

核技术利用建设项目

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

(公示本)

四川智研科技有限公司

二〇二二年八月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

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

建设单位名称：四川智研科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：绵阳科创园区创新中心二期 1 号楼 342 号

邮政编码：621000

联系人：贾贾**

电子邮箱：48609513@qq.com

联系电话：133****

表 1 项目概况

建设项目名称	扩建生产、销售和使用自屏蔽电子加速器项目				
建设单位	四川智研科技有限公司				
法人代表	贾**	联系人	贾**	联系电话	1335**
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				
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	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)	2000
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射 性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其它	/			

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

四川智研科技有限公司(统一社会信用代码 91510**) (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、调试（使用），低能电子束系统是低能自屏蔽式电子加速器，具有安全性高、控制特性好、占地面积少、寿命长、维护简单等特点，维护简单等特点，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。智研科技老厂区位于绵阳今朝金属制品有限公司 2 号厂房，因国内外大量的订单激增，原有厂房生产能力已经不能满足市场需求。因此，智研科技公司拟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，1#厂房（东半部分）为建筑面积约 2000m²、层高约 8m 的一层建筑，用于扩建生产、销售和调试（使用）自屏蔽电子加速器和桌面型自屏蔽电子束装置。

根据《射线装置分类》（2017 年 12 月 5 日起实施），本项目生产、销售、调试（使用）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》、《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》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令 第 18 号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。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）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栎环保科技有限公司编制该项目的环境影响报告表（委托书见附件 1）。

四川省中栎环保科技有限公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，对项目环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

二、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（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第29号令，2020年1月1日起施行）、《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第49号，2021年12月30日实施），电子加速器辐照应用属于鼓励类“六、核能”中第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，是国家鼓励发展的新技术应用项目。

本项目电子加速器在生产、使用（调试）过程中产生的电离辐射经屏蔽体防护及距离衰减后，其所致的周围职业人员和公众的年剂量符合本次评价所确定的剂量约束值要求，因此，本项目符合国家有关法律法规和当前产业政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：扩建生产、销售和使用自屏蔽电子加速器项目

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

（二）建设内容与规模

本次评价内容及规模为：四川智研科技有限公司拟在绵阳市游仙区石马镇天兴路1号租用绵阳东兴绝缘制品有限责任公司1#厂房（东半部分）作为公司新厂区，用于CEB-500型工业电子加速器、CEB-200型自屏蔽工业电子加速器、MEB120、MEB-160、MEB-200桌面型自屏蔽电子束装置的生产、销售和调试（使用），主要工作场所包括大设备调试区（建筑面积约640m²，层高约8m，一层）和小设备调试区（建筑面积约100m²，层高约8m，一层）等。

大设备调试区内生产、调试（使用）CEB-500型工业电子加速器（最大电子线能量为0.5MeV、最大电子束流为200mA、主射束朝向底部）和CEB-200型自屏蔽工业电子加速器（最大电子线能量为0.2MeV、最大电子束流为500mA、主射束朝屏蔽体左侧）；小设备调试区内生产、调试（使用）MEB120桌面型自屏蔽电子束装置（最大电子线能量为0.12MeV、最大电子束流为20mA、主射束朝向底部）、MEB-160桌面型自屏蔽电子束装置（最大电子线能量为0.16MeV、最大电子束流为20mA、主射束朝向底部）和MEB-200桌面型自屏蔽电子束装置（最大电子线能量为0.2MeV、

最大电子束流为 20mA、主射束朝向底部)。

CEB-500 型工业电子加速器年最大生产、销售、调试(使用) 50 台, 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, 属于 II 类射线装置; CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器年最大生产、销售、调试(使用) 50 台, 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 1h, 属于 II 类射线装置; MEB-120 桌面型自屏蔽电子束装置、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置年最大生产、销售、调试(使用) 各 50 台, 单台射线装置车间内调试最长出束时间均为 4h, 客户厂区内调试维修最长出束时间均为 1h, 属于 II 类射线装置。

CEB-500 型工业电子加速器辐照室四周为 242mm 钢板、底部为 182mm 钢板+20mm 铅板、顶部为 182mm 钢板, 加速器钢筒四周及顶部为 10mm 钢板+10mm 铅板, 通排风管道为 10mm 铅板+10mm 钢板并在通排风口处采用 10mm 铅板+10mm 钢板的防护罩进行屏蔽; CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器辐照室左侧屏蔽体为 10mm 铅板+50mm 钢板、其余三侧、顶部和底部屏蔽体为 10mm 铅板+20mm 钢板, 加速器钢筒四周为 5mm 钢板+8mm 铅板、左侧为 28mm 钢板、右侧为 32mm 钢板+10mm 铅板, 真空管道为 10mm 铅板+4mm 钢板并设 5mm 铅板+10mm 钢板的屏蔽罩, 扫描盒四周为 8mm 钢板+10mm 铅板, 通排风管道为 10mm 铅板+2mm 钢板并在通排风口处采用 10mm 铅板+2mm 钢板的防护罩进行屏蔽; MEB-120、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室四周、顶部、底部和防护门屏蔽体均为 6mm 铅板+1mm 钢板; MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室四周、顶部和底部屏蔽体均为 10mm 铅板+1mm 钢板, 防护门屏蔽体为 8mm 铅板+1mm 钢板。CEB-500 型工业电子加速器、CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器进料部位均设有迷道, 束下采用滚筒装置, 需要辐照物料时, 将辐照物料按要求穿过滚筒, 用外设收放卷装置带动辐照物料运动。

MEB-120、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置的尺寸均为 1210mm(长)×925mm(宽)×960mm(高), 加速器进出料口尺寸为 302mm(长)×32mm(宽), 加速器辐照室均采用铅板+钢板屏蔽方式, 辐照室四周、顶部和底部屏蔽体厚度均为 6mm 铅板+1mm 钢板。MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置的尺寸为 1210mm(长)×925mm(宽)×960mm(高), 加速器进出料口尺寸为 302mm(长)×32mm(宽), 加速器辐照室均采用铅板+钢板屏蔽方式, 辐照室四周、顶部屏蔽体厚度均为 10mm 铅板

+1mm 钢板，底部为 10mm 铅板+1mm 钢板。

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	运营期	
主体工程	在大设备调试区内生产、调试(使用)CEB-500 型工业电子加速器(最大电子线能量为 0.5MeV、最大电子束流为 200mA、主射束朝向底部)和 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器(最大电子线能量为 0.2MeV、最大电子束流为 500mA、主射束朝屏蔽体左侧);在小设备调试区内生产、调试(使用)MEB120 桌面型自屏蔽电子束装置(最大电子线能量为 0.12MeV、最大电子束流为 20mA、主射束朝向底部)、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置(最大电子线能量为 0.16MeV、最大电子束流为 20mA、主射束朝向底部)和 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置(最大电子线能量为 0.2MeV、最大电子束流为 20mA、主射束朝向底部)。均属于II类射线装置。	租用东兴绝缘制品有限责任公司1#厂房(东半部分),已建成,不存在施工期遗留下来的环境问题	电子线、X射线、臭氧、氮氧化物	/
	CEB-500 型工业电子加速器辐照室四周为 242mm 钢板、底部为 182mm 钢板+20mm 铅板、顶部为 182mm 钢板,加速器钢筒四周及顶部为 10mm 钢板+10mm 铅板,通排风管道为 10mm 铅板+10mm 钢板并在通排风口处采用 10mm 铅板+10mm 钢板的防护罩进行屏蔽。			
	CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器辐照室左侧屏蔽体为 10mm 铅板+50mm 钢板、其余三侧、顶部和底部屏蔽体为 10mm 铅板+20mm 钢板,加速器钢筒四周为 5mm 钢板+8mm 铅板、左侧为 28mm 钢板、右侧为 32mm 钢板+10mm 铅板,真空管道为 10mm 铅板+4mm 钢板并设 5mm 铅板+10mm 钢板的屏蔽罩,扫描盒四周为 8mm 钢板+10mm 铅板,通排风管道为 10mm 铅板+2mm 钢板并在通排风口处采用 10mm 铅板+2mm 钢板的防护罩进行屏蔽。			
	MEB-120、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室四周、顶部、底部和防护门屏蔽体均为 6mm 铅板+1mm 钢板。			
	MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室四周、顶部和底部屏蔽体均为 10mm 铅板+1mm 钢板,防护门屏蔽体为 8mm 铅板+1mm 钢板。			
曝光时间	CEB-500 型工业电子加速器年最大生产、销售、调试(使用)50 台,单台射线装置车间内调试和客户厂区内调试维修最长出束时间均为 72h;CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器年最大生产、销售、调试(使用)50 台,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 1h;MEB-120 桌面型自屏蔽电子束装置、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置年最大生产、销售、调试(使用)各 50 台,单台射线装置车间内调试最长出束时间均为 4h,客户厂区内调试维修最长出束时间均为 1h。			
辅助工程	销售渠道、货运物流等	/	生活垃圾	依托

公用工程	依托现有公用设施	/	圾、生活污水	依托
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 ）	/		新建
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。	/	/	依托

（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	乙醇	10kg/a	外购	C ₂ H ₆ O
	丙酮	10kg/a	外购	CH ₃ COCH ₃
	风机	250 个/a	外购	——
	高压电源	250 个/a	外购	——
	电子加速管	250 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	BM4B1m2-01-00	框架焊接体	1	组焊件	456.3	委外加工
2	BM4B1m2-02-00	屏蔽室装配体	1	组合件	3409.5	委外加工
3	BM4B1m2-03-00	屏蔽门	1	组焊件	217.1	委外加工
4	RR-15T	液压顶升装置	1	组合件	7.1	委外加工
5	BM4B1m2-02-03-00	电真空系统装配体	1	组合件	76.6	委外加工
6	EB-1290FSS-00	1290 型风扫总成	1	组件	4.4	委外加工
7	BM4B1m2-05-00	后平台组件	1	组合件	20.7	委外加工
8	BM4B1m2-06-00	前平台组件	1	组合件	29.5	委外加工

9	BM4B1m2-07-00	后平台组件	1	组合件	12.1	委外加工
10	DBDC-00	单臂吊车	1	部件	46.1	委外加工
11	BM4B1m2-08-00	风路组件	1	组合件	61.5	委外加工
12	BM4B1m2-09-00	加速钢桶	1	部件	58.2	委外加工
13	BM4B1m2-10-00	加速钢桶屏蔽罩	1	组合件	143.6	委外加工
14	2XZ-8D	机械泵	1	组合件	7.5	外购
15	BM4B1m2-11	固定角座	4	Q235	17.4	委外加工
16	BM4B1m2-12-00	平台组件	1	部件	148.6	委外加工
17	BM4B1m2-13	护栏	1	组焊件	1.4	委外加工
18	BM4B1m2-14-00	电源钢桶	1	组焊件	140.6	委外加工
19	HSG80X50X400	双向油缸活塞	1	Q235	2.0	外购
20	HSG80X50X400	双向液压缸缸体	1	Q235	2.5	外购
21	BM4B1m2-15	屏蔽门上轴承盖	1	Q235	1.3	委外加工
22	BM4B1m2-16-00	电源驱动柜	1	组件	33.2	自己生产
23	BM4B1m2-17-00	栏杆拉扣组件	1	组合件	10.0	委外加工
24	EB-GGT-00	规管屏蔽套	1	组合件	10.0	委外加工
25	BM4B1m2-18-00	T形管包铅屏蔽层	1	组焊件	3.2	委外加工
26	EB-2L400LZBZJ-00	2L400 离子泵支架焊接体	1	组合件	1.2	委外加工
27	BM4B1m2-19-00	扫描盒维修轨道装配体	1	组合件	7.8	委外加工
28	EB-SFPQ-00	水分配器组件	1	组合件	6.3	委外加工
29	BM4B1m2-20-00	辊筒总装图	1	组合件	55.0	委外加工
30	GB	六角头螺栓	1	组合件	2.4	外购
31	/	PCB 电路板 (含电子元器件)	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 现有射线装置活动种类相关情况

产品名称	型号	现有射线装置活动种类及数量	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	500keV/100mA	年生产、销售、调试(使用)约 10 台	智研科技	电子线	定向	0.2-0.5MeV、100mA	老厂区调试车间
自屏蔽工业电子加速器	CEB-200	年生产、销售、调试(使用)约 50 台	智研科技	电子线	定向	0.1-0.2MeV、500mA	老厂区调试车间
桌面型自屏蔽电子束装置	MEB-120	年生产、销售、调试(使用)约 50 台	智研科技	电子线	定向	0.08-0.12MeV、20mA	老厂区调试车间
桌面型自屏蔽电子束装置	MEB-160	年生产、销售、调试(使用)约 50 台	智研科技	电子线	定向	0.1-0.16MeV、20mA	老厂区调试车间
桌面型自屏蔽电子束装置	MEB-200	年生产、销售、调试(使用)约 50 台	智研科技	电子线	定向	0.1-0.2MeV、20mA	老厂区调试车间

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
工业电子加速器	CEB-500	年生产、销售、调试(使用)约50台	智研科技	电子线	定向	0.2-0.5MeV、200mA	II	大设备调试区
自屏蔽工业电子加速器	CEB-200	年生产、销售、调试(使用)约50台	智研科技	电子线	定向	0.1-0.2MeV、500mA	II	
桌面型自屏蔽电子束装置	MEB-120	年生产、销售、调试(使用)约50台	智研科技	电子线	定向	0.08-0.12MeV、20mA	II	小设备调试区
桌面型自屏蔽电子束装置	MEB-160	年生产、销售、调试(使用)约50台	智研科技	电子线	定向	0.08-0.16MeV、20mA	II	
桌面型自屏蔽电子束装置	MEB-200	年生产、销售、调试(使用)约50台	智研科技	电子线	定向	0.1-0.2MeV、20mA	II	

(五) 本项目外环境分析

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(绵阳东兴绝缘制品有限责任公司1号厂房(东半部分))。新厂区南侧紧邻科莱路,西侧紧邻四川科莱电梯股份有限公司;北侧紧邻绵阳今朝金属制品有限公司1号厂房;东侧紧邻天兴路。在本项目调试区边界50m评价范围内,南侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司办公楼最近距离约6m;西侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司1号厂房生产区约5.5m;北侧28m~50m为绵阳今朝金属制品有限公司1号厂房;东北侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司仓库约6m。本项目所在区域平面布局见附图3。本项目用地区域均绵阳东兴绝缘制品有限责任公司用地红线范围内,外环境相对简单,不存在明显环境制约因素。因此,本项目平面布局合理。

(六) 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(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#厂房已经进行了环境影响评价,并取得了绵阳市生态环境局的批复(绵环审批[2021]10号);绵阳东兴绝缘制品有限责任公司1#厂房所在区域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),属于一类工业用地。本项目用地厂房在建设用地区域红线范围内,根据项目外环境关系分析,本项目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,且拟生产的自屏蔽电子束射线装置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。

因此，智研科技在新厂区内生产、销售和使用自屏蔽工业电子加速器，用地符合工业园区的定位，评价范围内无环境敏感目标，使用土地用途符合的城乡规划，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

（七）劳动定员及工作制度

劳动定员：智研科技拟为本项目配备 10 名调试工作人员和 1 名管理人员，辐射工作人员均为原有，其中大设备调试区拟配 6 名，小设备调试区拟配 4 人。

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电子束装置开机运行后，每天在调试产线值班，不进入设备屏蔽室腔体内。

六、与本项目有关的原有辐射情况

（一）原有项目辐射安全许可证情况

1、智研科技租用绵阳今朝金属制品有限公司 2#厂房为智研科技老厂区，作为生产、销售和使用自屏蔽工业电子加速器的场所，取得了原四川省环境保护厅“关于四川智研科技有限公司工业电子加速器安装、调试、安装项目环境影响报告表的批复”（川环审批[2017]182 号）。

2、智研科技“工业电子加速器安装、调试、安装项目”通过了原四川省环境保护厅组织的验收，取得了验收批复文件（川环核验[2017]95 号）。

3、经调查，智研科技公司建立了生产、销售、调试（使用）台账，销售对象均具有《辐射安全许可证》，所有射线装置均正常运行，未发生辐射安全事故。

（二）辐射工作人员培训情况

智研科技现有辐射工作人员 11 名，所有辐射工作人员已经取得了辐射安全与防护考核证明，其中 2 名辐射工作人员通过了四川省环境科学学会的培训和考核，其余 9 名辐射工作人员经过自学，通过了生态环境主管部门组织的考核，取得了成绩合格报告单，目前均在有效期内（附件 10）。

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，辐射工作人员和辐射防护负责人均应通过辐

射安全与防护的考核，建设单位在本项目辐射工作人员到岗后，应尽快其在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>）学习辐射安全与防护知识并通过考核；已取得辐射安全培训合格证的，合格证到期前，需进行再次通过考核，辐射安全与防护成绩报告单有效期为五年。

（三）年度评估报告

智研科技在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2021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”，智研科技对2021年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。由智研科技反馈得知，智研科技自取得取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故，具有出具了无事故情况说明（附件2）。

（四）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》等。智研科技辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足射线装置防护实际需要。对智研科技现有场所而言，也已具备辐射安全管理的综合能力。智研科技应对本项目的相关内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合智研科技实际及时对各项规章制度补充修改。

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自屏蔽电子加速器

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
1	工业电子加速器	II	年生产、销售、调试 (使用) 约 50 台	CEB-500 型	电子	0.5MeV	200mA	辐照加工	智研科技新厂区大设备调试区	/
2	自屏蔽工业电子加速器	II	年生产、销售、调试 (使用) 约 50 台	CEB-200 型	电子	0.2MeV	500mA	辐照加工	智研科技新厂区大设备调试区	/
3	桌面型自屏蔽电子束装置	II	年生产、销售、调试 (使用) 约 50 台	MEB-120 型	电子	0.12MeV	20mA	辐照加工	智研科技新厂区小设备调试区	/
4	桌面型自屏蔽电子束装置	II	年生产、销售、调试 (使用) 约 50 台	MEB-160 型	电子	0.16MeV	20mA	辐照加工	智研科技新厂区小设备调试区	/
5	桌面型自屏蔽电子束装置	II	年生产、销售、调试 (使用) 约 50 台	MEB-200 型	电子	0.2MeV	20mA	辐照加工	智研科技新厂区小设备调试区	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	通过排风系统排至厂房外
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

<p>法 规 文 件</p>	<p>(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）；</p> <p>(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）；</p> <p>(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）；</p> <p>(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）；</p> <p>(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）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021年1月1日起施行）；</p> <p>(7) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（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）；</p> <p>(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）；</p> <p>(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）；</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》（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）；</p> <p>(11) 《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）；</p> <p>(12) 《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）；</p> <p>(13) 《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）；</p>
----------------------------	--

	<p>(14) 《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>(15) 《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)。</p>
<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(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)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(5) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012)；</p> <p>(6) 《粒子加速器工程设施辐射防护设计规范》(EJ346-1988)；</p> <p>(7) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979- 2018)；</p> <p>(8) 《粒子加速器辐射防护规定标准》(GB5172-1985)；</p> <p>(9) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987)；</p> <p>(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)；</p> <p>(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)；</p> <p>(5) 建设单位提供的设备设计图纸及相关技术参数资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>本项目涉及工业电子加速器，按照《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“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”的要求，并结合本项目实际特点，确定项目辐射评价范围：自屏蔽电子加速器设备屏蔽体外 50m 的范围。</p>							
<p>保护目标</p> <p>本项目评价范围内的主要环境保护目标有：辐射工作人员及辐射工作场所 50m 以内的公众。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此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。</p> <p style="text-align: center;">表 7-1 本项目环境保护目标</p>							
序号	位置	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	年剂量约束值 (mSv)
1	智研科技新厂区（绵阳东兴绝缘制品有限公司 1 号厂房（东半侧））	大设备调试区的辐射工作人员	/	0.3	11	职业照射	5.0
2		小设备调试区内的辐射工作人员	/	0.3			
3		来料待检区	东南	8.9	10	公众照射	0.1
4		杂物间内的工作人员	西南	1	5		
5		控制柜接线测试区内的工作人员	东	4	5		
6		电子装配室内的工作人员	东北	1.2	5		
7		办公室（休息室）内的工作人员	东北	6.3	15		
8		钳工室内的工作人员	北	2.8	5		
9		库房内的工作人员	西	1.7	20		
10		1 号厂房（东半侧）内的其他工作人员	/	1	10		
11		1 号厂房内（西半侧）东兴绝缘公司内的工作人员	西	5.7	40		
12		东兴绝缘公司办公楼内的工作人员	南	6.3	50		
13		仓库内的工作人员	东北	6	10		
14		评价范围内的其他人员	/	1	100		

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》（GB18597-2001）及原环保部公告【2013】第36号修改单。

(5) 电离辐射

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4.3.3.1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限值（但不可作任何追溯平均）20mSv/a；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/a；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。

③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”。

(6) 工作场所臭氧的控制水平

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

本项目位于绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房东侧部分。绵阳东兴绝缘制品有限责任公司南侧紧邻科莱路，西侧紧邻四川科莱电梯股份有限公司；北侧紧邻绵阳今朝金属制品有限公司 1 号厂房；东侧紧邻天兴路。在本项目调试区边界 50m 评价范围内，南侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司办公楼最近距离约 6m；西侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房生产区约 5.5m；北侧 28m~50m 为绵阳今朝金属制品有限公司 1 号厂房；东北侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司仓库约 6m。

本项目现场图见图 8-1。



图8-1 本项目拟建场所现状图

二、辐射环境现状监测及评价

本项目为生产、销售、调试（使用）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，2022 年 4 月 2 日，四川省永坤环境监测有限公司对项目拟建场所进行了现场监测，监测报告见附件 4。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源

项目	监测方法	仪器使用	仪器参数
X-γ辐射剂量率	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》HJ 1157-2021	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪	①能量响应：20keV~3.0MeV ②测量范围：1nGy/h~1.2mGy/h
	《辐射环境监测技术规范》HJ 61-2021	编号：YKJC/YQ-40 校准因子：1.06	③检定/校准有效期：2022.01.07~2023.01.06

辐射监测仪器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，可以作为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：

（一）计量认证

从事监测的单位，四川省永坤环境监测有限公司于 2018 年 1 月通过了原四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：182312050067，有效期至 2024 年 1 月 28 日。

（二）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。

（三）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	平均值	标准差	备注
1	拟建大设备调试区	78	1.7	室内
2	拟建小设备调试区	84	1.5	
3	拟建库房区	81	1.3	
4	来料待检区	85	1.6	

5	电子装配间内	85	1.2	室外
6	办公休息区	87	1.1	
7	绵阳今朝金属制品有限公司1号厂房旁	78	1.7	
8	东兴绝缘公司办公楼旁	78	2.0	

由监测结果得知，本项目周围 γ 辐射剂量率背景值为78nGy/h~87nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2020年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5nGy/h~121.3nGy/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

智研科技拟在新厂区内大设备调试区内生产、调试（使用）2 种型号的电子加速器，分别为 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器；拟在小设备调试区内生产、调试（使用）MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置。绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房（东半侧）为已建厂房，智研科技租赁该厂房后，仅需简单布置，就可以投入使用。因此，本项目施工期对周围环境的影响可忽略不计。

一、工程设备

（一）工作原理及设备组成

1、工业电子加速器装置

智研科技拟生产、销售、调试（使用）CEB-200 自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器均为设备自带屏蔽射线装置。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。

工作原理可概括为：将工频的市电，通过整流成低压直流电，在经逆变成高频的交流电，然后经高压变压器和倍压整流得到所需要的十多千伏的高压直流电。将多级这样的直流电串接在一起后便得到了所需要的直流高压；

加速器电子枪中的阴极产生的电子云，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并引入到空气中，再照射在被照物上。

根据系统功能要求和自屏蔽工业电子加速器的特点，系统采用可编程控制系统（PLC）来控制，主要由 PCL 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结构。具体的系统结构如图 9-1 所示。

图 9-1 本项目 CEB-200 及 CEB-500 型工业电子加速器系统结构图

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,通过对电子枪阴极灯丝电压的控制来控制加热功率,从而使阴极达到所需要的温度,由于阴极的发射电子的多少与温度呈现一定的函数关系,所以可以通过调节电子枪灯丝电压来控制输出束流值和设置值相同。**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。

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用於加速器正常工作时,维持真空的机械泵、分子泵、闸板阀和真空规等。

安全连锁系统:主要包括屏蔽室的防护门连锁、紧急按钮、剂量监测连锁和故障报警指示组成。**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。

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。

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。

(2) 设备组成

本项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器为平卧式自屏蔽电子加速器,其主要结构包括:加速器钢筒、真空系统、扫描盒、辐照室、物料出入口、传输设备、安全设施、控制系统等;CEB-500 型工业电子加速器为立式自屏蔽电子加速器,主要

结构包括：加速器钢筒、排风机、水冷却系统、辅助设备平台、设备框架、加速器主体、束下传动系统、液压控制与升降系统、配电和控制系统、电源钢桶、配电柜等。

图 9-2 本项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器辐照装置结构示意图

图 9-3 本项目 CEB-500 型工业电子加速器辐照装置结构示意图

2、桌面型自屏蔽电子束装置

本项目生产、销售、调试（使用）MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置均是自屏蔽射线装置。它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运动方向高能电子束的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。

工作原理可概括为：在真空内部，首先是灯丝通电被加热，当灯丝被加热到一定温度的时候灯丝表面发射出大量的电子。电子从灯丝表面发射出后在电磁场的作用下被加速。当电子被电场加速到一定的速度，其本身达到我们需要的能量后穿过引出窗口的金属钛膜，进入到空气中与其它物质发生一系列的物理效应何化学效应。其中的电场是有设备内部的高压发生器提供。而高压发生器是将工频的市电，通过整流成低压直流电，在经逆变成高频高压的交流电，然后经高压变压器和倍压整流得到所需要的高压直流电。

根据系统功能要求和自屏蔽工业电子加速器的特点，系统采用可编程控制系统（PLC）来控制，主要由 PCL 组成的主控制器单元、束流控制单元、高压控制单元、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结构。具体的系统结构如图 9-4 所示。

图9-4 本项目桌面型自屏蔽电子束装置系统结构图

(2) 设备组成

MEB-120、MEB-160 及 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置主要结构包括 HMI 人机界面、PLC 控制器、电源、束下辐照系统小车、屏蔽室等。公司拟生产、销售、调试（使用）的电子加速器结构示意图见图 9-4~9-5。

图 9-5 本项目桌面型自屏蔽电子束装置结构示意图

(二) 设备主要参数

本项目涉及五种型号的电子束装置，分别为 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器及 MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置。智研科技拟生产、销售、调试（使用）的自屏蔽技术参数见下表 9-1。

表 9-1 本项目自屏蔽电子束辐照装置技术参数一览表

二、工艺流程及产污环节

(一) 本项目工艺流程及产物环节

智研科技拟在新厂区内生产、销售、调试（使用）5种型号的电子加速器，分别为CEB-500型工业电子加速器，CEB-200型自屏蔽工业电子加速器、MEB-120、MEB160、MEB-200桌面型自屏蔽电子束装置。本项目电子束装置在新厂区内生产过程中，所有结构和零部件均不在公司内生产加工，均采用委外加工和外购，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9-6。

图9-6 本项目工艺流程及产污环节图

1、设备组装流程

(1) 工业电子加速器组装流程

在智研科技CEB-200型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500型工业电子加速器生产过程中，主要涉及屏蔽体框架焊接、屏蔽室装配、屏蔽门、电真空系统装配体、加速钢桶、电源钢桶、包装等装配、装配后的设备调试。主要组装流程见图9-7。

图9-7 工业电子加速器调试区组装流程图

(2) 桌面型自屏蔽电子束装置组装流程

桌面型自屏蔽电子束装置组装过程中，主要涉及设备外壳、屏蔽室主体、电子束发射装置、高压电源、控制系统、辐射剂量检测及安全联锁系统等，具体安装流程如下：

①装设备外壳，安装量完成 50% ；

②安装屏蔽室主体（完成屏蔽室安装量的 80%），屏蔽室主体初步完成后，将屏蔽室主体安装到设备外壳中。这之后放入束下的小车工装盒子以及模块主体（电子束发射装置）等到屏蔽室内，同时需要完成屏蔽室内部所有部件安装。屏蔽室内部器件安装完成后再安装屏蔽室剩余部分，将屏蔽室做到完全封闭。然后设备布线，安装高压电源、控制系统等；

③安装辐射剂量检测及安全联锁系统，将高压电源通过高压电缆与电子束发射装置连接；

④待设备外壳、射线屏蔽室、辐射剂量及安全联锁安装到位后，最后才将电子束装置与高压电源连接，以上工作完成后再通电调试。

2、设备调试流程

(1) 主要调试流程

本项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器，CEB-500 型工业电子加速器，MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置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。

(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。

图 9-8 本项目设备调试流程图

3、设备拆装及打包

智研科技设计、生产的 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器设备主体尺寸为 5.30m（长）×2.30m（宽）×2.35m（高），CEB-500 型工业电子加速器主体尺寸为 5.67m（长）×1.318m（宽）×5.10m（高）；MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置设备主体尺寸均为 0.759m（长）×0.601m（宽）×0.607m（高）。因 CEB-200 型工业自屏蔽电子加速器和桌面型自屏蔽电子束装置设备尺寸相对较小，运输和搬运比较方便，设备在公司调试车间内调试好，然后再整体打包发送到客户处使用，不存在运输前拆卸设备、到客户厂房再安装设备的过程；但 CEB-500 型工业电子加速器设备尺寸较大，不便于长途运输，且运输过程中不能保证设备性能，因此智研科技生产、调试（使用）后的 CEB-500 型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，CEB-500 型工业电子加速器设备拆卸流程见下图 9-9。

图 9-9 CEB-500 型工业电子加速器拆卸流程图

（二）设备运输

智研科技生产的 CEB-500 型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；CEB-200 型工业自屏蔽电子加速器和桌面型自屏蔽电子束装置设备尺寸相对较小，设备在公司新厂区调试车间内调试合格，再整体打包交由有资质的物流公司，公司技术人员随载设备物流车一起到客户厂区交货。

（三）客户厂区设备组装流程

智研科技生产的 CEB-500 型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，在设备运输到客户厂区内，再重新进行组装；CEB-200 和桌面型自屏蔽电子束装置设备尺寸相对较小，方便运输，不存在设备组装流程。本项目 CEB-500 型工业电子加速器在客户厂区组装流程见图 9-10。

图 9-10 CEB-500 型工业电子加速器客户厂区组装流程图

（四）客户厂区调试、维修流程

CEB-500 型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。CEB-200 型工业自屏蔽电子加速器、桌面型自屏蔽电子束装置在运送至客户厂房后，不需要再次进行调试，仅需安装到位后需要按照设备的最高能量等级和最大额定束流运行一次，并对设备的射线泄露进行检测确认，设备表面辐射剂量水平检测满足要求即可转交客户正式使用。

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。

（四）污染源描述

（1）辐射污染源分析

本项目拟生产、销售、调试（使用）5 种型号的电子加速器，分别为 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器，MEB-120、MEB-160 及 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置。CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器最大能量为 0.2MeV，最大束流强度为 500mA；CEB-500 型工业电子加速器最大能量为 0.5MeV，最大束流强度为 200mA；MEB-120 桌面型自屏蔽电子束装置最大能量为 0.12MeV、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置最大能量为 0.16MeV、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置最大能量为 0.2MeV，最大束流强度均为 20mA。

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。

（2）非辐射污染源分析

本项目电子束加速器装置在生产、调试（使用）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。

①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 50kg、废有机溶剂年最大产生量约 5kg，均为危险废物，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。

②废气

本项目产生的废气主要臭氧、氮氧化物、有挥发性有机物等。

因本项目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，在设备组装完成后，建设单位仅需要对设备机体表面沾污部分采用乙醇、丙酮进行简单清洗擦拭，会产生少量挥发性有机物。本项目使用的清洗擦拭的有机溶剂量较少，因此对周围环境的影响较小。

本项目射线装置在通电出束调试过程中，辐照室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。建设单位拟在新厂区大设备调试区各设备排气口设集气罩，设置专用通排风管道，经管道收集后高于屋顶 3m 排放。

③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。

④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，主要为通风风机、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。

3、小结

表 9-2 本项目污染物源项

污染物源项	主要污染因子
电离辐射	电子线、X 射线
固体废物	危险废物：废电子元器件、废有机溶剂等 一般废物：包装废物、废设备零部件、生活垃圾等
废气	臭氧、氮氧化物、少量挥发性有机物
废水	生活污水
噪声	生产、组装、拆卸、调试等产生的噪声

表 10 辐射安全与防护

一、平布置及两区划分

1、平面布局

本项目拟建于绵阳市游仙区石马镇天兴路 1 号绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房（东半侧）。绵阳东兴绝缘制品有限责任公司南侧紧邻科莱路，西侧紧邻四川科莱电梯股份有限公司；北侧紧邻绵阳今朝金属制品有限公司 1 号厂房；东侧紧邻天兴路。在本项目调试区边界 50m 评价范围内，南侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司办公楼最近距离约 6m；西侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1 号厂房生产区约 5.5m；北侧 28m~50m 为绵阳今朝金属制品有限公司 1 号厂房；东北侧绵阳东兴绝缘制品有限责任公司仓库约 6m。

在本项目厂房内，南侧部分自东向西为来料待检区、大设备调试区、木箱放置区和杂物间，拟在大设备调试区内设 6 个 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器装置和 1 个 CEB-500 型工业电子加速器装置调试位；北侧部分中部自东向西依次为小设备调试区、控制柜接线测试区、库房等；东北角自动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 5。

2、辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，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）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

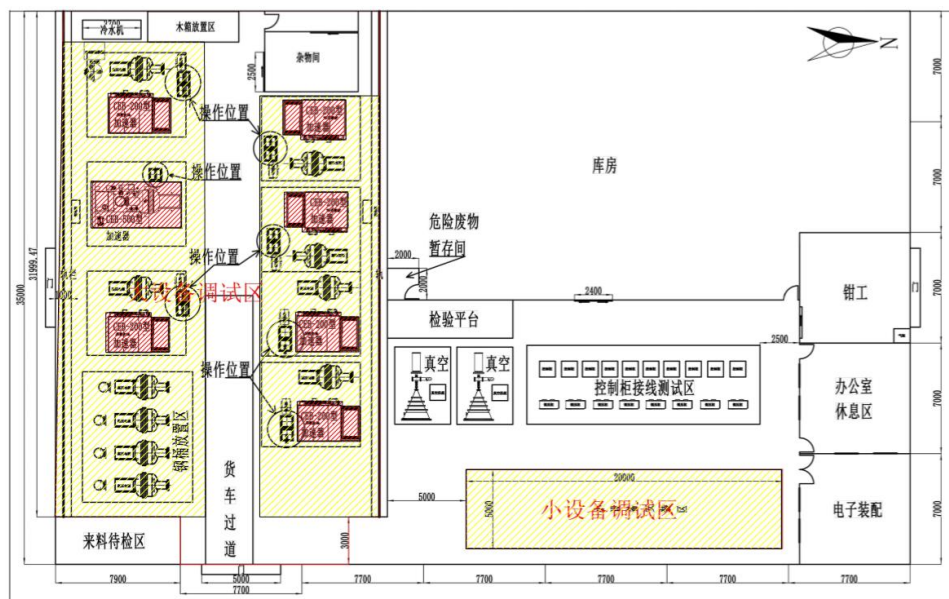
控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，辐射工作场所应与非辐射工作场所隔开。

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。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标记；并定期检查工作状况，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。

本次评价根据国际放射防护委员会对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-500 型工业电子加速器、CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置内部区域为控制区，大设备调试区、小设备调试区除电子加速器外其它区域、电子束装置屏蔽体周围 1.5m 内区域为监督区。本项目两区划分情况见表 10-1，两区划分见图 10-1、10-2。

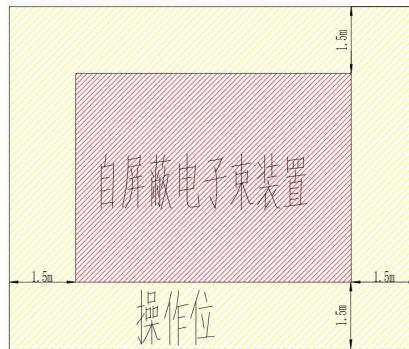
表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

射线装置所在区域	控制区	监督区
大设备调试区	CEB-500 型工业电子加速器、CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器内部区域	大设备调试区除电子加速器外其它区域、电子加速器屏蔽体周围 1.5m 内区域为监督区
小设备调试区	MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置内部区域	小设备调试区除电子束装置外其它区域、电子束装置屏蔽体周围 1.5m 内区域为监督区



图例：控制区 监督区

图 10-1 本项目所在厂房两区划分示意图



图例：控制区 监督区

图 10-2 电子束装置周围两区划分示意图

建设单位应按严格照监督区的管控要求，在监督区边界设置实体管控措施，如拉设隔离带，防止无关人员闯入。

二、电子加速器辐射安全与辐射防护情况分析

1、工业电子束装置的实体防护

智研科技拟生产、销售、调试(使用)的 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器，MEB-120、MEB-160 及 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置均通过自带屏蔽体进行防护。根据智研科技提供的资料，本项目 5 种型号电子束装置屏蔽设计图见附图 5~附图 8，屏蔽设计参数见表 10-2。

表 10-2 本项目 5 种型号加速器自屏蔽体屏蔽设计表

2、辐射安全和防护措施分析

(1) CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器辐照装置辐射安全和防护措施分析

为保障本项目安全运行，本项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器设计有相应的辐射安全装置和保护措施（附图 9），主要有：

①CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器电子束控制系统均配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，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。

图 10-3 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器设备外观图

②辐照室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；辐照室设计有行程开关联锁，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；同时拟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。

③通过升降装置将下屏蔽室下降，将被辐照物穿过屏蔽室后，再升降装置将下屏蔽室上升到预定位置，与上屏蔽室闭合，完成穿料。

图 10-4 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器穿料示意图

图 10-5 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器进出料通道图

④辐照室设计有能量联锁、束流联锁以及臭氧排风联锁等电子联锁装置，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，各连锁装置启动，加速器自动断电停机。

⑤电子加速器顶部拟设计声光报警装置，包括设备运行状态及设备停机状态指示，同时加速器开机时发出声音警示，提醒设备即将开机。

⑥CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器电子束控制柜设计有紧急停机按钮，当紧急情况发生时，触发急停按钮，加速器立即停止出束。

⑦辐照室拟设辐射监测系统与剂量联锁装置，监测系统分别在设备物料进出口上方以及设备中部真空系统移动屏蔽罩处各设一个检测探头，显示装置设于控制柜上，用于检测物料口以及装置真空系统等处的辐射剂量水平，辐射剂量率限值为 $2.0\mu\text{Sv/h}$ ，当任意一个检测探头处的辐射泄漏剂量大于设定值，设备将自动

停机。

⑧电子加速器设有束下装置联锁。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，加速器将自动停机。

⑨拟在调试区边界设置实体钢板墙，并拟设监测探头与调试的加速器高压电源联锁，当调试区的辐射剂量异常时调试中的加速器将停止出束。

⑩拟在调试区边界外及加速器主屏蔽体外醒目位置设置电离辐射警告标志，防止无关人等进入调试区域。

⑪拟在大设备调试区边界四周各设置一个固定式辐射剂量率报警和红外线检测报警装置，在调试过程中，固定式辐射剂量率检测数值超过 $2.0\mu\text{Sv/h}$ 或者红外线检测到有人员突然闯入监督区内，报警并对设备进行断电。

(2) CEB-500 型工业电子加速器辐照装置辐射安全和防护措施分析

为保障本项目安全运行，本项目 CEB-500 型工业电子加速器辐照装置设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

①CEB-500 型工业电子加速器电子束控制系统均配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，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。

图 10-6 CEB-500 型工业电子加速器设备外观图

②主屏蔽体设计有屏蔽室 1 与屏蔽室 2，两者闭合形成物料进出口迷道，物料进出时通过液压控制与升降系统控制屏蔽室 1 移动；屏蔽室 2 设计有行程开关联锁，当束下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。

③通过液压升降装置将屏蔽室 1 下降，将被辐照物穿过屏蔽室后，再将液压升降装置将屏蔽室 1 上升到预定位置，与屏蔽室 2 闭合，完成穿料。

图 10-7 CEB-500 型工业电子加速器穿料示意图

图 10-8 CEB-500 型工业电子加速器进出料口图

④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，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，各连锁装置启动，加速器自动断电停机。

⑤本项目主屏蔽体的顶部设备平台未设置爬梯，开机调试时顶部平台无人停留。

⑥加速器控制柜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，绿色表示表示设备停机或故障。

⑦加速器电子束控制柜设计有一个紧急停机按钮，当紧急情况发生时，触发急停按钮，加速器立即停止出束。

⑧主屏蔽体设计有辐射监测系统与剂量联锁装置，监测系统分别在设备左右两侧物料进出口处设两路检测探头，显示装置设于控制柜上，用于检测行程装置联锁情况，任意一路检测辐射泄漏剂量大于 $2.0\mu\text{Sv/h}$ ，设备将自动停机。

⑨电子加速器设有束下装置联锁。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，加速器将自动停机。

⑩拟在调试区边界外及加速器主屏蔽体外醒目位置设置电离辐射警告标志，防止无关人等进入调试区域。

⑪拟在大设备调试区边界四周各设置一个固定式辐射剂量率报警和红外线检测报警装置，在调试过程中，固定式辐射剂量率检测数值超过 $2.0\mu\text{Sv/h}$ 或者

红外线检测到有人员突然闯入监督区内，报警并对设备进行断电。

(3) MEB-120、MEB-160 及 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置辐射安全和防护措施分析

为保障本项目安全运行，本项目 MEB-160 及 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

①屏蔽室样品进出口防护门设置门机联锁装置，即防护门与桌面型自屏蔽电子束装置束流和高压联锁，防护门被打开时，桌面型自屏蔽电子束装置不能开机，桌面型自屏蔽电子束装置运行中维修门被打开则能够自动停机。

②桌面型自屏蔽电子束装置设计有紧急停机按钮，当紧急情况发生时，触发急停按钮后，桌面型自屏蔽电子束装置立即停止出束。

③桌面型自屏蔽电子束装置设计有剂量联锁，并于设备外设有监测探头，显示装置设于桌面型自屏蔽电子束装置外后侧，当检测辐射泄漏计量大于 $2.0\mu\text{Sv/h}$ ，设备将自动停机。

④桌面型自屏蔽电子束装置设有运行指示灯及设备故障指示灯，其中红色指示设备处于运行状态，绿色表示设备待机，黄色表示设备故障。

⑤拟在桌面型自屏蔽电子束装置主屏蔽体外醒目位置设电离辐射警告标志。

⑥MEB-120、MEB-160、MEB-200 设备进出料口为同一个通道，被辐照样在进出料口的屏蔽门打开后，将样品放入辐照室，然后关闭进出料口的屏蔽门；屏蔽门关好后开始执行辐照的相关程序；辐照结束后打开进出料口的屏蔽门，然后取出被辐照样。进出料口屏蔽门打开、关闭如下图所示。

图 10-9 CEB-500 型工业电子加速器进出料口图

3、辐射安全控制系统联锁

智研科技设计了自屏蔽电子加速器的各控制信号联锁。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，使得辐照室内的加速器立即停止出束。

本项目具有多重设备安全联锁，如：屏蔽主体束下左安全检测联锁、爬梯安全检测联锁、高压检测系统联锁、束流检测联锁、剂量检测联锁、系统类各温度检测联锁、红外线检测联锁等，以确保本项目的运行安全，本项目安全联锁逻辑图如下：

图 10-10 大设备调试区安全联锁逻辑示意图

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。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。

综上所述，在上述所有措施和要求落实到位后，本项目CEB-200型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500型工业电子加速器及MEB-120、MEB-160及MEB-200桌面型自屏蔽电子束装置配备的相关辐射防护措施符合标准的要求，配备的连锁装置可有效的保护操作人员和公众，减少因人为误入造成辐射安全事故。

三、环保投资

为了保证电子束装置在调试过程中的运行安全，根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的相关要求，智研科技需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-3。

表 10-3 环保设施及投资一览表

项目		应具备条件	数量	拟投资（万元）
设备调试区	场所与警示	调试工作场所划分为监督区和控制区	2套	**
		工作状态指示灯	2套	**
		灯光和声音报警指示标识	2套	**
		应急照明	2套	**
		调试区内视频监控系统	1套	**
	安全连锁	红外线防误入连锁	1套	**
		调试场所辐射剂量连锁	1套	**
	剂量监测	固定式多探头辐射剂量监测仪	1套	**
		个人剂量计	10套	**
		便携式辐射剂量监测仪	1套	**
其他	大设备调试区排风系统	1套	**	
电子加速器	实体防护	屏蔽体（含防护门）	1套/台	**
	出入口控制	辐照室电离辐射警示标志	1套/台	**
		设备工作状态指示灯	1套/台	**
	安全连锁	控制柜与工业电子加速器钥匙控制	1套/台	**
		屏蔽体与加速器高压触发连锁	1套/台	**
		屏蔽体与束流控制连锁	1套/台	**
		加速器开机前声、光报警	1套/台	**
	传输系统与束流连锁	1套/台	**	

		设备上紧急停机（复位）按钮	1套/台	**
		控制柜紧急停机（复位）按钮	1套/台	**
		在线辐射剂量率监测仪	1套/台	**
排风		排风管道	若干	**
		低噪声风机	1套/台	**
其他		废水收集处理设施	1套	**
		灭火器材	2套	**
		一般固体废物的分类贮存设施	1套	**
		生活垃圾收集设施	1套	**
		辐射安全与防护考核	/	**
合计				**

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

1、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。

本项目电子束装置臭氧产额最大为 $9.5 \times 10^4 \text{mg/h}$ 。智研科技拟在大设备调试区电子加速器屏蔽体外设集气罩，连接专用排风管道将屏蔽体内产生的废气引出高于厂房顶 3m 排放，最小排风量不低于 $2700 \text{m}^3/\text{h}$ ，臭氧排入环境大气后，经自然分解和稀释，不会对环境空气造成明显影响。

2、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。

3、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

智研科技拟租赁绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1#厂房（东半部分）用于开展自屏蔽电子加速器及桌面型自屏蔽电子束装置的生产、调试（使用）。由于绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1#厂房为已建厂房，该公司进行了环境影响评价，并取得了绵阳市生态环境局的批复（绵环审批[2021]10 号），目前，无环境遗留问题。

此外，公司生产的电子加速器及桌面型自屏蔽电子束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

智研科技拟在绵阳东兴绝缘制品有限责任公司 1#厂房大设备调试区调试工位对 CEB-200 自屏蔽电子加速器和 CEB-500 型工业电子加速器进行调试，在小设备调试区对 MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置进行调试，均属于 II 类射线装置。在大设备调试区内调试人员操作位与设备辐照室距离为 1.5~2m，在小设备调试区内，调试人员操作位与设备辐照室距离为 0.5~1.0m。在调试过程中，主要环境影响为电子线、X 射线、臭氧。CEB-500 型工业电子加速器最大电子线能量为 0.5MeV、最大电子束流为 200mA，CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器最大电子线能量为 0.2MeV、最大电子束流为 500mA；MEB-120 桌面型自屏蔽电子束装置最大电子线能量为 0.12MeV、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置最大电子线能量为 0.16MeV、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置最大电子线能量为 0.2MeV，各桌面型自屏蔽电子束装置最大电子束流均为 20mA。

根据建设单位提供资料，CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型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，单台型设备年最长曝光时间均不超过 3600 小时/年；CEB-500 型工业电子加速器在客户厂区内调试维修与调试车间内调试出束时间、频次相同。

MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置单台在调试车间内调试次数不超过 80 次，单次最长出束时间 3 分钟，单台年调试出束时间累计不超过 4h。MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置和 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器调试好后运送到客户厂内对设备试运行时间较短，设备在客户厂区内试运行及发生故障后维修单台型最长出束时间不超过 1h。

一、辐射环境影响分析

(一) 电子束环境影响分析

本项目电子加速器最大电子能量为 0.5MeV，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，电子束在铁中最大射程为 0.168cm。本项目拟生产、使用、销售的 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器，CEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室周围均为铅+钢结构屏蔽体，设计屏蔽体厚度完全可以屏蔽能量为 0.5MeV 及以下的电子。因此，电子束对电子加速器辐照室外环境的影响可以忽略不计。

(二) X 射线辐射影响分析

根据本项目平面布局设计方案，大设备调试区调试工位固定，因此本次分析以 6 台 CEB-200 自屏蔽工业电子加速器和 1 台 CEB-500 型工业电子加速器同时进行调试的情况进行预测；在小设备调试区内，对 MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置进行组装和调试，在后文预测中，选用屏蔽体外辐射剂

量率最大的设备进行预测。在本次评价中，本项目对周围辐射环境的影响采用理论预测结合类比监测的方法进行分析。

1、理论预测

(1) CEB 型工业电子加速器辐射环境影响分析

1) CEB 型工业电子加速器辐照室辐射环境影响分析

① 计算模式

本项目 CEB 型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：

$I \cdot \delta_{\alpha(90^\circ)}$ ——距离辐射源（即靶）1m 处 90° 方向的吸收剂量指数率， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I ——电子束流强度，mA；

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-200 型自屏蔽工业电子加速器辐照室外辐射剂量率分析

本项目电子加速器辐照装置开机运行时，CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器的出束方向朝辐照室左侧照射，辐照室采用钢板及铅板进行防护，本项目选取辐

照室钢板为轰击靶来进行辐射防护评价。由于 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器的出束方向朝左，不直射向其他侧的屏蔽体，因此本次项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器四周及右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，左侧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-200 型自屏蔽工业电子加速器辐照室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 3.3，0.2MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°方向上的发射率常数 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.005\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。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 0.5，进行修正后 0.2MeV 入射电子的 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.0025\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.25，0.2MeV 电子 90°方向等效入射电子能量约为 0.15MeV。在 0.15MeV 能量下，根据图 3.23，钢的十倍减弱厚度约为 0.9cm，根据图 3.24，铅的十倍减弱厚度约为 0.1cm，则 10mm 铅板约等效为 90mm 钢板。在 0.2MeV 能量下，钢的十倍减弱厚度约为 1.5cm，铅的十倍减弱厚度约为 0.2cm，则 10mm 铅板约等效为 75mm 钢板。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.15MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}=0.9\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=0.9\text{cm}$ 。

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 3.3，0.2MeV 入射电子在距靶 1m 处 0°方向上的发射率常数保守取 $\delta_{\alpha}(0^{\circ})=0.0001\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。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 0.7。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 $\Delta_{1/10,1}=1.3\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=1.3\text{cm}$ 。

CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器主屏蔽体外关注点位见下图：

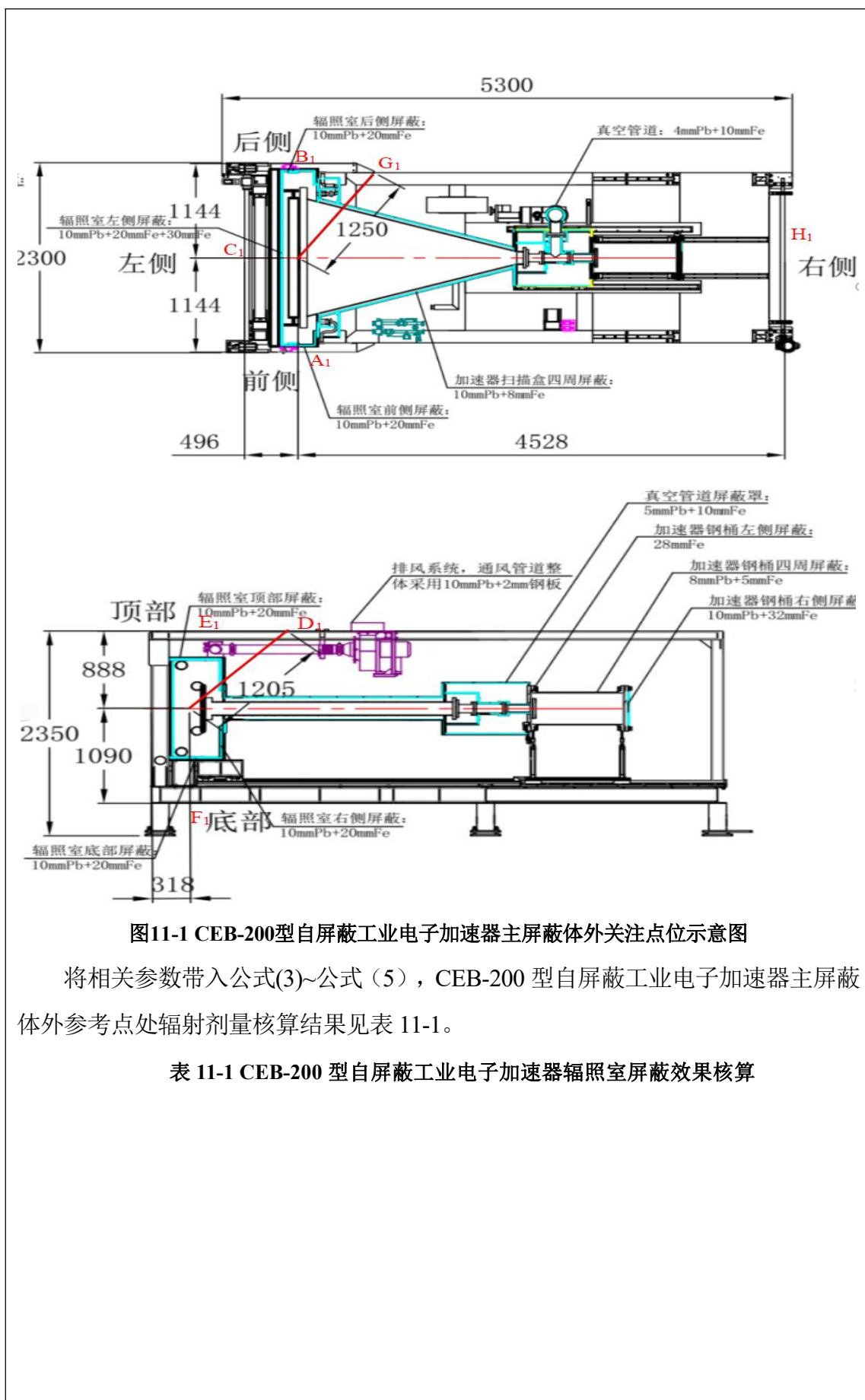


图11-1 CEB-200型自屏蔽工业电子加速器主屏蔽体外关注点位示意图

将相关参数带入公式(3)~公式(5), CEB-200型自屏蔽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 CEB-200型自屏蔽工业电子加速器辐照室屏蔽效果核算

注: ① $r_{\text{前侧、后侧}}$ =靶点到前侧(后侧)屏蔽体外的距离 1.144m+参考点 0.3m=1.444m;

$r_{\text{左侧}}$ =靶点到左侧屏蔽体外的距离 0.496m+参考点 0.3m=0.796m;

$r_{\text{右侧}}$ =靶点到右侧屏蔽体外的距离 4.528m+参考点 0.3m=4.828m;

$r_{\text{顶部}}$ =靶点到顶部屏蔽体外的距离 0.888m+参考点 0.3m=1.188m;

$r_{\text{底部}}$ =靶点到底部屏蔽体外的距离 1.09m+参考点 0.3m=1.39m。

③CEB-500 型工业电子加速器辐照室外辐射剂量率分析

本项目电子加速器辐照装置开机运行时, CEB-500 型工业电子加速器的出束方向朝辐照室底部照射, 辐照室采用钢板及铅板进行防护, 本项目选取辐照室钢板为轰击靶来进行辐射防护评价。由于 CEB-500 型工业电子加速器的出束方向朝底部, 不直射向其他侧的屏蔽体, 因此本次项目 CEB-500 型工业电子加速器四周及顶部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, 底部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-500 型工业电子加速器辐照室顶部辐射防护屏蔽评价, 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, 0.5MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°方向上的发射率常数 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.1\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。本项目被辐照的靶材料为碳钢板, 因此 90°方向的修正系数 f_c 取 0.5, 进行修正后 0.5MeV 入射电子的 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.05\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

根据《辐射防护导论》(方杰编)图 3.25, 0.5MeV 电子 90°方向等效入射电子能量约为 0.33MeV。在 0.33MeV 能量下, 查图 3.23, 钢的十倍减弱厚度约为 2.4cm, 查图 3.24, 铅的十倍减弱厚度为 0.5cm, 则 10mm 铅板约等效为 48mm 钢板; 在 0.5MeV 能量下, 钢的十倍减弱厚度约为 3.4cm, 铅的平衡十倍减弱厚度为 1.2cm, 则 20mm 铅板约等效为 56.7mm 钢板。查《辐射防护导论》(方杰编)图 3.23, 钢对电子能量 0.33MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}=2.2\text{cm}$, 第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=2.2\text{cm}$ 。

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, 0.5MeV 入射电子在距靶 1m 处 0°方向上的发射率常数取 $\delta_{\alpha}(0^{\circ})=0.01\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$, 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 0.7, 进行修正后 0.5MeV 入射电子的 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.007\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。查《辐

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% （ 0.05mA ）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。

表 11-3 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器扫描盒韧致辐射初级 X 射线屏蔽效果核算

表 11-4 CEB-500 型加速器加速钢桶韧致辐射初级 X 射线屏蔽效果核算

由表 11-3~11-4 可知，CEB-200 型自屏蔽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 $1.0 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ，CEB-500 型工业电子加速器加速钢桶外参考点处的最大辐射剂量率小于 $2.0 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ，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 处以及外区域周围剂量当量率不能超过

2.5 μ Sv/h 的规定”。

3) CEB 型工业电子加速器物料进出口辐射防护分析

本项目 CEB 型自屏蔽加速器辐照室均设有迷道式物料进口与出口，由图 11-3 及图 11-4 可知，CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器和 CEB-500 型工业电子加速器辐照室内 X 射线至少经过 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-200 型自屏蔽工业电子加速器和 CEB-500 型工业电子加速器辐照室薄膜进出口设计能够满足辐射防护的要求。

图 11-3 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器物料进出口处 X 射线散射示意图

图 11-4 CEB-500 型加速器物料进出口处 X 射线散射示意图

4) CEB 型工业电子加速器通风管道辐射防护分析

根据图 11-5~11-6 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 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器风管管道整体拟采用 10mmPb+2mm 钢板进行防护，CEB-500 型工业电子加速器进排风管道整体采用 10mmPb+10mm 钢板进行防护，进排风口处拟使用 10mmPb+10mm 钢板的防护罩进行屏蔽，因此本项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器和 CEB-500 型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 11-5 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器通风管道散射示意图

图 11-6 CEB-500 型工业电子加速器通风管道散射示意图

(2) MEB 桌面型自屏蔽电子束装置辐射环境影响分析

1) MEB 桌面型自屏蔽电子束装置辐射环境影响分析

① 计算模式选择

MEB 桌面型自屏蔽电子束装置主屏蔽体辐射防护屏蔽评价，仍旧采用公式

(3) 进行计算评价。

本项目 MEB 桌面型自屏蔽电子束装置的出束方向朝辐照室底部照射，辐照室均采用钢板及铅板进行防护，本项目选取辐照室钢板为轰击靶来进行辐射防护评价。由于 MEB 桌面型自屏蔽电子束装置的电子束朝下，不直射向其他侧的屏蔽体，因此本次项目 MEB 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室的四周及顶部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，底部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，MEB 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室顶部辐射防护屏蔽评价，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。

② MEB-120、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置计算结果

根据建设单位提供桌面型自屏蔽电子束装置辐照室屏蔽设计图，MEB-120、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置辐照室屏蔽材料及厚度，设备尺寸均相同。相同屏蔽防护条件下，电子束流相同，电子束能量越大，发射率常数越大，对周围环境的影响越大。因此，本次分析 MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置可以保守代表 MEB-120 桌面型自屏蔽电子束装置的屏蔽防护情况和对屏蔽体外的影

响。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3，0.16MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°方向上的发射率常数 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.002\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。MEB-160 型电子束装置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 0.16MeV 入射电子的 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.001\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.25，0.16MeV 电子 90°方向等效入射电子能量约为 0.12MeV，在 0.12MeV 能量下，钢的十倍减弱厚度约为 0.8cm，铅的十倍减弱厚度为 0.08cm，则 6mm 铅板约等效为 60mm 钢板；在 0.16MeV 能量下，钢的十倍减弱厚度约为 1.0cm，铅的十倍减弱厚度为 0.11cm，则 6mm 铅板约等效为 54.54mm 钢板。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.12MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}=0.8\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=0.8\text{cm}$ 。

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 3.3，0.16MeV 入射电子在距靶 1m 处 0°方向上的发射率常数保守取 $\delta_{\alpha}(0^{\circ})=1.2\times 10^{-5}\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。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 0.7。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.16MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}=1.1\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=1.1\text{cm}$ 。

MEB-160 型自屏蔽电子束装置主屏蔽体外关注点位见下图：

图 11-7 MEB-160 型自屏蔽电子束装置屏蔽体外关注点位示意图

将相关参数带入公式(3)~公式(5)，MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置主屏蔽体外参考点处辐射剂量核算结果见表 11-5。

表 11-5 MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置屏蔽体屏蔽效果核算

②MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置计算结果

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3，0.2MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°方向上的发射率常数 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.005\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。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 0.5，进行修正后 0.2MeV 入射电子的 $\delta_{\alpha}(90^{\circ})=0.0025\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.25，0.2MeV 电子 90°方向等效入射电子能量约为 0.15MeV。在 0.15MeV 能量下，根据图 3.23，钢的十倍减弱厚度约为 0.9cm，根据图 3.24，铅的十倍减弱厚度约为 0.1cm，则 10mm 铅板约等效为 90mm 钢板。在 0.2MeV 能量下，钢的十倍减弱厚度约为 1.5cm，铅的十倍减弱厚度约为 0.2cm，则 10mm 铅板约等效为 75mm 钢板。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.15MeV 的第一个十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}=0.9\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=0.9\text{cm}$ 。

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 3.3，0.2MeV 入射电子在距靶 1m 处 0°方向上的发射率常数保守取 $\delta_{\alpha}(0^{\circ})=0.0001\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。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 0.7。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 $\Delta_{1/10,1}=1.3\text{cm}$ ，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,e}=1.3\text{cm}$ 。

MEB-200 型自屏蔽电子束装置主屏蔽体外关注点位见下图：

图 11-8 MEB-200 型自屏蔽电子束装置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)，MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置屏

蔽体外关注点处辐射剂量核算结果见表 11-6。

表 11-6 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置主屏蔽体屏蔽效果核算

由表 11-5~11-6 可知，MEB-120、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置外参考点处的辐射剂量率最大值约为 $5.6 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ，MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置外参考点处的辐射剂量率最大值约为 $7.4 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ，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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的规定”。

2) MEB 桌面型自屏蔽电子束装置对大气的的影响分析

MEB-120 桌面型自屏蔽电子束装置最大能量为 0.12MeV，最大束流强度为 20mA；MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置最大能量为 0.16MeV，最大束流强度为 20mA；MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置最大能量为 0.2MeV，最大束流强度为 20mA。电子束能量、电子束流均较小，因此，产生的臭氧及氮氧化物较少，对环境影响较 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器对环境要影响更小。

(3) 销售过程和调试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），根据表 11-1~表 11-6 可知，本项目自屏蔽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 2.5 μ Sv/h 的规定”。

2、类比监测

智研科技拟生产 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器和 MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置。其中，CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器，MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置已投产。根据电子束能量越高、发射率常数越大，对周围辐射环境的影响越大，本次类比选用 CEB-500 型工业电子加速器监测数据进行类比。

（1）、类比可行性分析

智研科技委托了四川世阳卫生技术服务有限公司对本公司生产的 CEB-500 型工业电子加速器进行监测，该公司取得了原四川省质量技术监督局颁发的检验检测机构计量认证证书，证书编号为：152318100110。根据建设单位提供资料，已投产的射线装置与本项目涉及的射线装置型号相同，设备尺寸、辐射屏蔽材质及厚度、最大电子束流强度及电子束能量等均相同。设备监测参数见下表。

表 11-7 本项目类比设备主要技术参数

设备名称	设备额定技术参数		监测工况	
	电子能量强度 (MeV)	电子束流 (mA)	电子能量强度 (MeV)	电子束流 (mA)
MEB-500 型电子加速器	0.5	200	0.5	200

由上表可知，本项监测时工况与设备额定最大工况相同，因此，本次评价利用智研科技生产的已生产电子加速器监测数据类比可行，能够真实客观的体现出设备运行时对周围环境的影响。

（2）监测布点

四川世阳卫生技术服务有限公司根据设备实际情况，进行了监测布点，监测布点图如下：

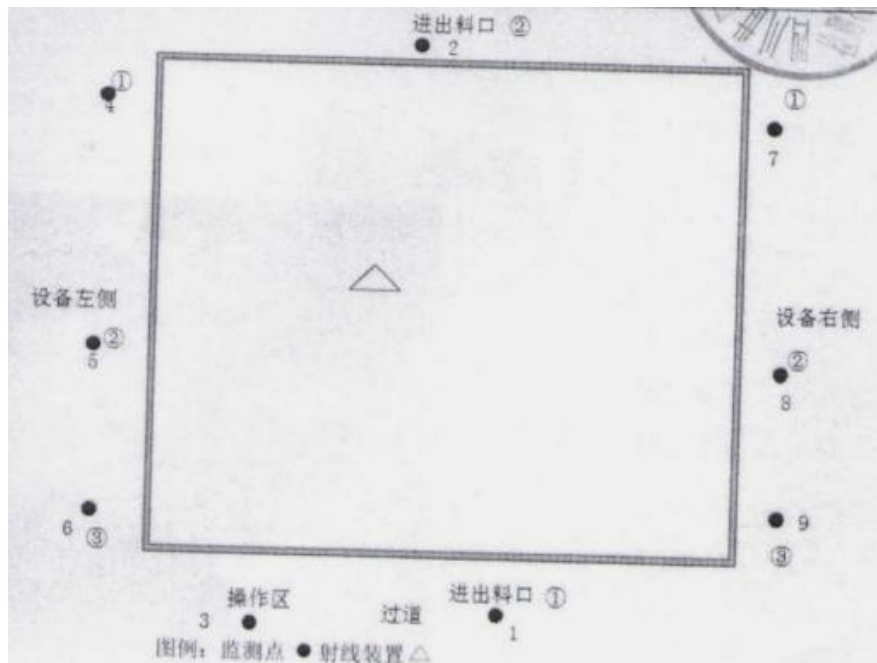


图 11-10 CEB-500 型工业电子加速器监测布点示意图

(3) 监测结果

根据建设单位提供的监测报告（附件 14），监测数据见下表：

表 11-7 自屏蔽电子加速器出束时辐射环境空气吸收剂量率监测结果（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ）

设备名称	监测点编号	监测点位	测量值	标准差
CEB-500 型 工业电子加 速器	1	进出口①（距离入口 30cm）	0.23	0.014
	2	进出口②（距离入口 30cm）	0.25	0.019
	3	操作区	0.28	0.017
	4	设备左侧①30cm	0.23	0.013
	5	设备左侧②30cm	0.19	0.024
	6	设备左侧③30cm	0.17	0.021
	7	设备右侧①30cm	0.15	0.020
	8	设备右侧②30cm	0.19	0.012
	9	设备右侧③30cm	0.19	0.016

注：以上监测数据均未扣除环境本底。

根据上表中的监测数据可知，在额定工况下，CEB-500 型工业电子加速器周围辐射剂量率为 0.15~0.28 $\mu\text{Sv/h}$ ，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 $\mu\text{Sv/h}$ 的规定”。

3、理论预测与类比监测数据分析

本项目选用智研科技研发生产的 CEB-500 型工业电子加速器进行类比分析，分析结果如下表所示。

表 11-8 本项目理论预测与类比分析结果

设备型号	理论预测最大辐射剂量率	类比监测最大辐射剂量率
CEB-500 型工业电子加速器	0.57uSv/h	0.28uSv/h

综上，本项目理论预测辐射剂量率大于类比监测剂量率，因此，本项目理论预测结果更保守，后文对本项目自屏蔽电子加速器周围保护目标预测采用理论预测值。

4、本项目保护目标的辐射影响分析

(1) 计算模式

本项目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，本项目职业人员取 1，公众取 1/4；

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 11-1~11-6 种的预测结果可知，本项目 CEB-200 型自屏蔽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 1.0×10⁻¹μSv/h，CEB-500 型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 5.7×10⁻¹μSv/h，MEB-120、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置屏蔽体外关注点处的辐射剂量率最大值约 5.6×10⁻¹μSv/h，MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置屏蔽体外关注点处的辐射剂量率最大值约 7.4×10⁻¹μSv/h。

公司 CEB-500 型工业电子加速器年最大生产、销售、调试 50 台，每台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）；CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器年最大生产、销售、调试 50 台，每台开机调试时间最长约为 73h（调试区调试 72h+客户厂区维修 1h）；MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置年最大生产、销售、调试均为 50 台，每台开机调试时间总共约为 5 小时（调试区调试 4h+客户厂区维修 1h）。根据厂房平面布局图可

知，建设单位拟在大设备调试区内调试 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器。其中，设置 6 个 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器调试工位，1 个 CEB-500 型工业电子加速器调试工位，本次辐射工作人员影响预测选用电子加速器屏蔽体外辐射剂量率最大值，自屏蔽射线装置周围公众的影响选取电子加速器四周最大辐射剂量率进行分析；小设备调试区内用于调试 MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置，单次最多调试 10 台，选用屏蔽体外辐射剂量率更高的 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置进行分析。

在新厂区调试区和客户现场调试（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。偏保守考虑，所有自屏蔽射线装置均由同一客户厂区使用，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 (μSv/h)	最近距离 (m)	衰减后辐射剂量率 (μSv/h)	预测点最大辐射剂量率 (μSv/h)	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
大设备安装调试工作人员	5.7×10^{-1}	/	/	5.7×10^{-1}	10850	6.18	职业
小设备调试工作人员	7.4×10^{-1}	/	/	7.4×10^{-1}	750	5.55×10^{-1}	职业
大设备调试区射线装置周围	5.7×10^{-1}	1.5	2.3×10^{-2}	2.3×10^{-2}	10850	6.18×10^{-2}	公众
小设备调试区射线装置周围	7.4×10^{-1}	1.5	3.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}	750	5.55×10^{-3}	公众
CEB-500型工业电子加速器客户现场周围	5.7×10^{-1}	1.5	2.3×10^{-2}	2.3×10^{-2}	72	4.10×10^{-4}	公众
自屏蔽电子束装置 (CEB-200、MEB-120、MEB-160、MEB-200) 客户现场周围	7.4×10^{-1}	1.5	3.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}	1	7.40×10^{-6}	公众

由上表可知，本项目周围辐射工作人员年最大附加有效剂量为 6.18mSv/a，因本项目大设备安装调试（含客户使用厂区）拟配 6 名辐射工作人员，小设备调试（含客户使用厂区）拟配 4 名辐射工作人员，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。此外，小设备调试区和大设备调试区域较近，保护目标存在剂量叠加，偏保守考虑，电子束射线装置对辐射工作人员的影响不考虑距离衰减，则本项目辐射工作人员年最大附加有效剂量为 2.06mSv/a，项目周围公众年最大有效剂量为 6.18×10^{-2} mSv/a。

5、本项目保护目标辐射影响综合分析

本项目辐射工作人员均为智研科技原有工作人员，本项目辐射工作人员在承担本项目的同时，也承担着老厂区的调试任务。因此，存在剂量叠加。智研科技提供了连续四个季度的个人剂量报告统计表，根据统计表可知，智研科技老厂区辐射工作人员年最大辐射剂量为0.70mSv/a。

因此，本项目辐射工作人员年最大附加有效剂量为 2.76mSv/a，本项目周围公众年最大有效剂量为 6.18×10^{-2} mSv/a。本项目辐射工作人员和公众所受附加年有效剂量均满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对电子加速器辐照室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 和公众 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、调试（使用）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、微量有挥发性有机物等。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。因此，本项目只考虑 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器和 CEB-500 型工业电子加速器辐照室内臭氧的产生和排放影响。

公司拟生产、销售、调试（使用）的 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、CEB-500 型工业电子加速器均采用机械排风。其中，CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器排风管道拟从辐照室顶部引出，在辐照室顶部拟设置 1 台排风机（风量约 3500m³/h），采用自然进风，排风机将装置内臭氧引至排风管内，排风管延伸至厂房顶部排出，本项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器装置的辐照室净体积约为 0.7m³；CEB-500 型工业电子加速器进排风口均从辐照室顶部引出，在辐照

室顶部设置 1 台排风机（风量约 2700m³/h~4200m³/h）和 1 台进风机（风量 2160m³/h），使加速器辐照室内部始终处于负压状态，防止臭氧溢出，进风机通过进风机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，CEB-500 型工业电子加速器装置的辐照室净体积约为 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，CEB-200取0.5m，CEB-500取1.0m；

I —电子束流强度，CEB-200取500mA，CEB-500取200mA；

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，辐照室内臭氧产生率，CEB-200型臭氧产生率 $P= 1.1 \times 10^5$ mg/h，CEB-500型臭氧产生率 $P= 9.5 \times 10^4$ mg/h。

②电子加速器排放浓度

在电子加速器正常运行期间，臭氧不断产生，考虑到辐照室连续通风和臭氧自身的化学分解（有效化学分解时间为50min），电子加速器辐照室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。

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

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

式中：

T_v —电子加速器辐照室换气一次所需时间，本项目 CEB-200 型排风量按照 3500m³/h 进行计算，辐照室净体积为 0.7m³，则一次换气时间为 2.0×10⁻²h；本项目 CEB-500 型排风量按照 2700m³/h 进行计算，辐照室净体积为 3m³，则一次换气时间为 1.1×10⁻³h；

T_d —臭氧的有效化学分解时间，0.833h；

V —电子加速器辐照室的体积，CEB-200 型 0.7m^3 ；CEB-500 型 3m^3 ；

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室内的平衡浓度。

经计算，CEB-200 型 $T_e=2.00\times 10^{-4}\text{h}$ ， $C_s=32\text{mg}/\text{m}^3$ ；CEB-500 型 $T_e=1.11\times 10^{-3}\text{h}$ ， $C_s=33\text{mg}/\text{m}^3$ 。

因此，本项目 CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器和 CEB-500 型工业电子加速器辐照室内的臭氧平衡浓度高于《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）表 1 中规定的 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的规定。

因本项目电子束装置的辐照室空间较小，设备工作状态下人员无法进入辐照室内，电子加速器电离空气产生的臭氧经专用排风管道引出，经集中收集后高于厂房顶部进行排放，臭氧通过排风系统排放至外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气，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，主要为通风风机、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。智研科技拟在辐照室顶部设置排风管道，并外设专用离心通风机，其中CEB-200型自屏蔽工业电子加速器风机的排风量为 $2700\sim 4200\text{m}^3/\text{h}$ ，CEB-500型工业电子加速器风机的排风量为 $3500\text{m}^3/\text{h}$ ，噪声声源源强 $\leq 65\text{dB}(\text{A})$ 。根据建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、废有机溶剂等。废电子元器件、废有机溶剂等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，其中生产废水主要包括车间拖地清洗、职工清洗废水；生活废水包括职工办公生活废水。

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：本项目不设食堂、倒班房，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} 、 BOD_5 和 SS 等。本项目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 CEB-500 型工业电子加速器、CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器，MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置，均属于 II 类射线装置。自屏蔽工业电子加速器不运行不存在辐射安全事故，也不存在影响辐射环境质量事故，电子加速器只有在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。

本项目自屏蔽工业电子加速器固有安全性良好，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 11-8 中。

表 11-8 项目的环境风险因子、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、局部器官残疾。	较大辐射事故
射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（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《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-9）：

表 11-9 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

五、后果预测

本项目涉及 CEB-500 型工业电子加速器、CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器，MEB-120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置，均属于 II 类射线装置，为自屏蔽射线装置。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-500 型工业电子加速器。

（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，未穿戴铅防护服，假设维修人员位于电子加速器入射电子束向前0°方向，0.5MeV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840Gy/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。

(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 11-10 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)	2	4	6	8
1	0.47	0.93	1.40	1.87
2.5	0.12	0.23	0.35	0.47
4	0.03	0.06	0.09	0.12

由表11-10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8s便可达到1.87Sv/次。根据表11-9可知，引起人员急性放射病发生率不到99%。

因此，随着时间的推移，维修人员无任何屏蔽在本项目电子加速器主射方向，可能导致人员发生急性重度放射病、局部器官残疾，参照表11-8，本项目可造成较大辐射事故。

六、事故情况下防范应对措施

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〔2021〕40号）（见附件8），根据文件可知，公司辐射安全管理领导小组组长由贾贾**担任。

1、领导小组文件已包含内容：

①小组组成成员

组 长：贾**

副组长：李**

成 员：罗**、严**、曾**、杨**、谢**、李**

②领导小组职责

领导小组主要职责是严格按照国家辐射安全、放射防护管理制度，组织做好并监督落实公司辐射安全、放射防护各项工作。

2、需要完善的相关内容

根据建设单位辐射安全管理领导小组机构文件，建设单位还需在以下几个方面对文件进行完善：

①细化公司辐射管理领导小组成员职能分工，明确日常辐射安全管理执行部门；

②补充领导小组日常办公地点、联系人电话，增加生态环境主管部门联系电话；

③明确辐射工作场所安全设施的维护管理执行部门，并严格执行日常维护工作；

④补充发生辐射安全事故事件和和个人剂量异常事件后，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

本项目拟配备辐射工作人员10名，其中管理人员1名，辐射安全管理人员为原有辐射工作人员，其余均为新聘辐射工作人员，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，组织本项目新增辐射工作人员管理人员到生态环境部网上学习考核平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>)，参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗；

(2) 建设单位应为每 1 名辐射工作人员配备 1 套个人剂量计，辐射工作人员应妥善保管个人剂量计；

(3) 辐射工作人员应正确配戴个人剂量计，建设单位定期交由有资质的检测单位进行检测，并应为每一名辐射工作人员建立个人剂量档案，制定个人剂量管理制度。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。

辐射安全管理制度

一、档案管理分类

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）》要求，辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。建设单位辐射安全档案资料可分以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”和“辐射应急资料”。公司应当根据以上要求结合实际辐射工作开展情况对档案进行分类管理。

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	1) 辐射安全与环境保护管理机构文件	需完善
	2) 辐射安全管理规定（综合性文件）	已制定
	3) 辐射工作设备操作规程	需上墙
	4) 辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定
	5) 辐射工作人员岗位职责	需上墙

文件	6) 射线装置台账管理制度	已制定
	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	已制定
	9) 辐射工作人员培训制度(培训计划)	需完善, 细化涉II类、III类射线装置辐射工作人员学习和考核方式
	10) 辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
监测检查	1) 辐射工作场所和环境辐射水平监测记录	需落实
	2) 监测仪器比对记录或刻度档案	需落实
	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)	需落实
	4) 辐射工作场所年度监测	需落实
个人剂量	1) 个人剂量监测	需委托
	2) 剂量检测数值异常或超标的情况调查表	需制定
	3) 辐射工作人员个人计量片发放、回收记录	需制定
培训	从业人员辐射安全与防护培训/复训档案	需参加学习和考核
应急	1) 辐射事故应急预案	需完善并上墙
	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》已悬挂于辐射工作场所。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。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性,字体醒目,尺寸大小应不小于400mm×600mm。

智研科技应根据规章制度内容认真组织实施,并且应根据国家发布新的相关法规内容,结合公司实际及时对各项规章制度补充修改,使之更能符合实际需要。

三、射线装置使用能力综合评价

结合《辐射安全许可证》发放条件、原环境保护部第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、生态环境部核技术利用单位现场检查内容及原中华人民共和国环境保护部第3号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求,将本项目采用的辐射安全防护措施列于下表12-2。

表 12-2 本项目辐射安全防护设施要求表

规定的措施和制度		现有情况
固定式场所	建筑屏蔽	辐照室有实体屏蔽

设施	电离辐射警示标志	需配备
	工作状态灯显示	需配备
	隔室操作	/
	防护门	/
	门机连锁系统	/
	门灯连锁系统	/
	监控设施	需配备
	通风设施	需配备
	紧急停机按钮	需配备
	出口处紧急开门按钮	/
	准备出束声光提示	需配备
	监测设备	便携式X-γ辐射剂量监测仪
个人剂量计		需配备
个人剂量报警仪		需配备
应急物资	灭火器材	需配备

表 12-3 《辐射安全许可证》发放条件对照分析

序号	原环境保护部令第 3 号要求	项目实际情况分析
1	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	建设单位成立了辐射安全管理领导小组，具有本科及以上学历的技术人员负责辐射安全与环境保护工作。
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	建设单位组织辐射工作人员和管理人员参加辐射安全与防护专业知识培训和考核后满足。
3	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	电子加速器上设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，操作台上有紧急制动开关等。
4	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，包括个人剂量片、辐射测量等仪器	建设单位须为每个辐射工作人员配备个人剂量片，个人剂量报警仪，并配备 1 台便携式辐射监测仪，配备后满足。
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等	建设单位需按要求制定相应的规章制度，要求上墙的规章制度需按具体要求悬挂于辐射工作场所。
6	有完善的辐射事故应急措施	建设单位需制定辐射事故应急预案，并及时修订。

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于生产、使用、销售Ⅱ类射线装置的许可条件。**建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。**

四、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。

1、工作场所监测

年度监测：公司需委托有资质的单位对每个型号的自屏蔽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。

据调查，四川智研科技于2021年委托了四川瑞迪森监测技术有限公司开展了公司现有CEB-500型工业电子加速器工作场所周围辐射环境现状监测，委托了四川世阳卫生技术服务有限公司对MEB-160桌面型自屏蔽电子束装置周围进行了辐射环境现状监测，根据监测报告，射线装置屏蔽体外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）的相关要求。

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。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定包含拟调试出厂的每台自屏蔽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。

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12-4）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 12-4 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
电子加速器	X-γ空气吸收剂量率	委托有资质的单位进行监测，每个型号每年 1/次；调试过程中每台设备自行开展辐射监测 1 次；验收监测 1 次	操作位、辐照室四周、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落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与公司监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/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完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，建设单位需定期和不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查。

3、个人剂量检测

个人剂量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》的重要组成部分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，智研科技 2021 委托了四川世阳卫生技术服务有限公司开展个人剂量计的检测，智研科技提供了 2021 年连续四个季度个人剂量检测报告（附件 9），且无单季度个人剂量超过 1.25mSv，辐射工作人员年剂量值均未超过 5mSv 的情况，符合管理要求。

4、年度评估报告情况

公司应于每年 1 月 31 日前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》的重要组成部分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，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

一、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，建设单位需制订辐射事故应急预案。

建设单位辐射事故应急预案内容应包括：应急机构和职责分工，应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，同时向公司主管领导和辐射安全领导小组组长报告。

（2）建设单位根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措

施。

(3) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告，造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：扩建生产、销售和使用自屏蔽电子加速器项目

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

建设内容：四川智研科技有限公司拟在新厂区生产、销售和调试（使用）CEB-500 型工业电子加速器、CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器、MEB120、MEB-160、MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置，均属于 II 类射线装置，主要工作场所包括大设备调试区和小设备调试区等。拟在大设备调试区内生产、调试（使用）CEB-500 型工业电子加速器（最大电子线能量为 0.5MeV、最大电子束流为 200mA、主射束朝向底部），年最大生产、销售、调试（使用）50 台，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；CEB-200 型自屏蔽工业电子加速器（最大电子线能量为 0.2MeV、最大电子束流为 500mA、主射束朝屏蔽体左侧），年最大生产、销售、调试（使用）50 台，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 1h。小设备调试区内生产、调试（使用）MEB120 桌面型自屏蔽电子束装置（最大电子线能量为 0.12MeV、最大电子束流为 20mA、主射束朝向底部）、MEB-160 桌面型自屏蔽电子束装置（最大电子线能量为 0.16MeV、最大电子束流为 20mA、主射束朝向底部）和 MEB-200 桌面型自屏蔽电子束装置（最大电子线能量为 0.2MeV、最大电子束流为 20mA、主射束朝向底部），年最大生产、销售、调试（使用）各 50 台，单台射线装置车间内调试最长出束时间均为 4h，客户厂区内调试维修最长出束时间均为 1h。

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（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起施行）、《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（中华人民共和国

国家发展和改革委员会第 49 号，2021 年 12 月 30 日实施），电子加速器辐照应用属于鼓励类“六、核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，是国家鼓励发展的新技术应用项目。

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石马工业集中区新厂区内。该厂房在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）；包含厂房在内的建设项目通过了环境影响评价，并取得了批复文件；本项目用地在建设用地红线范围内，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 78~87nGy/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：本项目施工工程量较小，周期较短，施工结束后影响即可消除，对周围环境影响较小。

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，本项目辐射工作人员年最大附加有效剂量为 2.76mSv/a，周围公众年最大有效剂量为 6.18×10^{-2} mSv/a，均满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对电子加速器辐照室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

建设单位按照环评报告落实后，对本项目电子束装置和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

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内建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

建议和承诺

一、要求

- 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、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 3、按照规定组织辐射工作人员和管理人员按照生态环境部2019年第57号公告的要求，自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。
- 4、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前通过辐射安全申报系统上报至四川省生态环境厅，上报内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。
- 5、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。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、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。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的相关要求，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家，组建验收组完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1。

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
设备调试区	场所与警示	调试工作场所划分为监督区和控制区	2套
		工作状态指示灯	2套
		灯光和声音报警指示标识	2套
		应急照明	2套
		调试区内视频监控系统	1套
	安全连锁	红外线防误入连锁	1套
		场所辐射剂量连锁	1套
	剂量监测	固定式多探头辐射剂量监测仪	1套
		个人剂量计	10套
		便携式辐射剂量监测仪	1套
其他	大设备调试区排风系统	1套	
电子加速器	实体防护	屏蔽体（含防护门）	1套/台
	出入口控制	辐照室电离辐射警示标志	1套/台
		设备工作状态指示灯	1套/台
	安全连锁	控制柜与工业电子加速器钥匙控制	1套/台
		屏蔽体与加速器高压触发连锁	1套/台
		屏蔽体与束流控制连锁	1套/台
		加速器开机前声、光报警	1套/台
		传输系统与束流连锁	1套/台
		设备上紧急停机（复位）按钮	1套/台
		控制柜紧急停机（复位）按钮	1套/台
在线辐射剂量率监测仪	1套/台		
排风	排风管道	若干	
	低噪声风机	1套/台	
其他	废水收集处理设施	1套	
	灭火器材	2套	
	一般固体废物的分类贮存设施	1套	
	生活垃圾收集设施	1套	

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）、

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（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）本项目配套建设的环境保护设施竣工后，需在 3 个月内完成项目自主验收。

（4）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、根据原环保部《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）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对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；②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；③建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，且向项目所在地环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。