10,e}$ (cm)		**		**	
η_x 计算结果		4.92E-13		7.02E-13	
r (m) ①		CEB300- I 型	CEB300- II 型	CEB300- I 型	CEB300- II 型
		**	**	**	**
屏蔽体外空气 比释动能率评 价	计算结果 ($\mu Gy/h$)	4.78E-05	9.65E-05	3.22E-05	2.03E-05
	控制值 ($\mu Gy/h$)	2.5		2.5	
	评价结果	满足		满足	

注:rCEB300- I 型扫描盒四周=靶点到扫描盒屏蔽体外的距离 1.456m + 参考点 0.3m=1.756m;
rCEB300- II 型扫描盒四周=靶点到扫描盒屏蔽体外的距离 0.936m + 参考点 0.3m=1.236m;
rCEB300- I 型钢桶四周=靶点到钢桶屏蔽体外的距离 2.254m + 参考点 0.3m=2.554m;
rCEB3050- II 型钢桶四周=靶点到钢桶屏蔽体外的距离 2.92m + 参考点 0.3m=3.220m。

③ 综述

由表 11-6~11-7 可知, CEB-250 系列工业电子加速器加速钢桶外参考点处的最大辐射剂量率约为 2.03E-04 $\mu Gy/h$, CEB-300 系列工业电子加速器加速钢桶外参考点处的最大辐射剂量率约为 9.65E-05 $\mu Gy/h$, 均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 4.2.2 中规定的“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu Sv/h$ 的规定”。

(3) 工业电子加速器物料进出口及通风管道辐射防护分析

CEB-250 系列主型号包含有以下 6 种子型号设备: CEB250- I 型立式、卧式, CEB250- II 型立式、卧式, CEB250-III型立式、卧式, 且立式和卧式工业电子加速器除辐照腔摆放方式不同(电子加速器设备主射方向立式均竖直朝向底部、卧式均水平朝向设备一侧), 其余屏蔽结构设计以及物料进出口设计均一致, 下文 CEB250- I 型、CEB250- II 型、CEB250-III型工业电子加速器物料进出口处 X 射线散射示意图均以卧式为例。

① 物料进出口辐射防护分析

本项目工业电子加速器辐照腔均设有迷道式物料进口与出口, 由图 11-6 及图 11-10 可知, CEB-250 系列工业电子加速器和 CEB-300 系列工业电子加速器辐

照腔内 X 射线均至少经过 3 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，本项目 CEB-250 系列工业电子加速器和 CEB-300 系列工业电子加速器辐照腔薄膜进出口设计能够满足辐射防护的要求。

② 通排风管道辐射防护分析

根据图 11-6~11-10 可知，屏蔽体内的 X 射线至少经过三次散射后方能到达进风口和出风口，且 CEB250- I 型工业电子加速器通排风管道屏蔽采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽、CEB250- II 型工业电子加速器通排风管道屏蔽采用 15mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽、CEB250-III型工业电子加速器通排风管道屏蔽采用 24mm 铅板+20mm 钢板防护罩进行屏蔽，CEB300- I 型、II 型工业电子加速器通排风管道屏蔽均采用 20mm 铅板+4mm 钢板防护罩进行屏蔽，因此本项目 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器通风系统设计均能够满足辐射防护的要求。

**

图 11-6 CEB250- I 型工业电子加速器物料进出口处 X 射线散射示意图

**

图 11-7 CEB250- II 型工业电子加速器物料进出口处 X 射线散射示意图

**

图 11-8 CEB250-III型工业电子加速器物料进出口处 X 射线散射示意图

**

图 11-9 CEB300- I 型立式工业电子加速器物料进出口处 X 射线散射示意图

**

图 11-10 CEB300- II 型卧式工业电子加速器物料进出口处 X 射线散射示意图

（4）销售和调试过程中辐射环境影响分析

四川智研科技有限公司在射线装置销售加速器前，均会确认客户单位是否履行了相关环评手续，凭客户单位相应的加速器环评批复出售加速器，同时对销售的加速器的去向负责，建立销售台账。公司生产、销售的加速器在公司厂区内调试完成后，将装箱发往客户，在客户单位进行安装，在设备运输和安装过程中，不通电不会产生电离辐射；同时对客户单位辐射工作人员进行相关操作培训等，并负责日后设备的维修工作。在销售过程中，不会对设备通电，不开机，

电子束装置不出束，因此不会产生辐射影响。

在设备销售后，智研科技安排辐射辐射工作人员到客户单位进行安装和调试（维修），根据上述分析可知，本项目 CEB-250 系列工业电子加速器和 CEB-300 系列工业电子加速器在客户单位进行开机调试（维修）时，屏蔽体外关注点处辐射剂量率均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.2 中规定的“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5μSv/h 的规定”。

2、保护目标辐射影响分析

（1）计算模式

智研科技辐射工作人员和公众年有效剂量由公式（6）进行估算：

$$E_{eff} = D \cdot t \cdot T \cdot U \dots\dots\dots \text{（公式 6）}$$

式中：E_{eff}—人员年有效剂量，μSv/年；

D—参考点处辐射剂量率，μSv/h；

t—年工作时间，单位 h；

T—居留因子；

U—使用因子，本项目 U 取 1。

（2）辐射工作人员剂量估算及评价

公司在进行电子加速器调试时，控制台一般位于加速器主屏蔽体前侧或右侧，根据表 11-1~11-7 的预测结果可知，本项目 CEB-250 系列工业电子加速器辐照装置屏蔽体外关注点处的辐射剂量率最大值约 2.55E-02μGy/h，CEB-300 系列工业电子加速器辐照装置屏蔽体外关注点处的辐射剂量率最大值约 2.52E-02μGy/h。

公司拟新增生产的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器年最大生产、销售和使用（调试）均 50 台，每台射线装置开机调试时间最长约为 144h（调试区调试 72h+客户厂区调试维修 72h），则两种系列射线装置在公司厂区内开机调试时间总时长为 7200h。本次设备调试辐射工作人员影响预测选取电子加速器屏蔽体外辐射剂量率最大值，射线装置周围公众影响选取电子加速器四周最大辐射剂量率进行分析。

在公司新厂区大设备调试区和客户厂区现场调试（维修）时，调试人员将公

众人员可到达区域用隔离带在设备周围 1.5m 的范围内进行实体隔离。根据上述分析，公司设备调试辐射工作人员年最大照射时间为在公司调试时间（7200h）和在客户厂区内调试时间（7200h）的总和；客户厂区内单台射线装置周围公众受照时间保守取射线装置调试时间 72h；公司大设备调试区周围公众受照时间为 2 台射线装置调试时间总和 7200h。偏保守考虑，本项目周围保护目标年最大辐射剂量见下表。

表11-7 本项目周围保护目标受到年最大附加辐射剂量

保护目标及 所在位置	关注点最大 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	最近 距离 (m)	衰减后辐 射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因 子	年最大 照射时 间 (h)	年最大附 加辐射剂 量(mSv/a)	保护 目标 类型
公司设备调试辐射工作人员	2.55E-02	/	2.55E-02	1	14400	3.67E-01	职业
公司大设备调试区射线装置 周围公众	2.55E-02	1.5	1.02E-03	1/4	7200	1.84E-03	公众
客户厂区内射线装置周围公 众	2.55E-02	1.5	1.02E-03	1/4	72	1.84E-05	公众
西侧四川东兴绝缘制品有限 责任公司1号厂房的公众	2.55E-02	20	5.74E-06	1/4	7200	1.03E-05	公众
南侧办公楼内的公众	2.55E-02	6.0	6.38E-05	1/4	7200	1.15E-04	公众
东北侧仓库内公众	2.55E-02	20.0	5.74E-06	1/16	7200	2.58E-06	公众
四川东兴绝缘制品有限责任 公司厂区内道路道路的公众	2.55E-02	6.0	6.38E-05	1/16	7200	2.87E-05	公众
厂区外天兴路、科莱路的公 众	2.55E-02	14.0	1.17E-05	1/16	7200	5.27E-06	公众

由上表可知，公司拟新增生产调试的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器所致辐射工作人员年最大附加有效剂量为 3.67E-01mSv/a；公司设备安装调试（含客户使用厂区）共配有 14 名辐射工作人员，在调试过程中，每 2 名辐射工作人员为 1 组，实行轮班工作制，根据实际情况人员工作时间难以每组人均分配，本次预测取人员工作时间取不超过每组人均受照时间的 1.2 倍保守考虑，则每组辐射工作人员年最大附加有效剂量为 6.29E-02mSv/a，公司大设备调试区周围公众年最大有效剂量为 1.84E-03mSv/a。

3、保护目标辐射影响综合分析

(1) 职业人员

本项目不新增辐射工作人员，均利用智研科技设备调试原有辐射工作人员，因此智研科技辐射工作人员年最大有效剂量为原有辐射工作剂量叠加本项目拟

新增的CEB-250系列和CEB-300系列工业电子加速器所受剂量之和。

根据智研科技提供的公司辐射工作人员2024年度个人剂量报告统计表（附件9）可知，公司辐射工作人员年最大辐射剂量为1.085mSv/a，叠加本项目CEB-250系列和CEB-300系列工业电子加速器调试所致职业人员辐射剂量6.29E-02mSv/a后，公司设备调试辐射工作人员年最大附加有效剂量为1.15mSv/a，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对电子加速器辐照腔的辐射防护剂量规定—职业照射个人年有效剂量约束值为5mSv的相关规定；也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员20mSv/a的剂量限值的规定。

（2）公众

智研科技拟将新厂区内东南侧大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，根据调整后新厂区布局图可知，周围公众将同时受到新厂区原有型号工业电子加速器调试和本次拟新增设备型号调试剂量的叠加影响。

根据智研科技提供的 2024 年度新厂区现有生产工业电子加速器设备屏蔽体外辐射剂量监测报告（附件 10）可知，原有型号的加速器生产调试时，型号为 CEB-500 型工业电子加速器周围 X- γ 空气吸收剂量率监测值最大，CEB-500 型加速器屏蔽体周围 X- γ 辐射剂量率监测值最大为 0.92 μ Sv/h，且作业时不存在多种型号设备同时调试的情况发生，根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离本项目调试区域最近的加速器可以代表最大辐射剂量影响叠加。综上所述，本项目考虑电子束能量最大且距离本项目辐射工作场所较近的 CEB-500 型加速器进行剂量叠加。

根据辐射剂量率与距离的平方成反比的规律，不考虑建筑屏蔽，仅考虑距离衰减，通过下表 11-8 计算可以得到新厂区调试车间内原有射线装置所致周围关注点年最大贡献剂量率。

表 11-8 本项目 50m 范围环境保护目标综合影响

保护目标	关注点贡献 剂量率 (μ Sv/h)	与关注点 最近距离 (m)	衰减后贡 献剂量率 (μ Sv/h)	年最大 照射时 间 (h)	居留 因子	年最大辐射 剂量贡献值 (mSv/a)	本项目理论 预测贡献剂 量 (mSv/a)	综合年有 效剂量 (mSv/a)
公司大设备调试	0.092	1.5	3.68E-03	7200	1/4	6.62E-03	1.84E-03	8.46E-03

区射线装置周围公众								
西侧四川东兴绝缘制品有限责任公司1号厂房的公众	0.092	15	3.68E-05	7200	1/4	6.62E-05	1.03E-05	7.65E-05
南侧办公楼内的公众	0.092	10	8.28E-05	7200	1/4	1.49E-04	1.15E-04	2.64E-04
东北侧仓库内公众	0.092	25	1.32E-05	7200	1/16	5.96E-06	2.58E-06	8.54E-06
四川东兴绝缘制品有限责任公司厂区内部道路的公众	0.092	16	3.23E-05	7200	1/16	1.46E-05	2.87E-05	4.33E-05
厂区外天兴路、科莱路的公众	0.092	24	1.44E-05	7200	1/16	6.47E-06	5.27E-06	1.17E-05

根据上表 11-8 可知，本项目周围公众受新厂区原有工业电子加速器调试剂量叠加影响后年有效剂量最大为 8.46E-03mSv/a，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对电子加速器辐照腔的辐射防护剂量规定——公众人员个人年有效剂量约束值为 0.1mSv 的相关规定；也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的公众 1mSv/a 的剂量限值的规定。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离电子加速器最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量；在本项目投运后，项目生产、使用（调试）产生的 X 射线经墙体屏蔽、距离衰减后，电子束装置周围环境保护目标受照剂量远低于预测剂量。综上，本项目电子束装置周围的辐射工作人员、公众所受到辐射剂量影响更小。

二、废气的环境影响分析

本项目产生的废气主要有臭氧、氮氧化物等。电子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。氮氧化物的产额大约是臭氧的 1/3，且以臭氧的毒性最高。

公司拟新增生产、销售和使用（调试）的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器均采用机械排风，两种系列的工业电子加速器排风系统设置一致：排风管道均拟从辐照腔顶部引出，在辐照腔顶部设置有 1 台排风机（风量约 1410m³/h~1704m³/h）和 1 台进风机（风量 684m³/h），使加速器辐照腔内部始终

处于负压状态，防止臭氧溢出，进风机通过进风管道将风输送至扫描盒，用于物料的降温，排风机将装置内臭氧和氮氧化物引至排风管内，排风管延伸至厂房顶部排出，工业电子加速器装置的辐照腔净体积最小均约为 0.3m³。

①臭氧产生率

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B.1（公式 B-1）可得到臭氧的产生率 P ：

$$P = 45dIG \dots\dots\dots \text{（公式 5）}$$

式中：

P —臭氧的产生率，mg/h；

d —电子束在空气中的最大行程，均取0.5m；

I —电子束流强度，均为500mA；

G —空气吸收100eV辐射能量产生的臭氧分子数，保守值取10。

经计算，辐照腔内臭氧产生率，CEB-250系列和CEB-300系列工业电子加速器臭氧产生率均为 $1.13 \times 10^5 \text{mg/h}$ 。

②辐照腔臭氧平衡浓度

在电子加速器正常运行期间，臭氧不断产生，考虑到辐照腔连续通风和臭氧自身的化学分解，电子加速器辐照腔内臭氧平衡浓度采用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录B.2（公式B-2~B4）可得到。

$$Te = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots \text{（公式6）}$$

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \dots\dots\dots \text{（公式7）}$$

式中：

T_v —电子加速器辐照腔换气一次所需时间，本项目工业电子加速器排风量按照 1410m³/h 进行计算，辐照腔净体积为 0.3m³，则一次换气时间为 $2.13 \times 10^{-4} \text{h}$ ；

T_d —臭氧的有效化学分解时间，**h；

V —电子加速器辐照腔的体积，均为 0.3m³；

T_e —对臭氧的有效清除时间，h；

C_s —长时间辐照时电子加速器辐照腔内的平衡浓度。

经计算，工业电子加速器 $T_e = 2.13 \times 10^{-4} \text{h}$ ， $C_s = 80.23 \text{mg/m}^3$ 。

因此，本项目工业电子加速器辐照腔内臭氧平衡浓度满足《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）附录要求：E.2.1 加速器设施内应有良好的通风，保证臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的规定。由于本项目电子束装置辐照腔与设备为一体式设计，辐照腔内部空间较小，人员无法进入辐照腔内，电子加速器电离空气产生的臭氧经专用排风管道引出，在设备排风口径外接集气罩集中收集，再经过专用通排风管道最终引至高于厂房屋面 3m 排放至室外大气，经过自然分解和稀释后，对周围环境影响较小。

三、噪声环境影响分析

本项目产生的噪声涵盖设备生产、组装、拆卸和调试过程，主要为风机、辅助安装器械、设备设施搬运、管线安装等产生的噪声。本项目生产组装过程中产生噪声时间较短，生产过程结束便可消除，影响较小。本项目主要考虑离心风机排风噪声。智研科技拟在辐照腔顶部设置排风管道，并外设专用离心通风机，噪声声源源强均 $\leq 65\text{dB}(\text{A})$ 。根据厂房平面布局图和外环境关系图可知，项目周围人员较少，排风风机产生的噪声经过建筑屏蔽和距离衰减后，能够实现达标排放。

四、固废环境影响分析

本项目产生的固体废物主要为包装废物、废弃电子元器件、废设备零部件、生活垃圾等。废电子元器件危险废物统一收集在危废暂存间暂存后交由有危废处理资质的单位处理；废设备零部件、包装材料等按一般固废处理，生活垃圾分类收集后由市政环卫部门统一清运。

本项目产生的固废去向明确，有效地防止了固体废弃物的逸散和对环境的二次污染，对周围环境造成影响能得到有效控制。

五、地表水环境影响分析

本项目运营期的废水主要来自于生产废水和生活废水。

生产废水：运营期的生产废水主要来源于职工清洗废水和车间清洗废水，其废水中主要含有 SS 和铁屑。生产厂房地面不采用冲洗的方式，只采用清扫、拖布拖地清洗方式，车间拖地清洗用水，产生量较少，本项目生产废水经沉淀后，排入厂区污水管道，经过厂区污水预处理池处理达到《污水综合排放标准》三级

标准后再排入市政污水管网。

生活污水：本项目生活污水主要是职工办公产生的废水，生活污水主要污染因子为 COD_{Cr}、BOD₅ 和 SS 等，产生的生活污水经厂区已有污水预处理池处理后再排入市政污水管网。

本项目产生的废水均利用厂区已有设施收集处理，不会对地表水环境产生影响。

环境影响风险分析

一、环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

二、风险识别

本项目涉及的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器均属于Ⅱ类射线装置，工业电子加速器不运行时不存在辐射安全事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有在设备开机运行状态下才会发出高能电子，韧致辐射产生 X 射线，因此，环境风险因子主要为 X 射线。

本项目工业电子加速器生产时均设置有一体式辐射屏蔽防护体及辐射防护措施，固有安全性良好，因此风险事故发生率极低。本项目最大可能性事故情景分析如下：在维修过程中，突然发现电子加速器正处于出束状态，便立即中断电源。

三、源项分析及事故等级分析

按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-9 中。

表 11-9 环境风险因子、潜在危害及事故等级

潜在危害	事故等级
X 射线装置失控导致人员受超年剂量限值的照射	一般辐射事故
射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残	较大辐射事故

疾。	
射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾。	重大辐射事故
射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。	特别重大辐射事故

根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017),急性放射病发生参考剂量见表 11-10。

表 11-10 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50.0Gy~100.0Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	>100Gy

五、后果预测

本项目涉及的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器均属于Ⅱ类射线装置,生产时均设计有辐射屏蔽装置。根据《辐射防护导论》(方杰主编)图 3.3 可知,电子束透射厚靶上产生的 X 射线发射率常数仅与电子能量相关。因此,本次事故预测选取电子能量最大的 CEB-300 系列工业电子加速器。

(1) 事故情景假设

在公司维修人员进行检修时,佩戴了个人剂量计和剂量报警仪,未穿戴铅防护衣,假设维修人员位于电子加速器入射电子束向前 0° 方向,0.3MeV 电子加速器 90° 投射向前 0° 方向电子束等效能量 1m 处剂量率为最大值 151.2Gy/h。假设维修人员发现剂量报警后,立即触动电子加速器开关,造成检修人员在无其它屏蔽的情况下的误照射,受照时间保守取人员反应时间 30s。

(2) 后果计算与分析

根据上述假设的情景下,随着时间的推移,最大可能受到的辐射剂量见下表:

表 11-11 电子加速器电子束 90° 投射向前 0° 方向不同时间、距离受照剂量表(Sv)

时间 (s) 距离 (m)	5	10	20	30
1.0	0.21	0.42	0.84	1.26
1.5	0.09	0.19	0.37	0.56
2.0	0.05	0.11	0.21	0.32
2.5	0.03	0.07	0.13	0.20

由表11-11可知，维修人员在电子加速器入射电子束向前0°方向维修随着时间和位置的推移，在位于电子束向前0°方向1m处30s便可达到1.26Sv/次，根据表11-10可知，可引起人员骨髓性急性放射病，对照表11-9，可造成较大辐射事故。

综上所述，本项目发生人员受到误照射时，很可能出现超剂量照射发生辐射事故。因此，必须加强辐射安全管理，认真做好运行前人员清场检查，严禁非本项目工作人员在调试区域停留，并在运营过程中严格执行辐射安全相关规章制度和工作管理制度，严格杜绝辐射事故发生，一旦发现人员受到误照射，工作人员或误照人员应立即就近按下急停开关停止射线装置出束（切断电源），并启动辐射事故应急预案。

六、事故情况下防范应对措施

本项目一旦发生误照事故，处理的步骤是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间启动紧急开关，即第一时间停止射线装置出束。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安排受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④事故处理后应及时收集资料、总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单，对所有受到照射的人员所出的辐射剂量估算结果，所有的医学检查及结果，采取的纠正措施，事故发生的原因，为防止类似事件再次发生所采取的措施。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主

管部门和卫健主管部门报告，生态环境主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门。县级以上地方人民政府及其有关部门接到辐射事故报告后，应当按照事故分级报告的规定及时将辐射事故信息报告上级人民政府及其有关部门。

七、事故综合防范应对措施

建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，公司方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也进行了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- ①建立了辐射安全管理领导小组，组织管理公司的辐射安全工作；
 - ②组织了公司辐射工作人员对辐射安全与防护专业知识的学习，并要求通过考试（核）合格、持证上岗；
 - ③建立了岗位的操作规程和各项规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施；
 - ④对每一台电子加速器配置了辐射屏蔽和各项辐射安全联锁措施，并进行了调试验证，确保有效后方可出厂；
 - ⑤配置了安全警示标志，对厂房进行了合理布局，避免无关人员误入调试工作区域和可能发生的其它安全事故；
 - ⑥制定了公司事故处理预案、完善了组织机构、落实了经费预算、准备了事故应急物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。
- 以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射安全事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射防护安全管理领导小组

智研科技已成立了并调整了辐射安全管理领导小组（川智发〔2022〕40号）（见附件3），根据文件可知，公司辐射安全管理领导小组组长由贾朝伟担任。

1、领导小组文件已包含内容：

（1）小组成员

组 长： **

副组长： **

成 员： **

（2）工作职责

①组长贾朝伟：负责全公司辐射安全管理工作兼辐射管理专职人员；

②副组长严鹏程、曾利：协助组长完成辐射安全管理工作；

③成员李琦、罗德坤：负责射线装置防护设施与防护用品的管理及辐射管理兼职人员；

④成员杨勇、谢光辉、李中山：负责日常生产过程中辐射安全工作执行与监督。

（1）组员日常办公地点、电话及主管部门电话

①组长**办公地点:天兴路1号智研科技办公楼3楼总经理室；

②副组长**办公地点:今朝厂区研发室；

③副组长**办公地点:天兴路1号智研科技厂区办公室；

④成员**办公地点:天兴路1号智研科技办公楼3楼技术部；

⑤李琦**办公地点:今朝厂区研发室；

⑥**办公地点:天兴路1号智研科技厂区调试车间；

⑦四川省生态环境厅:白天电话:028-80589003、晚上电话:028-80589100；

⑧绵阳市生态环境局:0816-22295920816-2229916；

⑨游仙区生态环境局:0816-2281522。

（4）异常事件处置

发生辐射安全事故事件和和个人剂量异常事件后，根据公司应急预案，及时进行事故救援，积极组织开展事故原因调查，并按照程序向生态环境主管部门报告。

二、辐射工作岗位人员配置和能力要求

本项目辐射工作人员利旧原有，不新增人员，目前智研科技共配备有15名辐射工作人员，包含14名调试工作人员和1名管理人员，新厂区 and 老厂区调试工作人员共用，在调试过程中，每2名调试工作人员为1组，实行轮班工作制。公司原有辐射工作人员均参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的考试，取得了合格证书，持证上岗，今后根据公司实际情况适当调整。

（1）建设单位需严格执行辐射工作人员培训制度，及时组织新增以及合格证书到期的辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核。根据辐射工作人员不同的岗位职责，其中生产调试人员需选取“电子加速器辐照”辐射安全与防护考核，管理人员选取“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，并均考核通过后方可上岗。

（2）建设单位应当确保调试作业时至少有 2 名调试人员同时在场，每名调试人员均配备有 1 套个人剂量计。

（3）个人剂量计应正确配戴，定期送交有资质的检测单位进行检测。建设单位应为每一名辐射工作人员建立个人剂量档案，完善个人剂量管理制度。个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，调查原因并由当事人签字确认。

（4）辐射工作人员需熟悉专业技术，对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案管理分类

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》要求，档案资料应按以下八大类分类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台

账”、监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“ 辐射应急资料”。根据现场勘察，建设单位已建立了完整的辐射安全档案，归档的材料包括以下内容：

(1)生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。

(2)射线装置使用期间异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

二、规章制度

根据公司实际情况，辐射安全管理规章制度落实情况见下表 12-1。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

项目	规定的制度	落实情况
制度文件	1) 辐射安全与环境保护管理机构文件	已按要求重新修订
	2) 辐射安全管理规定（综合性文件）	已按要求重新修订
	3) 辐射工作设备操作规程	已按要求重新修订，并上墙
	4) 辐射安全和防护设施维护维修制度	已按要求重新修订
	5) 辐射工作人员岗位职责	已按要求重新修订，并上墙
	6) 射线装置台账管理制度	已按要求重新修订
	7) 辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需完善，增加本项目拟新增设备调试工作场所相关内容
	8) 监测仪表使用与校验管理制度	已按要求重新修订
	9) 辐射工作人员培训制度（培训计划）	已按要求重新修订
	10) 辐射工作人员个人剂量管理制度	已按要求重新修订
监测检查	1) 辐射工作场所和环境辐射水平监测记录	已落实，后续运行期间需新增本项目设备辐射工作场所监测记录
	2) 监测仪器比对记录或刻度档案	已落实
	3) 辐射安全和防护设施维护、检修记录（包括检查时间、检查人员、检查项目、检查方法、检查结果、处理情况）	已落实
	4) 辐射工作场所年度监测	已落实，需新增本项目设备辐射工作场所年度监测计划
个人剂量	1) 个人剂量监测	已委托第三方检测公司（浙江君安检测技术有限公司）
	2) 剂量检测数值异常或超标的情况调查表	已制定
	3) 辐射工作人员个人计量片发放、回收记录	已制定
培训	从业人员辐射安全与防护培训/复训档案	已按照要求进行了培训考核，工作人员均持证上岗
应急	1) 辐射事故应急预案	已按照要求制定，并上墙
	2) 辐射应急演练记录	/

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）的要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应

程序》已悬挂于公司辐射工作场所，根据现场勘察，上墙的规章制度字体醒目，且尺寸大小不小于 400mm×600mm。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且根据国家发布的新的相关法律法规内容，结合公司实际情况及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

三、电子加速器的报废

本项目电子加速器在交付用户后，应告知用户在设备报废前，应采取去功能化的措施，确保电子加速器无法再次通电使用，并上报到生态环境主管部门办理相关手续。

辐射监测

辐射监测是辐射安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括验收监测、工作场所监测和个人剂量监测。

一、工作场所监测

1、年度监测：公司需委托有资质的单位对每个型号的电子束射线装置的屏蔽体外辐射剂量进行监测，1 年/次；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、自主验收监测：公司在取得《辐射安全许可证》三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

3、日常自我监测：公司应结合项目实际制定辐射工作场所的自行监测制度和监测方案，定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），监测周期为 1 次/月，制定包含拟调试出厂的每台电子束装置周围各工作场所和电子束装置周围关注点的监测，监测数据应存档备案。

（1）建设单位自我监测

建设单位定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改；做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备案。

（2）监测内容和要求

1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考下表监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据及时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
工业电子加速器	X- γ 空气吸收剂量率	年度监测：委托有资质的单位监测，频率为每个型号每年 1 次； 自行监测：调试过程中每台型号设备自行开展辐射监测 1 次，频率不低于 1 次/季度； 验收监测：委托有资质单位监测，频率为 1 次；	操作位、辐照腔四周、调试区四周等

3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

据调查，公司采购有便携式辐射监测仪进行场所自行监测，在调试区防护围栏上布置有 6 台在线 X- γ 辐射安全探测器进行实时数据监控，委托有资质的单位（四川世阳卫生技术服务有限公司）对辐射工作场所进行年度监测，根据 2024 年度监测报告监测结果数据表明，调试区域工业电子加速器设备屏蔽体外 30cm 处 X- γ 空气吸收剂量率监测值最大为 0.092 μ Sv/h，无超过 2.5 μ Sv/h 的情况发生，加速器屏蔽体外检测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量约束值要求，机器符合仪器相关质控评价标准。

二、个人剂量检测

个人检测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季。

（1）当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员

进行干预,要进一步调查明确原因,并由当事人在情况调查报告上签字确认;当全年个人剂量超过 5mSv 时,建设单位需进行原因调查,并最终形成正式调查报告,经本人签字确认后,上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告(连续四个季度)应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019),辐射主要来自前方,剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置,一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、职业健康体检、个人剂量检测结果等材料。公司应将辐射工作人员的个人剂量档案终身保存。

据调查,公司目前共有 15 名辐射工作人员,公司为每一名辐射工作操作人员配备了个人剂量计,并委托了浙江君安检测技术有限公司进行个人剂量检测工作,提供了最新连续四个季度辐射工作人员个人剂量检测报告,经统计计算,连续四个季度辐射工作人员单季度个人剂量最大值为 0.952mSv,年剂量值最大为 1.085mSv,均未超过单季度个人剂量 1.25mSv 和年剂量 5mSv 的剂量限值。

三、年度评估报告情况

公司应于每年 1 月 31 日前通过“全国核技术利用辐射安全申报系统”向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》,近一年(四个季度)个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400 号)规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn/>)中实施申报登记。延续、变更许可证,新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

建设单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即断电停机，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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、省生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健行政部门报告。

（2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ① 确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ② 根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③ 现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。
- ④ 应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。
- ⑤ 事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

建设单位应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

1、项目名称、性质、地点

项目名称：新增生产、销售和使用（调试）CEB-250、CEB-300 系列工业电子加速器项目

建设单位：四川智研科技有限公司

建设性质：扩建

建设地点：绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号智研科技新厂区大设备调试区

2、建设内容与规模

智研科技拟将新厂区大设备生产调试区原 CEB500-06 型电子加速器生产调试位和东侧紧邻的钢桶放置区调整为 CEB500-06 型电子加速器和本次拟新增的 CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器生产调试位，并在该区域内进行生产、调试 CEB500-06 型、CEB-250 系列和 CEB-300 系列工业电子加速器。本项目拟新增的 CEB-250 系列主型号包含有以下 6 种子型号设备：CEB250- I 型立式、卧式，CEB250- II 型立式、卧式，CEB250-III型立式、卧式，最大电子线能量均为 0.25MeV、最大电子束流均为 500mA；CEB-300 系列主型号包含有以下 2 种子型号设备 CEB300- I 型立式、CEB300- II 型卧式，最大电子线能量均为 0.3MeV、最大电子束流均为 500mA；均属于II类射线装置，两种主型号设备年最大生产、销售和使用（调试）均 50 台，单台射线装置车间内调试最长出束时间均为 72h，客户厂区内调试维修最长出束时间均为 72h。工业电子加速器主射方向立式设备均竖直朝向底部、卧式均水平朝向设备一侧，工业电子加速器进出料部位均设有迷道，束下采用滚筒装置。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目属电子加速器辐照应用于工业领域，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家

现行产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目选址于绵阳市游仙区石马镇天兴路1号智研科技新厂区大设备调试区。该厂房在内的用地已经取得了原绵阳市城乡规划局核发的《建设用地规划许可证》（地字第（2017）104号），本项目用地在建设用地红线范围内，用地符合工业园区的定位。本项目拟在已批复的工作场所内新增设备型号，不新增场所，且拟生产的射线装置均具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量约束值的要求。因此，本评价认为其选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川省永坤环境监测有限公司的监测报告，本项目周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为73nGy/h~79nGy/h，属于正常天然本底涨落范围。

五、环境影响评价分析结论

施工期环境影响分析：本项目拟在已批复的工作场所内新增生产调试设备型号，不新增场所；原辐射工作场所已获得了相关环评批复文件且通过了环保竣工验收，根据现场勘察无施工期遗留环境问题，不涉及施工期。

营运期环境影响分析：本项目主要环境影响为电离辐射，按照环评提出的要求严格落实后，公司设备调试辐射工作人员年最大附加有效剂量为1.15mSv/a，周围公众受新厂区原有型号工业电子加速器调试剂量叠加影响后年有效剂量最大为8.46E-03mSv/a，均满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对电子加速器辐照腔的辐射防护剂量规定——职业照射个人年有效剂量约束值为5mSv和公众人员个人年有效剂量约束值为0.1mSv的规定；也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员20mSv/a和公众1mSv/a的剂量限值的规定。

六、环保设施与保护目标

按照环评报告落实后，建设单位生产的电子束装置环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达

到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照环评报告制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

智研科技拥有专业的辐射工作人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准和安全防护要求的场所、设施和设备；据调查，公司已建立较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；及时更新修订了《辐射防护和安全管理制度》、《设备安全操作规程》等相关管理制度，在认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对拟生产的工业电子加速器设备(II 类射线装置)使用(调试)和管理能力。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告表提出的各项污染防治措施的前提下，评价认为本项目在绵阳市游仙区石马镇石马工业集中区智研科技新厂区大设备调试区建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十一条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照中华人民共和国国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）规定：

（1）建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关

技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

（5）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400号）文件，建设单位公开上述信息的同时，应当在全国建设项目竣工环境保护验收信息系统（<https://cepc.lem.org.cn/#/login>）中进行备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		应具备条件	数量
电子加速器	实体防护	屏蔽体（含防护门）	**
	出入口控制	辐照腔电离辐射警示标志	**
		设备工作状态指示灯	**
	安全联锁	控制柜与工业电子加速器钥匙控制	**
		屏蔽体与加速器高压触发联锁	**
		屏蔽体与束流控制联锁	**
		加速器开机前声、光报警	**
		传输系统与束流联锁	**
		设备上紧急停机（复位）按钮	**
		控制柜紧急停机（复位）按钮	**
		在线辐射剂量率监测仪	**
	剂量监测	个人剂量计	**
		个人剂量报警仪	**
		便携式辐射剂量监测仪	**
		在线固定式X/γ辐射监测报警仪	**
	排风	排风管道	**

		低噪声风机	**
建议和承诺 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。公司应加强管理，组织其在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（http://fushe.mee.gov.cn）上进行辐射安全与防护专业知识的学习和考核，根据辐射工作人员不同的岗位职责，其中操作人员需选取“X 射线探伤”辐射安全与防护考核，管理人员选取“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，并均考核通过后方可上岗。 3、根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年 9 号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，从事Ⅱ类射线装置活动以及放射性同位素工作人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。 4、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。 5、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：http://rr.mee.gov.cn）。 6、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。 7、建设单位须重视控制区和监督区的管理。 8、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：http://rr.mee.gov.cn），完善相关信息。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。			