

编号：ZFHK-FB21220104

核技术利用建设项目

中金辐照成都有限公司
扩建电子加速器辐照灭菌项目
环境影响报告表
(送审稿)

中金辐照成都有限公司

2022年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中金辐照成都有限公司
扩建电子加速器辐照灭菌项目
环境影响报告表

建设单位名称：中金辐照成都有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号

邮政编码：611900

联系人：***

电子邮箱：***

联系电话：***

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	10
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	18
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	38
表 12 辐射安全管理	57
表 13 结论与建议	65
表 14 审批	72

附图

附图 1 地理位置图

附图 2 周边环境概况图

附图 3 厂区总平面布局图

附图 4 厂区总平面布局效果图

附图 5 新建二期厂房内加速器机房一层（辐照室）平面布置图

附图 6 新建二期厂房内加速器机房二层（主机室）平面布置图

附图 7 辐照室两区划分图

附图 8 主机室两区划分图

附图 9 辐照室安全装置布置图

附图 10 主机室安全装置布置图

附图 11 应急演练照片

附图 12 现场照片

附件

附件 1 委托书

附件 2 营业执照

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 项目备案表

附件 5 土地证

附件 6 原有项目环评批复及验收意见

附件 7 防护领导小组成立文件

附件 8 辐射安全与防护管理规章制度

附件 9 事故应急预案

附件 10 2021 年度评估报告

附件 11 现有辐射工作场所辐射防护监测报告

附件 12 年度个人剂量监测报告

附件 13 培训证书

附件 14 注册核安全工程师证书

附件 15 环境本底监测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称	扩建电子加速器辐照灭菌项目				
建设单位	中金辐照成都有限公司 (统一社会信用代码: 915101825875523994)				
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址	四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号				
项目建设地点	四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号中金辐照成都有限公司拟建二期厂房内				
立项审批部门	彭州市行政审批局		批准文号	川投资备【2201-510182-07-02-208082】JXQB-0024 号	
建设项目总投资(万元)	4500	项目环保投资(万元)	870	投资比例(环保投资/总投资)	19.3%
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)	5218
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 type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
1.1 项目概述及项目由来					
1.1.1 建设单位情况					
<p>中金辐照股份有限公司(统一社会信用代码: 915101825875523994, 以下简称“中金辐照”)是中国黄金集团公司的下属公司, 其前身为中金辐照有限公司, 于 2003 年 8 月在深圳设立, 2011 年 8 月完成股份制改造, 负责集团公司辐照产业的经营和管理工作, 主要从事辐照加工及技术服务。中金辐照是中国钴-60 辐射消毒灭菌行业龙头企业, 占国内 20 %以上的辐照加工份额, 是亚洲最大、世界第四的辐射消毒灭菌服务供应商。</p>					

中金辐照成都有限公司于 2011 年 12 月在成都彭州市设立，是中金辐照股份有限公司的控股子公司。

目前，中金辐照成都有限公司已取得生态环境部核发的《辐射安全许可证》（国环辐证[00395]），许可的种类和范围：使用 I 类、V 类放射源，有效期至 2023 年 9 月 30 日。

1.1.2 项目由来

近年来成都区域医疗产品、各种食品及调味品的辐照需求大幅增长，中金辐照成都有限公司现有的钴源已经完全不能满足客户的需求，根据公司发展需要，企业拟在厂区内预留用地新建二期厂房，并在二期厂房内建设 2 间电子加速器机房，购置 2 台 10MeV 电子加速器用于辐照灭菌，主要满足企业对外提供辐照灭菌服务的需求，辐照对象主要为医疗产品、各种食品及调味品等。

扩建电子加速器辐照灭菌项目于 2022 年 1 月 21 日经彭州市行政审批局备案，备案号为：川投资备【2201-510182-07-02-208082】JXQB-0024 号。详见附件 4。

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目新建厂房不涉及环境敏感区，因此不纳入建设项目环境影响评价管理。对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目电子加速器属于工业辐照用加速器，为 II 类射线装置。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”：“172 核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，应编制辐射环境影响报告表。为此，中金辐照成都有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“扩建电子加速器辐照灭菌项目（简称‘本项目’）”的环境影响评价工作。

在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.2 项目建设内容及规模

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

- （1）项目名称：中金辐照成都有限公司扩建电子加速器辐照灭菌项目
- （2）建设单位：中金辐照成都有限公司

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设地点：四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号中金辐照成都有限公司

1.2.2 项目建设内容与建设规模

中金辐照成都有限公司拟在厂区内预留用地新建二期厂房（建筑面积 5218m²），在二期厂房中部区域建设 2 间电子加速器机房及其辅助用房，购置 2 台 10MeV 电子加速器，用于物品辐照灭菌、消毒。机房四周为二期厂房操作大厅，主要为工作人员转运和堆放已辐照和未辐照物品区域，二期厂房最北侧设置有地下消防水池。

2 台电子加速器型号均为 IS1024，电子束最大能量 10MeV，束流强度 2.4mA，主束方向由上向下，属于 II 类射线装置。

2 间加速器机房南北并列，加速器机房为二层混凝土结构，首层为辐照室及控制室、剂量测量室和配电室等辅助用房，二层为主机室及备件间、电气设备间、排风机房等辅助用房。加速器装置主要放置于二层主机室，线状高能电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。

1 号加速器机房一层辐照室有效面积约 140m²，东侧防护墙为 3000mm 混凝土，南侧防护墙为 3500-4100mm 混凝土，西侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土，北侧防护墙为 2200-2800mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土。一层控制室有效面积约 39.7m²（12.8m×3.1m），剂量测量室有效面积约 18.4m²（5.4m×3.4m），配电室有效面积约 24.1m²（7.1m×3.4m），1、2 号加速器机房共用控制室。

1 号加速器机房二层主机室有效面积约 26m²，东侧防护墙为 2400mm 混凝土，南侧为“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，西侧防护墙为 2400mm 混凝土，北侧防护墙为 2200mm 混凝土，顶棚为 1500mm 混凝土。1 号加速器机房二层备件间有效面积约 24.4m²（10.6m×2.3m），电气设备间有效面积约 64.5m²（12.9m×5m），排风机房有效面积约 32.4m²（8m×4.05m）。

2 号加速器机房一层辐照室有效面积约 140m²，东侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土，南侧防护墙为 2200-2800mm 混凝土，西侧防护墙为 3000mm 混凝土，北侧防护墙为 3500-

4100mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土。

2 号加速器机房二层主机室有效面积约 26m²，东侧防护墙为 2400mm 混凝土，南侧防护墙为 2200mm 混凝土，西侧防护墙为 2400mm 混凝土，北侧为“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，顶棚为 1500mm 混凝土。2 号加速器机房二层备件间有效面积约 24.4m²(10.6m×2.3m)，电气设备间有效面积约 64.5m²(12.9m×5m)，排风机房有效面积约 32.4m²(8m×4.05m)。

1.2.3 项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 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	
		施工期	运营期
主体工程	<p>中金辐照成都有限公司拟在厂区内新建二期厂房（建筑面积 5218m²），在二期厂房中部区域建设 2 间电子加速器机房及其辅助用房，购置 2 台 10MeV 电子加速器，用于物品辐照灭菌、消毒。机房四周为二期厂房操作大厅，主要为工作人员转运和堆放已辐照和未辐照物品区域，二期厂房最北侧设置有地下消防水池。</p> <p>经与建设单位核实，2 台电子加速器型号均为 IS1024，电子束最大能量 10MeV，束流强度 2.4mA，主束方向由上向下，属于 II 类射线装置。</p> <p>1 号加速器机房一层辐照室有效面积约 140m²，东侧防护墙为 3000mm 混凝土，南侧防护墙为 3500-4100mm 混凝土，西侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土，北侧防护墙为 2200-2800mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土。</p> <p>1 号加速器机房二层主机室有效面积约 26m²，东侧防护墙为 2400mm 混凝土，南侧为“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，西侧防护墙为 2400mm 混凝土，北侧防护墙为 2200mm 混凝土，顶棚为 1500mm 混凝土。</p> <p>2 号加速器机房一层辐照室有效面积约 140m²，东侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土，南侧防护墙为 2200-2800mm 混凝土，西侧防护墙为 3000mm 混凝土，北侧防护墙为 3500-4100mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土。</p> <p>2 号加速器机房二层主机室有效面积约 26m²，东侧防护墙为 2400mm 混凝土，南侧防护墙为 2200mm 混凝土，西侧防护墙为 2400mm 混凝土，北侧为“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，顶棚为 1500mm 混凝土。</p>	<p>施工产生的扬尘、建筑垃圾、噪声、废水、生活垃圾等；</p> <p>设备包装废物、射线装置安装调试阶段产生 X 射线、少量臭氧、氮氧化物等污染物。</p>	<p>X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声</p>
辅助工程	<p>1 号和 2 号加速器机房共用一层控制室，控制室有效面积约 39.7m²(12.8m×3.1m)，剂量测量室有效面积约 18.4m²</p>		<p>生活垃圾、生活</p>

	(5.4m×3.4m)，配电室有效面积约 24.1m ² (7.1m×3.4m)，1、2号加速器机房共用控制室。 1号加速器机房二层备件间有效面积约 24.4m ² (10.6m×2.3m)，电气设备间有效面积约 64.5m ² (12.9m×5m)，排风机房有效面积约 32.4m ² (8m×4.05m)。 2号加速器机房二层备件间有效面积约 24.4m ² (10.6m×2.3m)，电气设备间有效面积约 64.5m ² (12.9m×5m)，排风机房有效面积约 32.4m ² (8m×4.05m)。			废水
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统依托厂区现有设施。			/
环保工程	废水处理	本项目运行期间产生的少量生活污水经化粪池预处理后纳入市政污水管网。		生活污水
	废气处理	2间辐照室均设计有机排风系统，风管入口在辐照室内（加速器正下方，辐照室与主机室共用通风系统），风管向地下延伸 1.5 米，并在地下经过 2 道直角弯，从地下穿过辐照室的混凝土墙，在紧邻混凝土墙外侧部分连接排气筒，排气筒高 22 米。加速器辐照室设计通风量为 14400m ³ /h，辐照室容积约 280m ³ ，通风次数达到 51 次/h。		臭氧、氮氧化物
	固废处理	本项目运行期间产生的生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门清运。		生活垃圾

1.2.4 主要原辅材料

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	年最大消耗量	来源	用途	备注
能源	电	4×10 ⁵ kW·h	城市电网	机房及辅助用房用电	/
水	生活用水	140m ³	城市生活用水管网	生活用水	/

1.2.5 主要设备配置及主要技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表1-3。

表1-3 本项目主要设备配置及主要技术参数

装置名称	型号	数量	类别	加速粒子	最大能量	束流强度	用途
电子加速器	IS1024	2台	II	电子	10MeV	2.4mA	辐照灭菌

1.2.6 定员及工作制度

本项目拟新增辐射工作人员 8 人，拟从社会招聘或从公司现有员工调配经培训考核合格后上岗。本项目辐射工作人员实行四班三倒制，每班配 2 名辐射工作人员，其中 1 人负责加速器控制操作，1 人负责加速器运行前清场及巡检。

根据建设单位提供的资料，预计加速器采用连续作业方式，单台每天工作（出束）24h，年平均运行时间 350 天，单台全年出束为 8400h。

1.2.7 产业政策符合性

经对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），本项目属于“六、核能 6 同位素、加速器及辐照应用技术开发”，为鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.3 项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

1.3.1 项目外环境关系分析

（1）外环境关系

中金辐照成都有限公司位于四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号，东侧为四川亨博智能制造有限公司，南侧为四川博凯消防有限公司和杰琪塑胶有限公司，西侧为成都贤隆电器有限公司，北侧为规划工业用地。地理位置见附图 1，项目周边环境概况见附图 2。

（2）项目外环境关系

二期厂房东、南、北侧外均为厂区绿化和厂区围墙，西侧紧邻一期厂房。加速器机房共两层，一层为辐照室及控制室、剂量测量室和配电室等辅助用房，二层为主机室及备件间、电气设备间、排风机房等辅助用房。机房四周除北侧紧邻机房控制室和剂量测试室，其余各侧均为二期厂房操作大厅。

加速器机房东侧 20m 处为亨博智能制造有限公司厂房，南侧 33m 处为博凯消防有限公司和杰琪塑胶有限公司厂房，西侧为 15m 处为一期厂房，西北侧 52m 处为生产及配套楼。周边环境概况详见附图 2，厂区总平面布局图见附图 3，二期厂房平面布置图见附图 5。

1.3.2 项目选址合理性分析

本项目所在地为中金辐照成都有限公司预留用地，用地性质为工业用地（建设单位土地证见附件 5），符合彭州市城市总体规划。

加速器机房周围 50m 范围内主要为厂区内部建筑物以及东侧四川亨博智能制造有限公司厂房、南侧四川博凯消防有限公司和杰琪塑胶有限公司厂房，无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜、水源保护区等环境敏感点，所开展的核技术利用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

1.3.3 实践正当性分析

本项目的目的是开展医疗产品、各种食品及调味品的辐射灭菌、消毒等辐照加工

服务，本项目建成后可拓展中金辐照成都有限公司市场优势，增强核心竞争力，并给企业带来更多的经济效益和社会效益，带动相关产业的发展。本项目实践过程中采取了可靠的辐射防护措施，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，其所获利益远大于可能因辐射实践所造成的损害，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。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 原有核技术利用许可情况

中金辐照成都有限公司已取得生态环境部核发的《辐射安全许可证》（国环辐证[00395]），许可的种类和范围：使用 I 类、V 类放射源，有效期至 2023 年 9 月 30 日。

中金辐照成都有限公司现有核技术利用项目的环评、许可和验收等情况见表 1-4。建设单位现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现环境遗留问题。同时，经建设单位证实，中金辐照成都有限公司开展钴源辐照多年，目前未发生过辐射安全事故。

表1-4 已获许可使用放射源

序号	名称	类别	活动种类	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	工作场所名称	环评	验收情况
1	⁶⁰ Co	I 类	使用	1.11×10 ¹⁷	辐照室	川环审批 [2013]89 号	川环核验 [2014]25 号
2	¹³⁷ Cs	V 类	使用	3.7×10 ⁵	辐照室	川环审批 [2013]89 号	川环核验 [2014]25 号

1.4.2 原有核技术利用项目管理情况

(1) 建设单位已成立了安全、环保、职业病防护管理领导小组及辐射安全与环境保护管理办公室，管理领导小组中由王志新（董事长/党支部书记）担任组长，张廷良（总经理）担任副组长，组员为张锦海、吴杰、徐春焕、肖俭、杨小平。领导小组分工明确，制定了一系列的辐射安全与防护管理规章制度、辐射安全与防护设施操作规程和事故应急预案。

建设单位现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。建设单位严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

建设单位目前配置的领导小组人员学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能

力，且根据《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发〔2015〕40号），建设单位为非医疗使用 I 类源单位，已配备有 2 名注册核安全工程师（骆明刚、杜银）作为辐射防护负责人（辐射安全关键岗位）。

本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前建设单位的管理人员也能满足配置要求。

（2）建设单位现有辐射工作人员共 11 名，均配备了个人剂量计，建设单位各辐射工作人员 2020 年 7 月~2021 年 7 月一整年度的个人剂量检测结果表明，建设单位现有辐射工作人员个人年剂量监测结果最大为 0.27mSv，满足职业人员年剂量 5mSv 的约束限值，符合剂量约束值的要求。

（3）建设单位严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度，现有辐射工作人员共 11 名，其中 6 名参加了中级辐射安全与防护培训班学习，取得了《辐射安全培训合格证》，其中 5 名已在生态环境部培训平台进行培训，取得核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩报告单，均在证书有效期内。

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号），建设单位应按期对现有辐射工作人员进行复训。

（4）建设单位现有 ^{60}Co γ 辐照装置工作场所已按《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB 17568-2019）设置了相关辐射防护措施，包括源升降装置、辐照室人员通道门和货物通道门钥匙控制联锁；辐照室人员通道门和货物通道门张贴电离辐射警告标示，上方设置源状态指示灯及报警音响；辐照室内设紧急降源和开门按钮，控制台上紧急停止按钮；钴源升降机构与出入口门、光电、固定式辐射监测仪等联锁系统等

建设单位根据项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

（5）建设单位每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，建设单位现有 ^{60}Co γ 辐照装置工作场所周边 γ 辐射剂量率及贮源井水总放射性监测结果均满足相关标准要求，建设单位现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

（6）辐射应急演练和年度评估

建设单位已制定有《事故应急预案》，建设单位均定期开展辐射事故应急演练，

并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。建设单位于 2021 年 11 月 26 日进行了辐照装置发生火灾事故应急演练，并编制《辐照装置发生火灾事故应急演练总结报告》。经建设单位核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

建设单位执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射源辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射源台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

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	
					以下空白				

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	实际日最大用量 (Bq)	日等效操作量(Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	来源
						以下空白					

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	装置名称	类别	数量	型号	加速粒子	电子束最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II	2	IS1024	电子	10	2.4mA	辐照灭菌	加速器机房	新购

(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	装置名称	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
以下空白									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
以下空白													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃	气体	/	少量	少量	/	/	经排气筒由车间 厂房屋顶排放
NO _x	气体	/	少量	少量	/	/	经排气筒由车间 厂房屋顶排放

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 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日起施行);</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 48 号 2016 年修订, 2016 年 9 月 1 日起施行)及《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》(第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议, 2018 年 12 月 29 日);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(5)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(中华人民共和国生态环境部令第 16 号), 自 2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日起施行);</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环保总局第 31 号令; 根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正; 根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正; 根据 2020 年 12 月 25 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正, 2021 年 1 月 4 日起施行);</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行);</p> <p>(9)《关于发布射线装置分类的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日起施行);</p> <p>(10)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(国家环保总局, 环发[2006]145 号)。</p> <p>(11)《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过, 2016 年 6 月 1 日起施行)。</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)《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018);</p> <p>(4)《辐照加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T25306-2010);</p> <p>(5)《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002);</p> <p>(6)《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)。</p> <p>(7)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(8)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(9)《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) 委托书;</p> <p>(2) 建设单位提供的其它相关技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定本项目的评价范围为本项目电子加速器机房屏蔽墙边界外 50m 区域。

7.2 保护目标

根据《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发 2018 年 24 号），四川省生态保护红线总面积 14.80 万平方公里，占全省幅员面积的 30.45%。空间分布格局呈“四轴九核”，分为 5 大类 13 个区块，主要分布在川西高原山地、盆周山地的水源涵养、生物多样性维护、水土保持生态功能富集区和金沙江下游水土流失敏感区、川东南石漠化敏感区。

本项目位于四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号，不涉及四川省生态保护红线，具体见图 7.2-1。

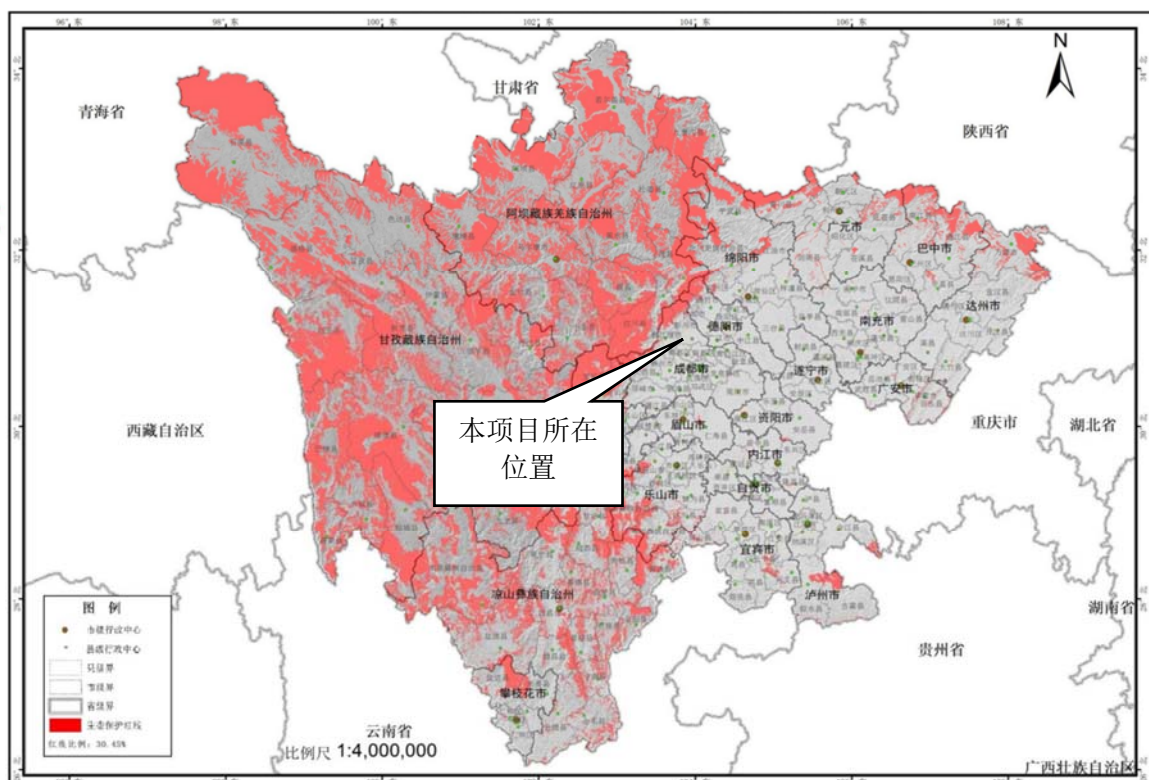


图 7.2-1 四川省生态保护红线分布图

本项目的环境保护目标为加速器机房周围活动的辐射工作人员和厂区内非辐射工作人员及周围公众成员。根据项目周边环境调查，本项目加速器机房墙体外 50m 范围内

无居民、学校、自然保护区、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。

表 7-1 项目评价范围内保护目标一览表

场所位置	保护对象	规模	与机房相对方位	与机房相对距离	年剂量约束值	
本公司厂区	控制室职业人员	4 人	北侧	紧邻	5mSv	
	巡检职业人员	4 人	四周	紧邻		
	厂区内非辐射工作人员	二期厂房操作大厅	约 20 人	四周	紧邻	0.1mSv
		一期厂房	约 50 人	西侧	约 15m	0.1mSv
厂区外	亨博智能制造有限公司人员	约 100 人	东侧	约 20m	0.1mSv	
	博凯消防有限公司人员	约 100 人	南侧	约 33m	0.1mSv	
	杰琪塑胶有限公司人员	约 100 人	南侧	约 33m	0.1mSv	

7.3 评价标准

7.3.1 环境质量标准

(1) 环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及其修改清单中二级标准。

(2) 地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准。

(3) 声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中3类标准。

7.3.2 污染物排放标准

(1) 废气：施工期大气执行《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB512682-2020)表1要求；运行期氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的二级标准；臭氧排放执行《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中臭氧最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(2) 废水：生活污水执行《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限值》(GB12523-2011)各阶段标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的3类标准。

(4) 固体废物：执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)。

7.3.3 剂量限值和剂量约束值

(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 辐射防护原则的规定，辐射工作人员年有效剂量约束值为5mSv。

（2）公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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 辐射防护原则的规定，公众成员年有效剂量约束值为0.1mSv。

7.3.4剂量控制水平

辐射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）有关规定，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 2.5 μ Sv/h。如屏蔽体外为社会公众区域，屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

中金辐照成都有限公司位于四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号，拟在厂区内预留用地新建二期厂房，并在二期厂房内配套建设 2 间电子加速器机房及其辅助用房。

为掌握项目所在地辐射水平，本次评价委托浙江建安检测研究院有限公司对本项目机房所在位置及周围的辐射环境进行了监测，监测布点见图 8-1，监测结果见表 8-2。

8.2 辐射环境本底监测方案

8.2.1 环境现状评价对象

中金辐照成都有限公司拟建二期厂房周边及拟建机房位置

8.2.2 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率

8.2.3 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2022 年 2 月 18 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测依据：
 - ① 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
 - ② 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：温度：7℃；相对湿度：59%。
- (8) 监测报告编号：GABG-HJ21380122
- (9) 监测设备

表 8-1 监测设备基本情况

仪器名称	环境监测 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess

仪器编号	05037405
能量范围	20KeV~7MeV 的 X、 γ 射线
剂量率范围	10nSv/h~100 μ Sv/h (模拟), 1nSv/h~99.9 μ Sv/h (数字)
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书	DLj12021-16347
检定有效期	2021 年 07 月 30 日~2022 年 07 月 29 日

8.2.4 质量保证措施

①结合现场实际情况及监测点的可达性,在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对集中的区域及周边建筑布设监测点位,充分考虑监测点位的代表性和可重复性,以保证监测结果的科学性和可比性。

②根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)采用即时测量方法进行测量。

③监测仪器每年定期经有资质的计量部门检定,检定合格后方可使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤本次监测委托浙江建安检测研究院有限公司开展,该公司持有浙江省质量技术监督局认定的检验检测机构资质认定证书(证书编号:161101060970),监测实行全过程的质量控制,严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行,监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

⑥监测报告严格实行三级审核制度,经校核、审核,最后由技术总负责人审定。

8.3 监测点位及结果

监测点位合理性分析:本项目机房尚未建设,监测期间本项目拟建场所为建设单位预留用地,本次监测在拟建工作场所及周边布设了监测点,评价范围内共布设了 5 个点位,所布点位能反映本项目评价范围内拟建场所的辐射环境现状水平。因此,监测点位布设是合理的。

辐射环境现状监测结果见表 8-2,监测布点图见图 8-1。

表 8-2 辐射环境现状监测结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)
1	拟建机房位置	110 \pm 3
2	拟建二期厂房东侧	125 \pm 2
3	拟建二期厂房南侧	120 \pm 3
4	拟建二期厂房西侧	109 \pm 1

5	拟建二期厂房北侧	117±5
---	----------	-------

- 注： 1、测量时探头距离地面约 1m；
 2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；
 3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.13，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20 Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 30nGy/h。
 4、监测时，现有钴源处于工作状态。

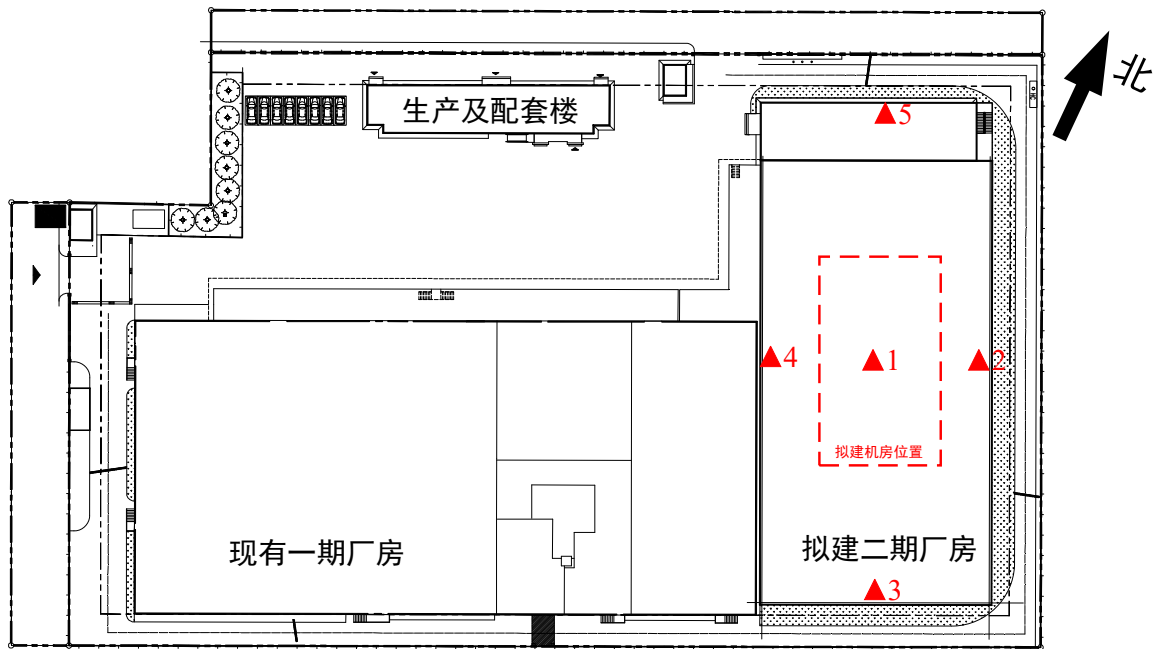


图 8-1 监测点位图

本项目 γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 $109\pm 1\text{nGy/h} \sim 125\pm 2\text{nGy/h}$ （未扣除仪器对宇宙射线的响应值为 $139\pm 1\text{nGy/h} \sim 155\pm 2\text{nGy/h}$ ），本项目拟建区域内 γ 辐射空气吸收剂量率水平与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量公报》（2021 年 6 月）中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果 $67.5\text{nGy/h} \sim 121.3\text{nGy/h}$ （未扣除仪器对宇宙射线的响应值）处于同一水平，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

9.1 施工期工艺流程简述

本项目拟在厂区内预留用地新建二期厂房，并在二期厂房内配套建设 2 间电子加速器机房。项目施工期内容主要为土建施工，厂房装修、机房装修（含防护门、传送装置，视频、监控、对讲以及联锁装置等安全装置安装，配套用房装修），射线装置的安装调试等内容，整个工期为 3 月。

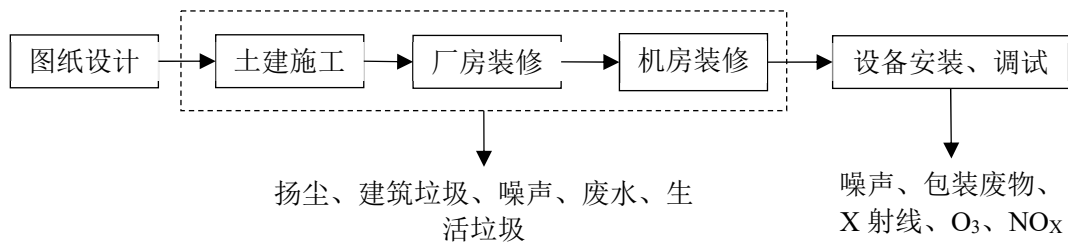


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节

本项目施工期污染物主要包括：

（一）扬尘

施工过程中会产生扬尘，主要是土建过程中产生的扬尘。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

（二）噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程中防止机械噪声的超标。

（三）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托厂区现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

（四）固体废物

施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。施工产生的废弃物应妥善保管，及时回收处理。

（五）设备安装调试

设备安装调试过程中主要污染包括设备的包装废物和调试时产生的 X 射线。安

装过程中产生的包装废物由环卫工人运走统一清运，设备的安装调试均在已建成的加速器机房内完成，届时屏蔽墙等屏蔽措施已建成，具有足够的辐射屏蔽能力，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，不会对环境产生明显影响。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 工程设备

中金辐照成都有限公司拟购置 2 台 10MeV 电子加速器，并建设 2 间加速器机房及配套建设控制室、剂量测量室等辅助用房。机房为两层混凝土结构，由一层辐照室和二层的主机室组成，中间由主射孔联通，加速器装置的主要部分安装在二层主机室内，粒子引出系统位于加速器装置机身正下方，通过二层楼板伸向一层的辐照室。接受辐照的灭菌物品通过自动传送系统从入口经迷道进入辐照室，到达粒子引出系统正下方的电子束有用线束范围内进行辐照灭菌，之后又经过迷道从辐照室的出口离开辐照室。加速器参数见表 9-1。

表 9-1 本项目电子加速器参数

生产厂家	江苏同威信达技术有限公司
设备型号	IS1024
电子束最大能量	10MeV
束流强度	2.4mA
侧向屏蔽等效能量	6MeV
电子束平均功率	24kW
束流扫描宽度	400~800mm
束流扫描频率	5~20Hz
束流损失率	2%
束流损失点能量	3MeV
钛窗距辐照物体距离	0.2~0.7m
主射束方向	向下
加速器年工作时间	8400h/台

9.2.2 工作原理

辐照灭菌是指利用能量低于 5MeV 的 X 射线和 10MeV 以下的电子束等对农副产品、医疗卫生用品等进行消毒灭菌的辐射处理。

电子加速器是使用微波电磁场加速电子，电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束的设备。工业辐照电子加速器产生的高能电子束，作用于被照加工物品，与被照加工物品相互

作用产生物理效应、化学效应和生物效应，对被照加工物品进行可控处理，达到材料改性、消毒灭菌等目的。

本项目电子加速器工作原理为：速器工作原理可概括为：脉冲调制器将市电转变成约 12kV 高压脉冲，再通过脉冲变压器变压为 120kV 左右的高压脉冲，并提供给速调管，速调管在微波激励源激励下产生频率约为 2856MHz、峰值达 5MW 的微波脉冲，该微波功率经过波导、波导窗馈入到返波加速管中，建立加速电场；脉冲变压器枪压抽头同时给加速管的电子枪提供 22kV 高压，将电子从电子枪的阴极上拉出来，进入加速管的加速腔中，电子与加速腔中的轴向电场相互作用，并从其中吸收能量，使电子的能量得到提高，最终能量达到 10MeV。电子经过漂移管进入扫描盒，在扫描磁场作用下形成扇形束，透过钛膜打到物品上，进行辐照加工。

加速器装置的主要部分安装在二层的主机室内，粒子引出系统位于加速器装置机身正下方，通过二层楼地板伸向首层的辐照室。而接受辐照的物品通过传输装置从入口经迷道进入辐照室，到达粒子引出系统正下方的电子束有用线束范围内进行辐照，之后又经过迷道从辐照室的出口离开辐照室。

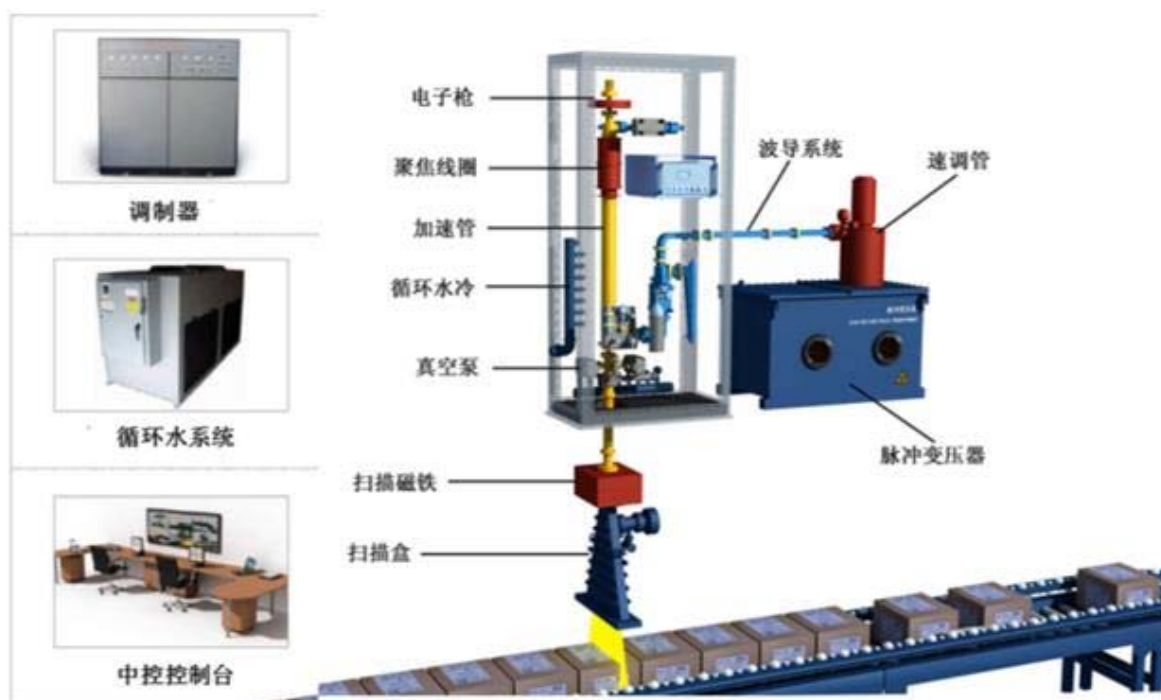


图 9-1 典型高频高压电子加速器示意图

9.2.3 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。

电子加速器辐照装置由 5 个部分组成：

(1) 电子加速器分系统

包括辐照机头机柜、扫描盒、脉冲变压器、速调管及线圈、调制器、控制与电源柜、恒温水系统等；

(2) 传送装置分系统

包括束下板链输送段、90° 弯道输送段、辊筒、精准传送系统、直道输送段、自动物品对中装置、关键驱动装置屏蔽体、密排系统；

(3) 电气控制系统

包括设备配电柜、设备控制柜、设备变频器柜、伺服驱动柜、分布式控制柜位置传感器等；

(4) 安全联锁及监控等安全防护系统；

(5) 系统运行管理软件。

9.2.4 辐照加工工艺流程

本次评价项目主要对物品进行辐照，以达到消毒、灭菌的目的，其工艺流程主要为：

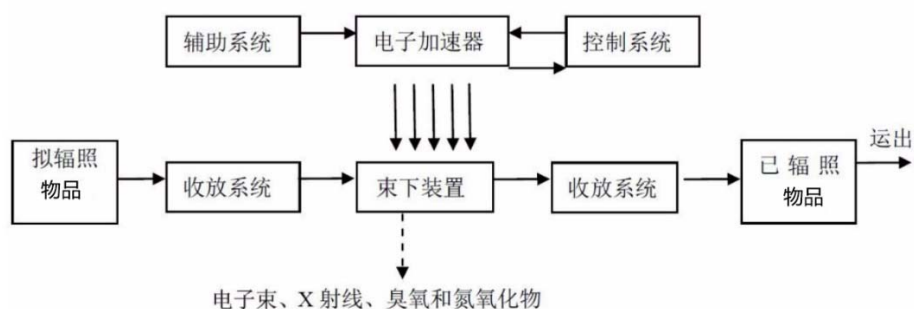


图 9-2 辐照加速器工作流程及产污环节示意图

①对待辐照加工物品进行实验分析，得出所需的辐照剂量范围。

②辐射工作人员做开机前准备，对现场及辐照装置进行安全检查，搬运工人准备搬运货物。

③辐射工作人员根据实验得出的剂量大小设置机器参数和输送线传输速度。

④处于辐照室外的搬运工人将待辐照加工物品搬运至收放系统输送带，辐射工作

人员启动输送并启动加速器辐照装置开始辐照。

⑤经过辐照后的物品由收放系统输送带自动传送至辐照室外，由搬运工人从传送带上卸货。

加速器工作时，设备操作人员位于控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况，装卸货物的工人位于辐照室外装卸货区。加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留。所有需要加工的物品都是通过收放系统输送带输送至束流中心辐射区进行辐照灭菌。

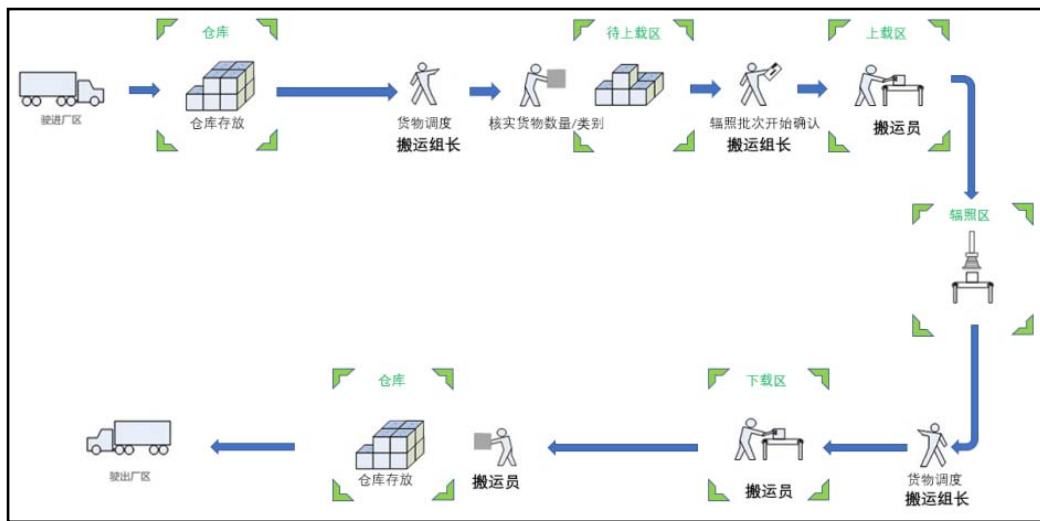


图 9-3 辐照室运行期搬运工人工作示意图

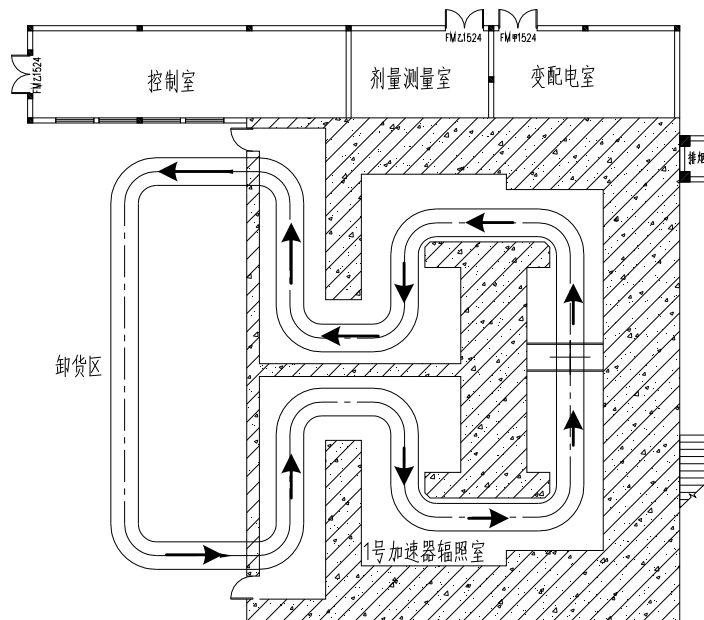


图 9-4 传送装置工作示意图

本项目辐照室物品输入和输出均由自动传送系统完成，传送系统传送带的装卸货区域距离辐照室约 5m，装卸货工作在此区域将需辐照物品及辐照后的物品从传送系

统上载或下载。

9.2.5 工作负荷及人员配置

建设单位预计加速器辐照装置采用连续作业方式，每天工作（出束）24h，平均年运行时间为350天。全年辐照装置出束为8400h。

本项目劳动定员8人，采取四班三倒工作制，轮班上岗，每班2人。每组辐射工作人员年受照时间为 $350d \times 8h/d \times 3/4 = 2100h$ ，公众主要为建设单位厂区内工作人员和厂区外其他单位工作人员，受照时间按 $350d \times 8h/d = 2800h$ 考虑。

9.2.6 污染因子

（1）X射线和电子束

电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X射线），X射线是电子加速器辐照装置辐射防护设计中的主要辐射源。

电子加速器在运行时可能产生高能电子束，因其贯穿能力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束也能得到足够的屏蔽。

本项目使用的电子加速器能量为10MeV，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），不需要考虑所产生的中子防护问题。

（2）非放射性污染因子

①废气

X射线的强电离辐射作用于空气会产生一定量的臭氧和氮氧化物（氮氧化物的产额约为臭氧的1/3）。加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。其中臭氧的毒性最大，产额最高，不仅会对人体产生危害，同时能使橡胶等材料加速老化。加速器机房在良好通风条件下，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。

②废水

加速器自带冷却水循环系统，其使用的冷却水为纯净水，不会在管壁结垢也不会腐蚀设备，循环使用不外排（需定时补充纯净水）。

本项目运行期废水主要为工作人员的生活污水，本项目共拟配置工作人员8人。生活用水按每人每天100L计，则生活污水产生量为 $0.8m^3/d$ ， $280m^3/a$ 。

③固废

本项目运营期固废主要为工作人员的生活垃圾，本项目共拟配置工作人员8人。

生活垃圾每天产生量约 0.5kg/人，生活垃圾产生量为 4kg/d，1.4t/a。

④噪声

本项目噪声源主要为设备和风机运行噪声，设备选用低噪声设备，设备噪声源强约为 65dB (A)，风机噪声源强约 75dB (A)。

9.3 事故工况下污染途径

(1) 巡检人员忘记按下巡检开关或者紧急止动开关，还未全部撤出辐照室，操作人员启动加速器进行辐照，造成巡检人员被误照，引发辐射事故。

(2) 加速器需要检修时，检修人员作业前将控制室钥匙拔下后，加速器就无法被启动，但如果忘记拔掉钥匙，而操作人员因为违反操作规程启动加速器，检修人员被误照射。

(3) 有人员滞留于辐射室内，操作人员违反操作规程，未进行巡检就启动加速器，导致人员被误照射。

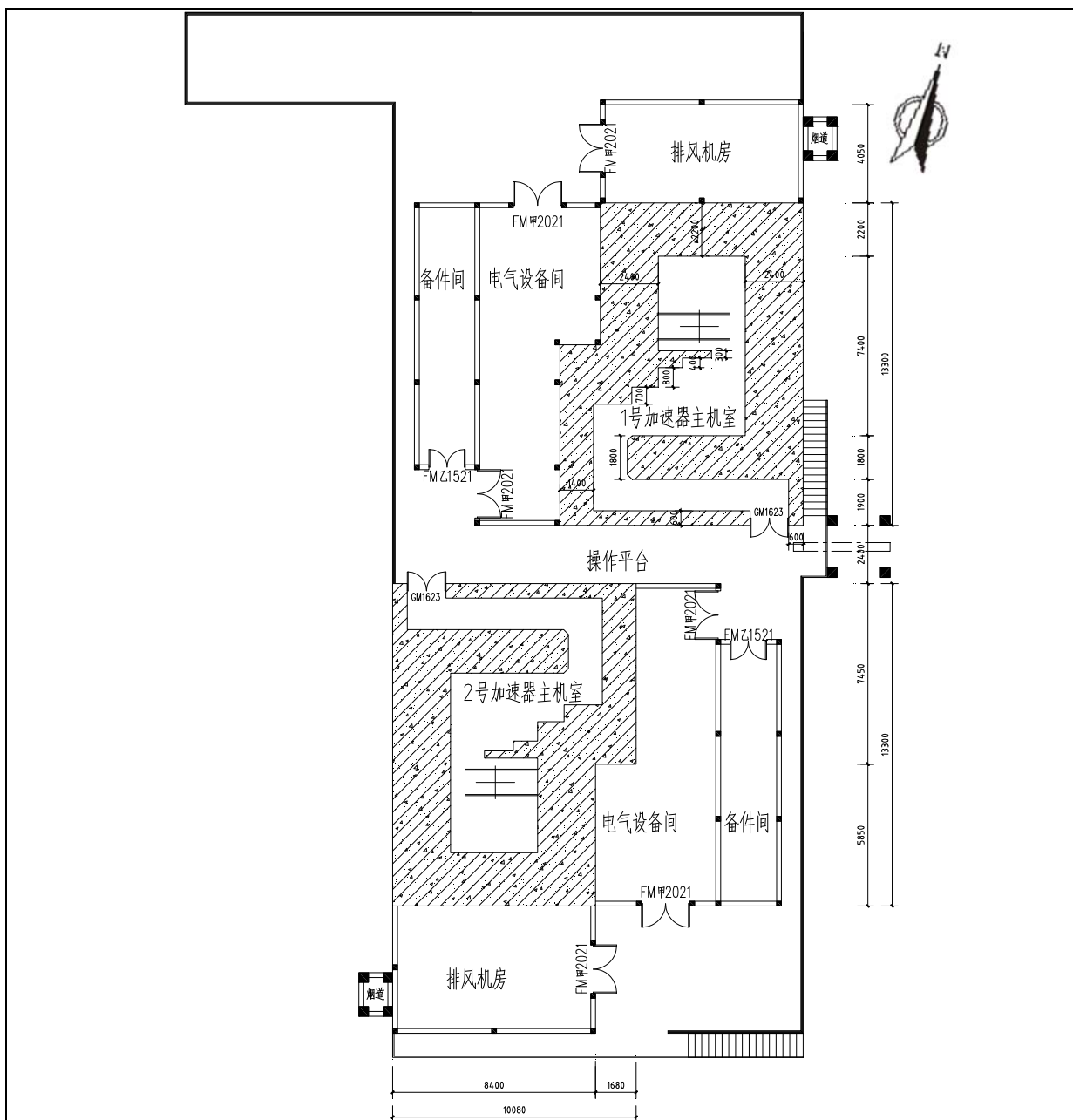
(4) 安全联锁装置或报警系统发生故障，加速器工作时无关人员打开主机室防护门并误入加速器主机室，造成人员被误照射，引发辐射事故。

9.4 原有工艺不足和改进情况

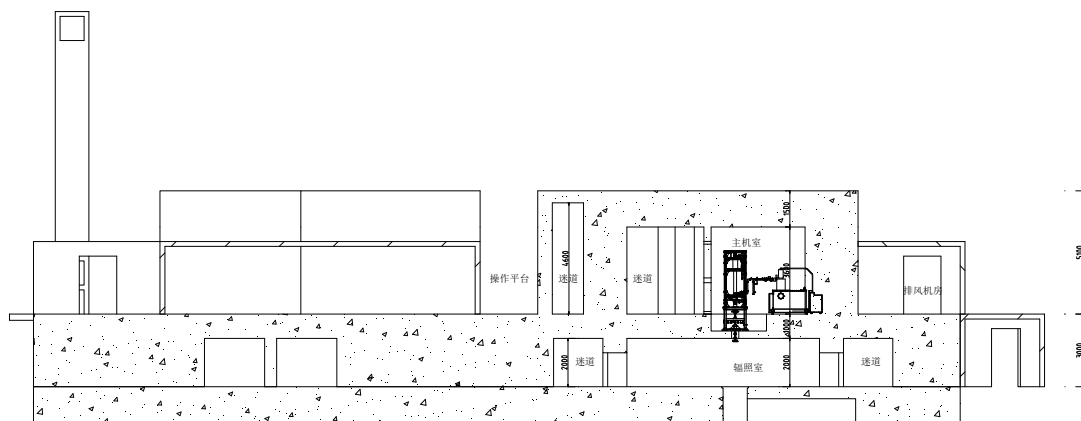
中金辐照成都有限公司目前在二期厂房内建有 BFT-IV 型 γ 辐照装置的辐照厂房，从事加工食品、农牧渔业产品、医疗用品等的辐照消毒以及高分子材料及其制品的辐照改性，同时小规模兼营其它产品的辐照加工。 γ 辐照装置设计装源活度为： $1.11 \times 10^{17} \text{Bq}$ (300 万居里) ^{60}Co 。初次装源活度为 $2.96 \times 10^{16} \text{Bq}$ (80 万居里) ^{60}Co 。

该辐照装置于 2013 年 2 月 4 日取得原四川省环境保护厅出具的环评批复，川环审批[2013]89 号。并于 2014 年 10 月 30 日通过原四川省环境保护厅组织的竣工验收，并取得验收批复，川环核验[2014]25 号。

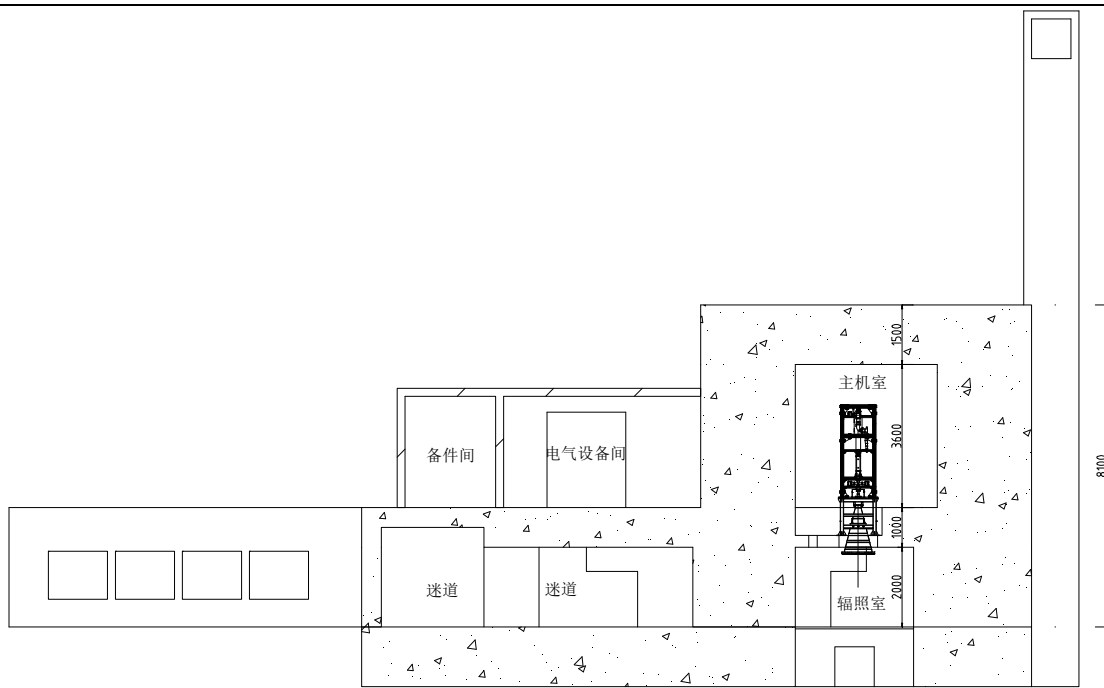
建设单位每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，建设单位现有 ^{60}Co γ 辐照装置工作场所周边 γ 辐射剂量率及贮源井水总放射性监测结果均满足相关标准要求，因此原有设备运行良好，无需改进。



(b) 主机室平面布置图 (单位 mm)



(c) 南北方向剖面图 (单位 mm)



(d) 东西方向剖面图 (单位 mm)

图 10-1 本项目平面图及剖面图

由图可知,加速器主要采用混凝土墙进行屏蔽,加速器主要设备安装于二层主机室,控制室、剂量测量室、配电室等辅助用房位于一层,备件间、电气设备间、排风机房等辅助用房位于二层;辐照室和主机室均为一层混凝土结构。加速器工作时,操作人员在控制室设置机器参数并监控加速器的运行情况,辐照灭菌物品的收发货工人位于辐照室外操作大厅卸货区。加速器出束时,辐照室及主机室内均无人员停留。因此,本项目加速器工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

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)和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)等相应的要求,在辐射工作场所内划出控制区和监督区,在项目运营期间采取分区管理措施,其划分原则如下:

(1) 把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。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指示。运用行政管理程序(如进入控制区的工作许可证)和实体屏蔽(包括门锁和联锁装置)限制进出控制区,放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

(2) 把未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划分为监督区。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；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。

根据分区原则，本项目控制区和监督区划分情况如下：

控制区：电子加速器机房的一层辐照室和二层主机室划为控制区。建设单位应在辐照室迷道出入口及辐照室周围醒目位置、主机室迷道出入口设置电离辐射警告标识及中文警示说明等。

监督区：一层控制室、剂量测量室、配电室，二层备件间、电气设备间、排风机房划为监督区。

加速器机房“两区”划分详见附图7和附图8。

10.1.3 辐射安全与防护措施

(1) 加速器工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目新建电子加速器机房辐照室和主机房墙体设计为密度不小于 2.35g/cm^3 的混凝土浇筑，其防护措施见表 10-1。

表 10-1 加速器屏蔽防护措施一览表

尺寸		1 号加速器机房	2 号加速器机房
辐照室内尺寸 (不包括迷道)		长 15.3m、宽 9.5m、高 2m	长 15.3m、宽 9.5m、高 2m
主机室 (不包括迷道)		长 7.4m、宽 3.6m、高 3m	长 7.4m、宽 3.6m、高 3m
辐照室屏蔽	东墙	3000mm 混凝土	西侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土
	南墙	3500-4100mm 混凝土	2200-2800mm 混凝土
	西墙	西侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土	3000mm 混凝土
	北墙	2200-2800mm 混凝土	3500-4100mm 混凝土
	顶棚	顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土	顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土
主机室屏蔽	东墙	2400mm 混凝土	2400mm 混凝土
	南墙	“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土	2200mm 混凝土
	西墙	2400mm 混凝土	2400mm 混凝土

	北墙	2200mm 混凝土	“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土
	顶棚	1500mm 混凝土	1500mm 混凝土
辐照室迷道		外迷道宽 2.6m，内迷道宽 2.5m，高 2mm	外迷道宽 2.6m，内迷道宽 2.5m，高 2mm
主机室迷道		迷道宽 1.3m，高 3.6m	迷道宽 1.3m，高 3.6m
辐照室出入口		普通不锈钢门，入口安装安全联锁装置	普通不锈钢门，入口安装安全联锁装置
主机出入口		普通门	普通门
通风设施	2 间辐照室设计有机械排风系统，风管入口在辐照室内（加速器正下方，辐照室与主机室共用通风系统），风管向地下延伸 1.5 米，并在地下经过 2 道直角弯，从地下穿过辐照室的混凝土墙，在紧邻混凝土墙外侧部分连接排气筒，排气筒高 22 米。加速器辐照室设计通风量为 14400m ³ /h，辐照室容积约 280m ³ ，通风次数达到 51 次/h。		

(2) 辐射安全装置和防护措施

根据建设单位提供的资料，本项目拟建加速器工作场所设计的辐射安全装置和保护措施如下：

A、钥匙控制：加速器主控钥匙开关和主机室门和辐照室门联锁。从控制台上取出钥匙，则相应加速器自动停机。钥匙与一台便携式辐射监测报警仪相连。

B、门机联锁：辐照室和主机室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室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并断开高压。

C、门电磁锁、门限位与行人检测光电装置：本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室各出入口处均设置门电磁锁与门限位，保障系统安全运行；辐照室和主机室出入口处设置三道防人误入的光电装置，并与加速器的开、停机联锁；

D、束下装置联锁：本项目电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠接口和协议文件，束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机并断开高压。

E、警示装置：本项目 2 座加速器机房主机室防护门外及辐照室出入口外明显位置都张贴“当心电离辐射”警示标识和工作状态指示灯，工作状态指示灯与加速器联锁。辐照室及主机室迷道门上方均设有音箱、警示灯，以提示停留在控制区的人员尽快离开或紧急停机。

F、联锁开关（巡检、急停按钮、急停拉线）：本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室内设置有巡检开关、急停开关和急停拉线，巡检开关、急停开关、急停拉线均与控制台联锁。加速器每次开机前，工作人员均须进入辐照室和主机室内巡视是否清场并按下

所有巡检开关，否则相应加速器无法开启。滞留在辐照室或主机室内的人员可就近按下急停按钮或急停拉线以使加速器停止照射并断开高压。

G、防人误入装置：本项目辐照室和主机室迷道内安装有行人检测光电报警开关，加速器运行时若有人经过行人检测光电报警开关，加速器将自动停止照射，防止对误入人员造成伤害。

H、辐射监测装置：2座机房辐照室入口及主机室入口各设置1个固定式剂量监测报警仪，并与辐照室和主机室的普通门连锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开。

I、通风连锁：机房的风机若未开机，加速器也无法开机；若通风量出现异常，将通过PLC反馈至主机，加速器断电停机。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。

G、烟雾报警：加速器机房风道中设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器立即停机并停止通风。

K、监控装置：辐照室和主机室内各区域均安装有监控探头，每个机房辐照室设置8个监控探头，主机室设置6个监控探头，可有效对控制区内各区域情况进行实时监控。

L、通风系统：2间辐照室设计有机械排风系统，风管入口在辐照室内（加速器正下方，辐照室与主机室共用通风系统），风管向地下延伸1.5米，并在地下经过2道直角弯，从地下穿过辐照室的混凝土墙，在紧邻混凝土墙外侧部分连接排气筒，排气筒高22米。加速器辐照室设计通风量为14400m³/h，辐照室容积约280m³，通风次数达到51次/h。

项目安全装置安装位置详见附图9和附图10。

本项目加速器机房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）辐照装置辐射安全设计符合性分析详见表10-2。

表10-2 本项目辐射安全设施与辐射安全原则符合性分析表

序号	辐照装置安全设施	本项目落实情况	符合性分析
1	钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门连锁。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。	钥匙控制：加速器主控钥匙开关和主机室门和辐照室门连锁。从控制台上取出钥匙，则相应加速器自动停机。钥匙与一台便携式辐射监测报警仪相连。	符合
2	门机连锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压连锁。	门机连锁。辐照室和主机室的门与束流控制和加速器高压连锁。辐照	符合

	辐照室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。	室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并断开高压。	
3	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。	本项目电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠接口和协议文件,束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时,加速器自动停机并断开高压。	符合
4	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室内人员的警示。主机室和辐照室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。	警示装置:本项目2座加速器机房主机室防护门外及辐照室各出入口外明显位置都张贴“当心电离辐射”警示标识和工作状态指示灯,工作状态指示灯与加速器联锁。辐照室及主机室迷道门上方均设有音箱、警示灯,以提示停留在控制区的人员尽快离开或紧急停机。	符合
5	巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“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室按序按动“巡检按钮”,巡查有无人员误留。	联锁开关:本项目2座加速器机房辐照室和主机室内设置有巡检开关,巡检开关与控制台联锁。加速器每次开机前,工作人员均须进入辐照室和主机室内巡视是否清场并按下所有巡检开关,否则相应加速器无法开启。	符合
6	防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置(一般采用光电装置),并与加速器的开、停机联锁。	门电磁锁、门限位与行人检测光电装置:本项目2座加速器机房辐照室和主机室各出入口处均设置门磁锁与门限位,保障系统安全运行;辐照室和主机室各出入口处设置三道防人误入的光电装置,并与加速器的开、停机联锁;	符合
7	急停装置。在控制台上和主机室、辐照室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。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构,以便人员离开控制区。	联锁开关(急停按钮、急停拉线):本项目2座加速器机房辐照室和主机室内设置有急停开关和急停拉线,急停开关、急停拉线均与控制台联锁。滞留在辐照室或主机室内的人员可就近按下急停按钮或急停拉线以使加速器停止照射。	符合
8	剂量联锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪,与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时,主机室和辐照室门无法打开。	辐射监测装置:2座机房辐照室入口及主机室入口各设置1个固定式剂量监测报警仪,并与辐照室和主机室的普通门联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时,主机室和辐照室门无法打开。	符合
9	通风联锁。主机室、辐照室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。	通风联锁:机房的风机若未开机,加速器也无法开机;若出现通风量异常,将通过PLC反馈至主机,加速器断电停机。加速器停机后,只有达到预先设定的时间后才能开	符合

		门,以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。	
10	烟雾报警。辐照室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。	烟雾报警:加速器机房风道中设置两个烟雾报警装置,遇有火险时,加速器应立即停机并停止通风。	符合

10.2 “三废”的治理

(1) 废气

①本项目无放射性废气产生。

②非放射性废气治理措施

加速器运行时电子束在空气中穿行过程与空气相互作用而产生臭氧和氮氧化物等气体。2间辐照室设计有机械排风系统,风管入口在辐照室内(加速器正下方,辐照室与主机室共用通风系统),风管向地下延伸1.5米,并在地下经过2道直角弯,从地下穿过辐照室的混凝土墙,在紧邻混凝土墙外侧部分连接排气筒,排气筒高22米。加速器辐照室设计通风量为14400m³/h,辐照室容积约280m³,通风次数达到51次/h。本项目通风系统满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中关于通风系统的要求。

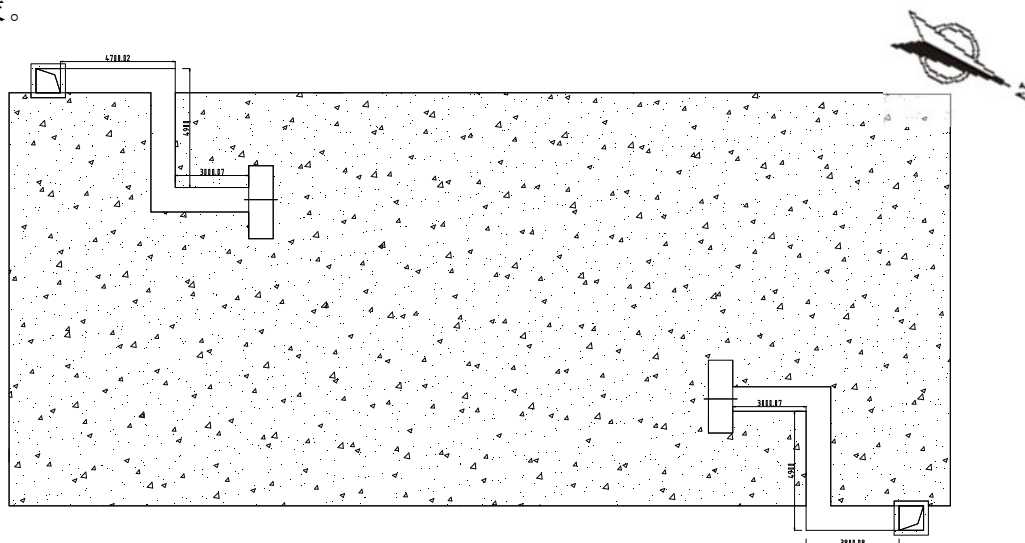


图 10-2 排风管道地埋设置示意图

本项目电子辐照加速器的排风管道和进风管道未破坏辐照室整体防护效果,满足辐射防护的要求。经计算(详见后文臭氧和氮氧化物环境影响分析章节),加速器停止工作后,辐照室内通风系统继续以14400m³/h的通风量工作,通过3min的通风排气,辐照室内臭氧浓度可达到《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》(GBZ2.1)中“臭氧最高容许浓度0.3mg/m³”。

由于项目臭氧产生量较低,加之臭氧不稳定,在常温下不断分解,排出室外的臭氧

排入大气环境后，经自然分解，浓度将迅速降低，对周边环境影响轻微。

要求工作期间应保证排气孔机械通风的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物浓度。本项目排风管道采用埋地设计，辐照室内的 X 射线至少经过 3 次散射才能到达室外排风口，排风管道的的设计未破坏电子加速器机房的整体屏蔽防护效果，满足辐射防护的要求。

另外，公司应需确保工作中通风设施的完好和有效运行，在此前提下臭氧和氮氧化物等有害气体将不会对人员和设备产生危害。

(2) 废水

①本项目无放射性废水产生。

②非放射性废水治理措施

本项目电子加速器拟配套循环冷却水系统，循环冷却水定期补充，不外排。

本项目运行期废水主要为工作人员产生的生活污水，生活污水经厂区化粪池后排入市政管网。

(3) 固体废物

①放射性固废治理措施

本项目无放射性固废产生。

②非放射性固废治理措施

生活垃圾由建设单位统一集中收集后交环卫部门及时清运。

(4) 噪声

本项目噪声源主要为通排风噪声，建设单位拟选用低噪声设备，噪声源强小于 75dB (A)，并设置专用排风机房采取建筑隔声和设备基础减振措施，经降噪措施及距离衰减作用，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

10.3 环保投资概算

本核技术利用项目总投资 4500 万元，其中环保投资 870 万元，占总投资的 19.3%。本项目环保投资估算见表 10.3-1。

表 10.3-1 本项目环保投资估算一览表 (单位: 万元)

类别	环保设施措施	金额 (万元)
辐射屏蔽措施	1 号和 2 号加速器机房的辐照室、主机室辐射防护屏蔽混凝土墙。	800
辐射安全装置	钥匙控制开关 2 套、门机连锁 6 套、光电检测装置 6 套、	40

	联锁开关 4 套、烟雾报警 2 套、监控探头 28 个、电离辐射警告标志和工作指示灯等	
废气处理	独立通排风系统 2 套	10
废水处理	依托厂区现有化粪池	/
固废处理	依托医院现有生活垃圾收集设施	/
监测仪器	4 台固定式剂量监测报警仪，2 台便携式辐射监测报警仪，8 名辐射工作人均配备个人剂量计。	10
监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	5
人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	/
辐射应急	辐射应急物资、人员应急培训、辐射事故应急演练	5
	合计	870

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

施工期污染物主要为废水、噪声及固体废弃物等。

(1) 废水

本项目施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析。项目施工期施工人员产生的生活污水，依托厂区现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

(2) 废气

本项目施工期土建过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小。

(3) 固废

本项目施工期会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。本项目固废主要为建筑工人产生的生活垃圾。在施工场地出入口设置临时收集桶，施工期产生的生活垃圾经统一收集后依托环卫部门定期清运。

通过严格执行国家环保法律法规以及当地政府的管理规定，科学管理、文明施工，本项目施工期产生的固体废物对周围环境影响较小。

(4) 噪声

针对本项目而言，施工期噪声污染防治措施具体有：

①合理安排施工机械安放位置，施工机械应尽可能放置于场界外造成影响最小的地点，并优先选用低噪声设备，以减少施工噪声。

②对高噪声设备采取隔声、隔振或消声措施，如在声源周围设置掩蔽物、加隔振垫、安装消声器等，可降低噪声源强 30dB(A)。

③日常应注意对施工设备的维修、保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围声环境的影响。

(5) 设备安装调试影响分析

设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试。安装时不通电，不会造成辐射影响。调试时，机房各屏蔽防护措施已建成，经过墙体屏

蔽和距离衰减后对周围环境的辐射影响很小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 电子束对周围环境的影响

本项目电子加速器最大能量为 10MeV 的电子束，电子在物质中的最大射程可以由下式估算（公式摘自《辐射防护技术与管理》，P123）。

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\beta max} \quad (\text{式 11-1})$$

公式中：d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³；

$E_{\beta max}$ —电子最大能量，MeV。

电子束的最大能量为 10MeV 时，在空气中（0.00129g/cm³）的最大射程约为 3876cm，在混凝土中（2.35g/cm³）的最大射程约为 2.13cm。由于辐照室混凝土厚度均在 100cm 以上，而且电子束方向朝向地面，因此加速器发射的电子束对辐照室外环境的影响可以忽略。

11.2.2 X 射线对周围环境的影响

本项目 2 台工业电子加速器机房位于拟建二期厂房中部，南北并排的 2 间加速器机房内独立运行，互不干扰，存在同时运行的情况。

从结构上看，本项目加速器束流向下，高速电子本身不对周围环境产生影响，影响周围环境需要防护的是电子束作用于辐照材料及周边物体而产生的韧致辐射。由于束流 0° 方向为地面所以无需考虑防护，需要防护的是 90° 方向的辐照室四周墙体和 180° 方向的加速器室顶。

本项目计算以 1 号加速器机房为例，2 间加速器机房设计相同，2 号加速器机房周边辐射剂量率可参考 1 号加速器机房。本次电子加速器辐照装置的屏蔽计算均以加速器的最高能量和最大束流强度进行计算。

（1）估算模式

电子加速器运行时，电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X 射线），X 射线是电子加速器运行过程中的主要辐射源。电子加速器运行时，电子束出束方向朝下，在辐照室内电子束可能轰击的物质有 3 种：

①混凝土地面

②电子扫描器下方的辐照产品传输带（不锈钢材料）

③辐照产品，主要为待消毒的医疗器械等。

不同能量电子束轰击不同物料时，其韧致辐射（X射线）发射率不同。对同一种靶材料，不同方向上韧致辐射（X射线）的发射率也不相同。

下述理论计算主要参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）进行计算。本次电子加速器辐照装置的屏蔽计算均以加速器的最高能量和最大束流强度进行计算。加速器最高能量和最大束流强度参数由设备厂商提供。

（2）直射 X 射线的屏蔽计算

①X 射线发射率

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1，10MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°的 X 射线发射率为 $13.5\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。加速器运行时，电子束照射方向朝下，电子束可能轰击的物质有：不锈钢材料、辐照室混凝土地面及医疗器械等。上述几种物质不锈钢 Z 值最大，X 射线发射率最高，保守计算考虑，X 射线发射率修正系数取 1。

根据附录 A 表 A.4，10MeV 电子在侧向 90°屏蔽能量取相应等效能量为 6MeV；根据附录 A 表 A.2 和表 A.3：入射电子能量为 6MeV，混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 $T_1=35.5\text{cm}$ 、 $T_e=35.5\text{cm}$ 。

根据设备厂商提供资料，本项目 10MeV 电子加速器束流强度为 2.4mA，束流损失率为 2%，束流损失点的能量为 3MeV。3MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°的 X 射线发射率为 $3.2\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，侧向屏蔽能量取相应等效能量 1.9MeV。根据附录 A 表 A.2 和表 A.3：入射电子能量为 1.9MeV，混凝土的 T_1 和 T_e 值保守取 2.0MeV 条件下的值，分别为 $T_1=22.1\text{cm}$ 、 $T_e=20.1\text{cm}$ 。

X 射线辐射源 1m 处的标准参考点吸收剂量率公式如下：

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

式中：

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率（ $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ）。

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

I —电子束流强度（mA）；

f_e —X 射线发射率修正系数，保守考虑取 1。

经计算，辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为

$1.944 \times 10^3 \text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ，主机室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为 $9.216 \text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

②透射比 B_x 的计算

$$B_x = (1 \times 10^{-6}) \left[\frac{H_M d^2}{D_{10} T} \right] \quad (\text{式 11-3})$$

B_x —X 射线的屏蔽透射比，指在屏蔽体入射面的吸收剂量率，经屏蔽厚度按该透射比减弱，是屏蔽体的出射面剂量率达到所要求的水平。

H_M —参考点最大允许周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)；

d —X 射线源与参考点之间的距离 (m)；

T —居留因子。当参考点位置为人员全部居留时取值 1，部分居留时可取 1/4，偶然居留时可取 1/16；

常数 (1×10^{-6}) 为单位转换系数；

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 ($\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$)。

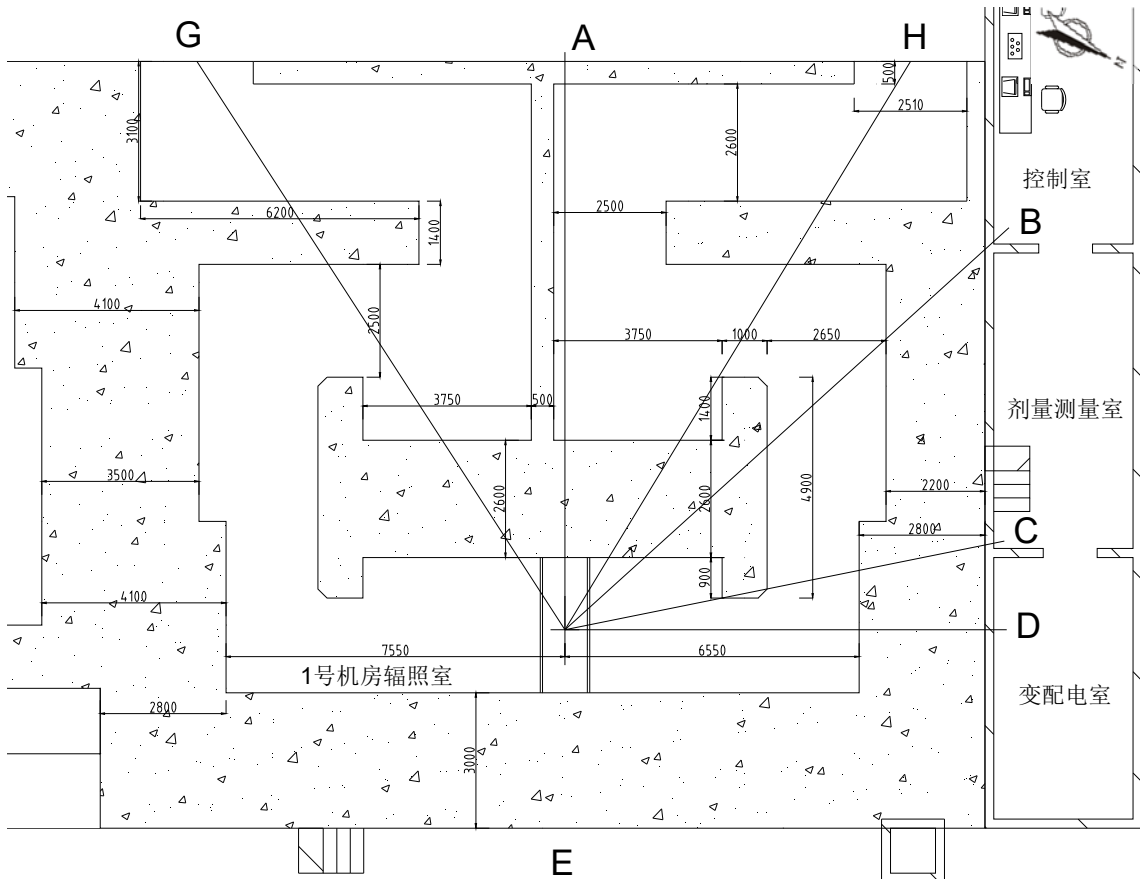


图 11-1 1 号加速器机房一层辐照室关注点位图

式中：

S —屏蔽体厚度（cm）；

T_l —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层（cm）；

T_e —平衡十分之一值层，该值近似于常数（cm）；

n —为十分之一层值的个数。

表 11-2 加速器侧向直射辐射屏蔽墙体厚度计算结果

楼层	关注点	位置	Bx	n	T_l (cm)	T_e (cm)	计算混凝土厚度 (cm)	设计混凝土厚度 (cm)	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)
一层辐照室	A	西侧操作大厅	2.14×10^{-7}	6.67	35.5	35.5	237	260+50	2.16×10^{-2}
	B	北侧控制室	2.21×10^{-7}	6.66			236	366+296	2.55×10^{-12}
	C	北侧剂量测量室	1.39×10^{-7}	6.86			243	285	0.17
	D	北侧变配电室	5.04×10^{-7}	6.30			224	280	0.26
	E	东侧操作大厅	2.84×10^{-8}	7.55			268	300	0.31
	H	迷道出口	2.35×10^{-6}	5.63			200	304+164	5.59×10^{-7}
	G	迷道入口	2.44×10^{-6}	5.61			199	310+167	3×10^{-7}
二层主机房	2A	临空	9.59×10^{-5}	4.02	22.1	20.1	83	240	6.02×10^{-7}
	2B	南侧操作平台	7.84×10^{-5}	4.11			85	240	1.84×10^{-7}
	2C	西侧电气设备间	2.01×10^{-5}	4.70			96	240	7.19×10^{-7}
	2D	北侧排风直机房	3.16×10^{-5}	4.50			92	220	4.54×10^{-6}
	2E	迷道出入口	1.80×10^{-4}	3.75			77	192	3.92×10^{-5}

由计算结果可知，10MeV 加速器机房屏蔽体外 30cm 处的剂量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足屏蔽设计要求，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对机房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超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

（2）迷道外入口剂量率

迷道外入口散射剂量率采用下式计算：

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10}\alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (\text{式 11-6})$$

式中

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数;

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数 (假设对以后所有的散射过程是相同的);

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积 (m^2);

A_2 —迷道的截面积 (m^2 , 假设整个迷道的截面积近似常数, 高宽之比在 1~2 之间);

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离 (m);

$d_{r1}, d_{r2} \dots d_{rj}$ —沿着迷道长轴的中心线距离, $d_{ri}/A_2^{1/2}$ 的比值应在 1~6 之间;

j —指第 j 个散射过程。

对于能量大于 3MeV 的 X 射线认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV, 对于初级 X 射线, 散射系数 α_1 取值 5×10^{-3} , 对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 取值 2×10^{-2} 。

辐射室迷道散射面积的确定: A_1 为第一次散射宽度与高度的乘积, 之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积。

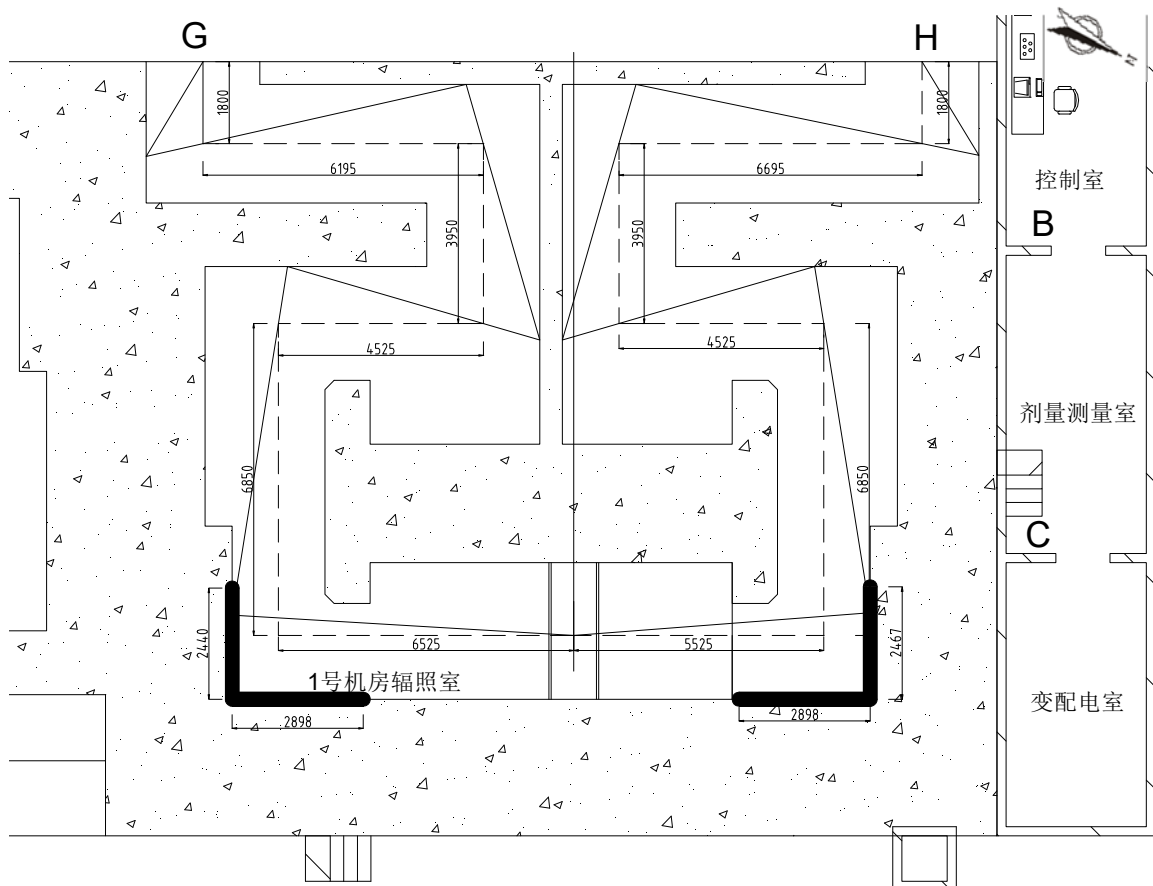


图 11-3 1 号加速器机房一层辐照室散射路径示意图

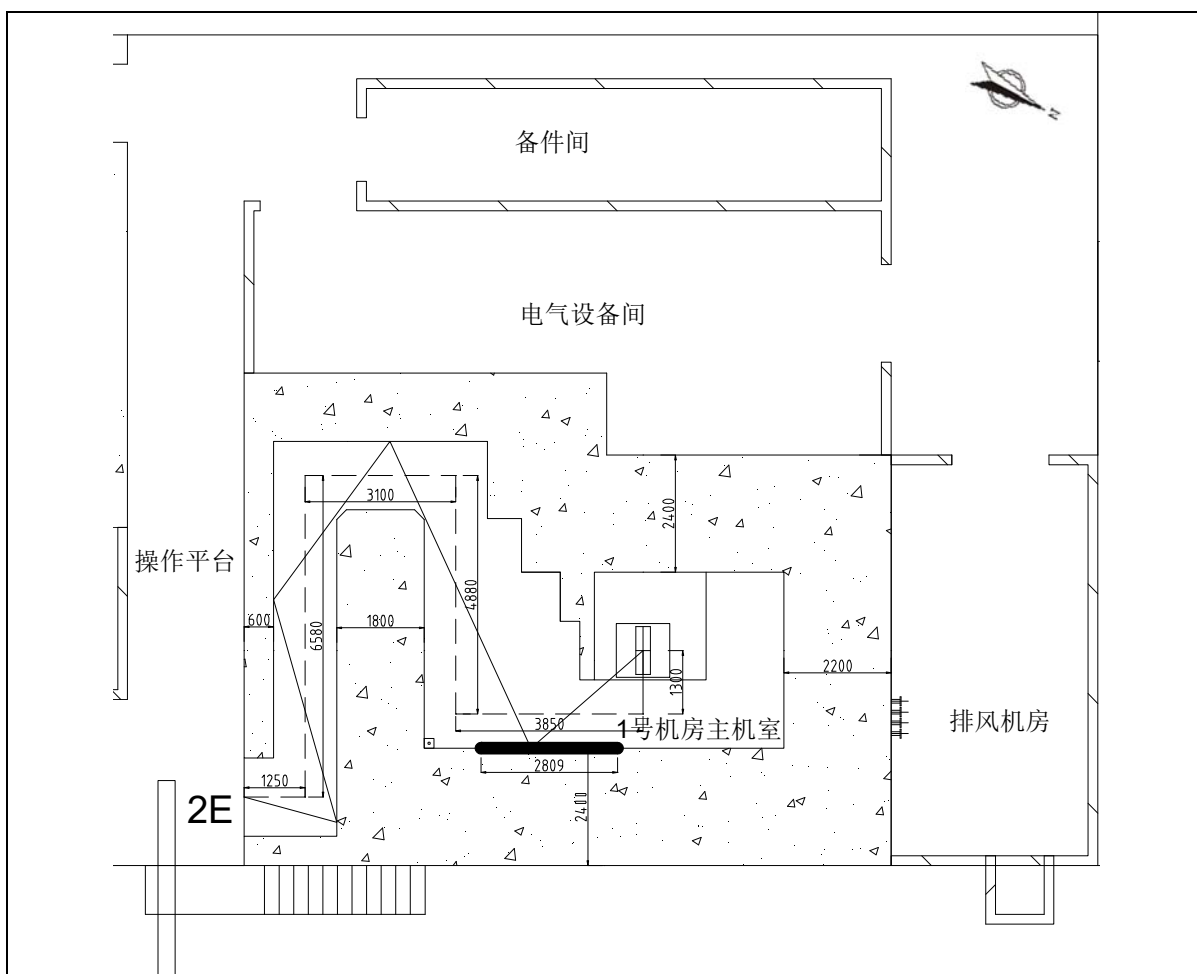


图 11-4 1号加速器机房二层主机室散射路径示意图

表 11-3 1号加速器机房迷道散射计算结果表

楼层	参考点	散射次数 j	第一次散射宽度(m)	迷道宽度(m)	迷道高度(m)	路径长度 $d_1, d_{r1} \dots d_{ij}$ (m)	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)
一层辐照室	H	5	2.898+2.467	2.5	2.0	5.525,6.85,4.525,3.95,6.695,1.80	1.73×10^{-4}
	G	5	2.898+2.44			6.525,6.85,4.52,3.95,6.195,1.80	1.17×10^{-4}
二层主机房	2E	4	2.81	1.3	4.6	1.3,3.85,3.1,6.58,1.25	6.25×10^{-2}

迷道出入口处辐射剂量率应同时考虑加速器侧向 X 射线的影响，叠加后，迷道出入口处的 X 射线剂量率如下：

表 11-4 1号加速器机房迷道出入口叠加剂量率

楼层	参考点	侧向直射辐射剂量率($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	叠加辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)
一层辐照室	H	5.59×10^{-7}	1.73×10^{-4}	1.73×10^{-4}
	G	3×10^{-7}	1.17×10^{-4}	1.17×10^{-4}
二层主机房	2E	3.92×10^{-5}	6.25×10^{-2}	6.25×10^{-2}

由表可知，辐照室迷道入口处周围剂量当量率为 $1.73 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ ，主机室迷道入口处周围剂量当量率为 $6.25 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，所以辐照室和主机室迷道的设计是合理的，辐照室和主机室出入口无需特别防护，仅设置普通钢门。

(3) 屋顶厚度计算

屋顶厚度考虑直射的防护，本项目加速器开机时主机室内及其屋顶上方均为无人到达区域，因此对屋顶的直射的防护主要考虑从一层辐照室 X 射线源直射到二层主机室周围辅助房间的剂量。

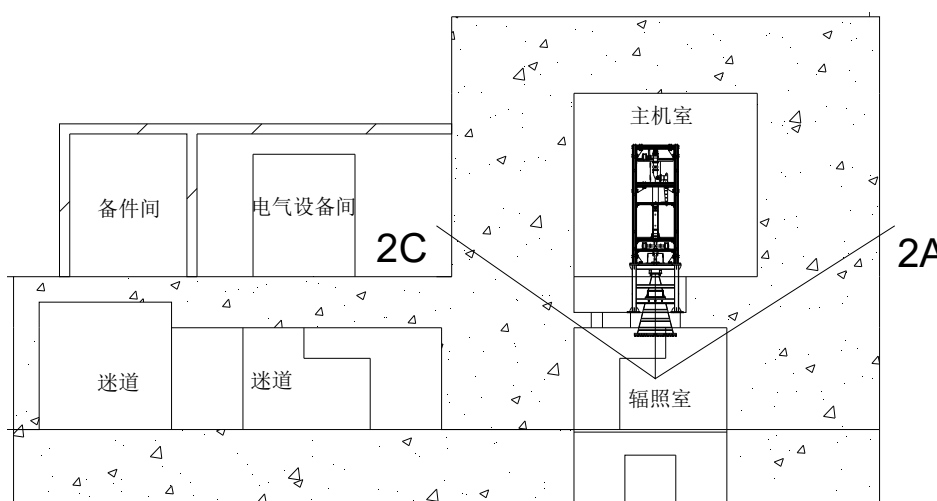


图 11-5 1号加速器辐照室上方东西剖面关注点图

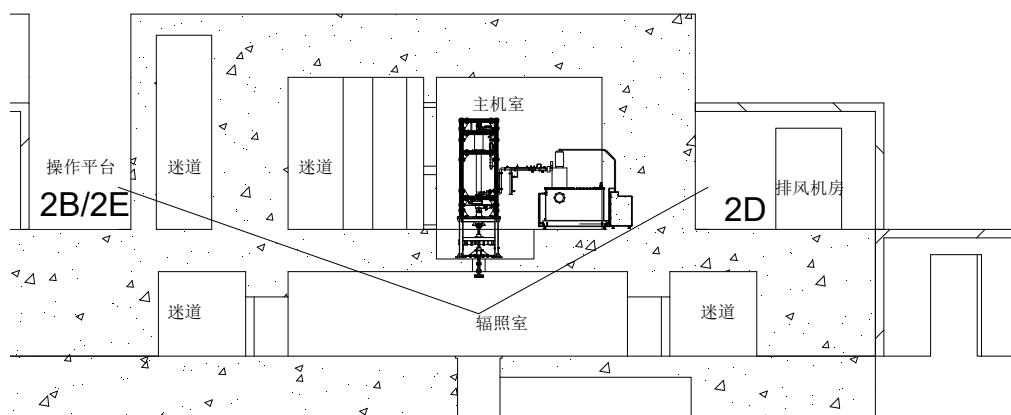


图 11-6 1号加速器辐照室上方南北剖面关注点图

表 11-5 1号加速器辐照室屋顶厚度计算结果

楼层	参考点	位置	$d(\text{m})$	B_x	n	所需楼板厚度(m)	设计混凝土厚度(m)	辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
二层主机室	2A	临空	5.2	3.48×10^{-8}	7.46	2.65	3.56	6.74×10^{-3}
	2B	南侧操作平台	9.0	1.04×10^{-7}	6.98	2.48	4.31	1.74×10^{-5}
	2C	西侧电气设备间	5.2	3.48×10^{-8}	7.46	2.65	2.93	0.40

	2D	北侧排风直机房	5.8	4.33×10^{-8}	7.36	2.61	3.78	1.30×10^{-3}
	2E	迷道出入口	9.0	1.04×10^{-7}	6.98	2.48	3.68	1.03×10^{-3}

由上表可知，辐照室楼顶混凝土设计厚度大于计算值厚度，二层主机室周围剂量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，因此满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对机房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超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

表 11-6 1 号加速器主机室周边叠加剂量率

楼层	参考点	位置	侧向直射辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	屋顶直射辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	叠加后剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
二层主机室	2A	临空	6.02×10^{-7}	6.74×10^{-3}	6.74×10^{-3}
	2B	南侧操作平台	1.84×10^{-7}	1.74×10^{-5}	1.76×10^{-5}
	2C	西侧电气设备间	7.19×10^{-7}	0.40	0.40
	2D	北侧排风直机房	4.54×10^{-6}	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-3}
	2E	迷道出入口	6.25×10^{-2}	1.03×10^{-3}	6.35×10^{-2}

将主机室侧向直射辐射剂量率与辐照室屋顶直射辐射剂量率叠加后，结果小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，因此满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对机房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超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(4) 天空反散射

本项目 X 射线天空反散射计算公式为：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

H —距离 X 射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率 (Sv/h)；

B_{xs} —X 射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr)；

厂房屋顶的屏蔽透射比 B_{xs} 采用下式计算：

$$B_{xs} = 4 \times 10^{-5} \left[\frac{H_M d_i^2 d_s^2}{D_{10} \Omega^{1.3}} \right] \quad (\text{式 11-8})$$

式中：

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr)；

d_i —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离 (m)；

d_s —X 射线源至 P 点的距离 (m)。

H_M —P 点所在位置的最大允许周围剂量当量率 (Sv/h)

假设 P 点为天空散射照射至地面最近距离 (周边最近建筑物现有一期厂房距离本项目加速器机房为 15m, 距离束流中心为 20m), 居留因子取 1/4, 则 P 点最大允许周围剂量当量率为 $H_M=0.1\text{mSv}/(8400\text{h}\times 1/4)=4.76\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-7 1 号加速器机房屋顶天空反散射计算结果

楼层	D_{I0} (Gy/h)	H_M ($\mu\text{Sv/h}$)	Ω	d_i (m)	d_s (m)	B_{xs} (m)	屋顶设计厚度 (m)	所需屋顶厚度 (m)	辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
一层辐照室	1620	5.56×10^{-2}	2.35	9.1	20	1.50×10^{-5}	1.5+1	1.71	4.48×10^{-10}
二层主机室	7.68	5.56×10^{-2}	1.03	7.1	20	5.62×10^{-3}	1.5	0.47	5.15×10^{-13}
现有一期厂房处天空反散射周围剂量当量率									4.48×10^{-10}

由上表可知, 辐照室楼顶及主机室楼顶厚度设计大于计算值, P 点的辐射剂量率为 $4.48\times 10^{-10}\mu\text{Sv/h}$, 远小于 $4.76\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$, 满足对应区域周围剂量当量率的要求。

(5) X 射线通过屋顶的侧向散射

距本项目加速器机房最近的建筑物为西侧现有一期厂房。现有一期厂房楼高 11.05m, 为单层建筑, 与加速器机房高度相当, 因此加速器邻近区域无高层建筑, 不考虑 X 射线过屋顶后侧向散射对邻近建筑物造成的辐射影响。

(6) 叠加影响分析

2 台加速器同时运行时, 须考虑东侧和西侧操作大厅的辐射剂量率的叠加, 根据前文计算, 1 号加速器机房辐照室东侧辐射剂量率最大为 $0.31\mu\text{Sv/h}$, 主机室东侧辐射剂量率最大值为 $6.74\times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$, 2 号加速器机房辐照室西侧辐射剂量率最大为 $2.16\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$, 主机室西侧辐射剂量率最大值为 $0.40\mu\text{Sv/h}$, 不考虑距离衰减的情况下, 东侧操作大厅处受 2 台加速器同时运行时的辐射剂量率为 $0.31+6.74\times 10^{-3}+2.16\times 10^{-2}+0.40=0.74\mu\text{Sv/h}$ 。

叠加后加速器机房周边剂量当量率均满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

11.2.3 所致年有效剂量估算

项目所致人员辐射剂量, 按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) -- 2000 年报告附录 A 公式计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-9})$$

式中：

H_1 —辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H_0 —预测关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T —居留因子；

t —年照射时间，h。

本项目加速器机房无地下层，上方为人员不可到达平台。

(1) 职业人员年有效剂量

职业工作人员工作过程中的受照剂量考虑控制室操作人员及加速器外巡检人员。

加速器控制室位于1号加速器机房辐照室北侧，两台加速器共用一间控制室，加速器控制室人员居留因子取1。巡检人员的剂量估算采取加速器四周关注点剂量率最大值进行计算，居留因子保守取1。

表11-8 本项目辐射工作人员所致年有效剂量

工作人员	关注点	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	受照时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
加速器控制室人员	B	2.55×10^{-12}	2100	1	5.36×10^{-12}
加速器巡检人员	2C	0.40	2100	1	0.84

上述估算表明，本项目运行后职业人员最大年有效剂量为0.84mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的剂量限值要求，也满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)规定的职业人员年有效剂量5mSv/a的剂量约束要求。

(2) 公众年有效剂量

辐照室周围公众年有效剂量估算结果详见表11-9。

表11-9 本项目所致公众人员年有效剂量

公众	关注点	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	居留因子	与关注点距离 (m)	受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
二期厂房操作大厅卸货区公众	A	2.16×10^{-2}	1	5	2800	1.03×10^{-2}
	E*	0.31		20		
	2A*	6.74×10^{-3}		17		
	2C	0.40		14		
一期厂房公众	A	2.16×10^{-2}	1	16	2800	5.65×10^{-3}
	E*	0.31		16		

	2A*	6.74×10^{-3}		16		
	2C	0.40		24		
亨博智能制造有限公司 公众	A*	2.16×10^{-2}	1	20	2800	3.70×10^{-3}
	E	0.31		20		
	2A	6.74×10^{-3}		20		
	2C*	0.40		29		
注：*表示为2号加速器机房对公众的影响						

上述估算表明，本项目 2 台辐照加速器运行后辐照室周围公众（非辐射工作人员）的最大年有效剂量为 $1.03 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求，也满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的公众年有效剂量 0.1mSv/a 的剂量约束要求。

上述计算结果未考虑车间的墙体屏蔽作用，因此本次计算结果偏保守，周围公众经所在建筑物墙体屏蔽作用所致年有效剂量将会比理论计算结果更小，因此本项目所致周围公众年有效剂量可以满足 0.1mSv/a 的剂量约束要求。

（3）现有 ^{60}Co γ 辐照装置影响分析

根据 ^{60}Co γ 辐照装置工作场所年度监测报告可知 ^{60}Co γ 辐照装置工作场所周边辐射剂量在 $79.2 \text{nSv/h} \sim 148.3 \text{nSv/h}$ 之间，与中华人民共和国生态环境部《2020年全国辐射环境质量公报》（2021年6月）中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果 $67.5 \text{nGy/h} \sim 121.3 \text{nGy/h}$ 处于同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平。因此说明 ^{60}Co γ 辐照装置运行时对周围环境辐射影响可忽略不计，不考虑现有 ^{60}Co γ 辐照装置运行时，对本项目辐射工作人员及公众的叠加影响。

11.3 “三废”影响分析

11.3.1 放射性污染影响分析与评价

本项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

11.3.2 非放射性污染影响分析与评价

（1）废气

空气在辐射照射下产生臭氧和氮氧化物等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。辐照室设计有机械排风系统，两间辐照室排风量均为 $14400 \text{m}^3/\text{h}$ 。当辐照电子加速器运行过程中，排风系统开启以降低辐照室内的臭氧浓度。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B 提供的臭氧

计算公式计算如下：

①平行电子束所致臭氧的产生率可以用以下公式进行保守估算：

$$P = 45dIG \quad (\text{式 11-9})$$

式中：

P —单位时间电子束产生 O_3 的质量 (mg/h)；

I —电子束流强度 (mA)；

d —电子在空气中的行程 (cm)；加速器厂家提供资料：束下传输装置上工件作为靶与扫描盒下部钛窗距离约 20~40cm，本项目保守取 40cm；

G —空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，保守值取 10。

辐照室臭氧的平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (\text{式 11-10})$$

T_e —对臭氧的有效清除时间 (h)，加速器长时间辐照时， $T_e \approx T_V$ ； T_V 为辐照室换气一次所需时间 (h)；

V —辐照室体积 (m^3)。

加速器辐照室体积约为 $280m^3$ ，风机风量为 $14400m^3/h$ ，换气次数为 51 次/h。

②加速器停机后，臭氧不再产生，通过通风系统使辐照室内臭氧浓度降至国家规定限值时，工作人员方可进入辐照室，所需通风时间估算如下：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (\text{式 11-11})$$

式中：

C_0 —GBZ2.1-2019 规定的臭氧的最高容许浓度， $0.3mg/m^3$ ”。

表 11-10 臭氧影响分析计算结果表

参数	I (mA)	V (m^3)	P (mg/h)	T_V (h)	C_s (mg/ m^3)	T (h)
加速器机房	2.4	280	4.32×10^4	1/51	3.02	0.045

由上式计算结果可知，加速器停止工作后，辐照室内通风系统继续以 $14400m^3/h$ 的通风量工作，通过 3min 的通风排气，辐照室内臭氧浓度可达到《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1) 中“臭氧最高容许浓度 $0.3mg/m^3$ ”，此时，工作人员进入辐照室是安全的。建设单位应加强对辐射工作人员的管理与培训，并在操作规程管理制度中明确：加速器停机至少 5min 后方可进入辐照室。

辐照室与主机室共用通风系统，辐照室风管向地下延伸 1.5 米，并在地下经过 2 道直角弯，从地下穿过辐照室的混凝土墙，在紧邻混凝土墙外侧部分连接排气筒，排气筒高 22 米。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解，可达标排放，对周围环境影响较小。

(2) 废水

本项目电子加速器拟配套循环冷却水系统，循环冷却水定期补充，不外排。

本项目废水主要为工作人员生活污水，本项目拟配备工作人员 8 人，生活污水产生按 50L/(人·天)计，每年工作 350 天，则本项目生活污水产生量约为 140t/a，产生的生活污水经化粪池预处理后纳入市政污水管网。因此，本项目开展后对区域水体环境影响较小。

(3) 固废

本项目固废主要为工作人员生活垃圾，本项目拟配备工作人员 8 人，无住宿，工作人员生活垃圾产生系数按 0.5kg/(人·天)计，每年工作 350 天，则本项目职工生活垃圾产生量约为 1.4t/a，产生的生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门清运。综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

(4) 噪声

本项目运行过程中产生的噪声，经房间隔声、距离衰减措施后，对项目区域外的声环境影响很小。

11.4 事故影响分析

11.4.1 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。

11.4.2 事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号），辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-11。

表 11-11 国务院令 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致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。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

11.4.3 电离辐射事故后果

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，目前仍不明确，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生的效应，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤情况见表 11-12，敏感部位受照损伤情况见表 11-13。

表 11-12 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5			可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2	骨髓型急性放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2~4		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
4~6		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
6~10		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，

		昏睡，定向和判断力减退
注：来自《急性外照射放射病的诊断标准》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33		

表 11-13 成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值

组织和效应		在一单次短时照射中受到的总剂量 (Sv)	分很多次的照射或迁延照射中受到的总剂量 (Sv)	多年中每年以很多分次照射或迁延照射接受剂量时的年剂量 (Sv/a)
睾丸	暂时不育	0.15	NA	0.4
	永久不育	3.5~6.0	NA	2.0
卵巢—不育		2.5~6.0	6.0	>0.2
晶状体	可查出的浑浊	0.5~2.0	5	>0.1
	视力障碍（白内障）	2.0~10.0	>8	>0.15
骨髓—造血功能低下		0.5	NA	>0.4

注：表格来自ICRP，1984；NA表示不适用，因为该阈值取决于剂量率而不取决于总剂量。

11.4.4 辐射事故影响分析

(1) 事故类型

参考国内外类似项目运营中的资料，项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故如表11-14。

表 11-14 本项目射线装置的环境风险因子、潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
电子加速器—II类射线装置	X射线、电子束	<p>(1) 巡检人员忘记按下巡检开关或者紧急止动开关，还未全部撤出辐照室，操作人员启动加速器进行辐照，造成巡检人员被误照，引发辐射事故。</p> <p>(2) 加速器需要检修时，检修人员作业前将控制室钥匙拔下后，加速器就无法被启动，但如果忘记拔掉钥匙，而操作人员因为违反操作规程启动加速器，检修人员被误照射。</p> <p>(3) 有人员滞留于辐射室内，操作人员违反操作规程，未进行巡检就启动加速器，导致人员被误照射。</p> <p>(4) 安全联锁装置或报警系统发生故障，加速器工作时无关人员打开主机室防护门并误入加速器主机室，造成人员被误照射，引发辐射事故。</p>

(2) 最大辐射事故分析

假设在对货物进行辐照时，安全联锁装置失效，人员误入辐照室，人员在无其它屏蔽措施的情况下处于距设备电子束1m的位置，工作人员从发现人员误入到按下急停开关的时间按1min计。根据设备参数，辐照室距离X射线辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率为 $1.944 \times 10^3 \text{ Gy/h}$ ，则误入人员所受剂量为32.4Gy。此时，误入人员所受剂量已超过年剂量限值，且容易造成急性重度放射病、局部器官残疾，属于一般辐射

事故。

11.4.5 国内外同类型辐射事件

天津爱邦辐射技术有限公司辐照车间主要从事高分子材料辐照加工，车间内共有4台电子加速器，均为II类射线装置。4#加速器装置名称为：AB2.0电子加速器，规格型号为：AB2.0，能量为：2.0MeV。

该单位4#加速器的操作人员许钦自2020年7月21日发现严重脱发，右后脑头发斑秃；2020年7月底在工作期间出现左手臂烫伤后进入工伤认定程序。根据生态环境部提供的《中国人民解放军总医院第五医学中心住院病案》显示：在中国人民解放军总医院第五医学中心（中国人民解放军第三〇七医院）就诊住院2次，最近一次住院是2021年4月15日，4月27日出院记录的出院诊断为“右上肢慢性溃疡伴感染放射性损伤？生物参考剂量约15Gy，左上肢皮肤损伤 放射性损伤？生物参考剂量约3Gy，面部皮肤损伤 放射性损伤？生物参考剂量约2Gy”。经换算，对于组织或者器官 $1\text{Gy}=1\text{Sv}=1000\text{mSv}$ ，你单位操作人员许钦右上肢生物参考剂量约15Gy，约合当量剂量15Sv，左上肢皮肤生物参考剂量约3Gy，约合当量剂量3Sv，分别超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B中，B1.1.1.1四肢年当量剂量500mSv的30倍、6倍。

天津市生态环境局于2021年10月9日组织召开法制委员会，根据现有证据材料及专家审评意见，依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十四条第（一）项的规定，对该单位发生的辐射事故开展定性定级。天津爱邦辐射技术有限公司电子辐照加速器致人放射性损伤的辐射事故等级认定为一般辐射事故。

11.4.6 风险防范措施

（1）为避免误照射事故发生，建设单位加强管理，制定详细完整的安全操作规程，每次加工辐照作业均严格执行操作规程，职业人员在确保工作场所内无人停留后，方可开机作业；并在辐照室内设置人工急停按钮及开门按钮，并有醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

（2）为防止人员误入或误留机房造成辐射事故，加速器机房内各自设置了独立的多重联锁装置、巡检开关、警示装置、监控装置、急停装置、辐射监测装置等多项安全防护措施。机房出入口设计有电离辐射警告标志等。建设单位定期对安全联锁装置、报警装置、紧急急停按钮等进行检查，确保其正常运行。

(3) 对操作人员违规操作或误操作的问题，建设单位拟提前对操作人员进行技术培训，确保其掌握本项目加速器的操作流程和技术方法。在项目投运后，建设单位将加强管理，提高操作人员安全意识，禁止未经培训的操作人员操作工业电子加速器。

(4) 本项目电子加速器调试和检修工作全部由专业人员承担，检修时应取下加速器主控钥匙，携带个人剂量报警仪，采取必要的防护措施，以避免误照射事故的发生。

(5) 定期开展辐射防护知识的宣传、教育，最大程度避免事故的发生。

本项目可能发生的事故情况和对应的防范措施及应急处置详见表 11-15。

表 11-15 事故情况及应急处置

序号	事故类型分析	防范措施	应急处置方法
1	人员误入产生误照射	电离警示标识、迷道出入口警灯警铃和光电开关、安全联锁	立即按下急停开关或拉急停拉线，关闭电源，上报辐射领导小组；对误照人员进行紧急救治，拨打 110/120 报警，及时送医。
2	设备维修时，维修人员误照射	主控钥匙开关、个人剂量报警仪	

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款的要求，使用Ⅱ类射线装置的，应当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。

中金辐照成都有限公司已成立安全、环保、职业病防护管理领导小组及辐射安全与环境保护管理办公室，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确辐射安全管理机构和各成员的管理职责。

管理领导小组负责对本单位的员工落实安环职业病防护教育，落实上级精神，落实相关措施。小组长由公司的总经理担任，并按规定配备专（兼）职管理人员。贯彻落实上级和公司安全环保委员会的各项安全指令，实施安全生产监督、检查和教育，确保生产安全。

领导小组下设辐射安全与环保办公室（安环办），代表公司管理公司日常的辐射安全、安全生产、职业病防护和环境保护等事务。

建设单位目前配置的领导小组人员学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，且根据《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发〔2015〕40 号），建设单位为非医疗使用Ⅰ类源单位，已配备有 2 名注册核安全工程师（骆明刚、杜银）作为辐射防护负责人（辐射安全关键岗位），因此本项目管理人员配备能满足现有及本项目建成后的管理需求。

12.1.2 辐射人员管理

本项目拟配备辐射工作人员共 8 人，拟从社会招聘或从公司现有员工调配经培训考核合格后上岗。

(1) 个人剂量监测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

(2) 辐射工作人员培训

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管理办法》要求，所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）参加相应类别的培训学习，并报名参加考核，经考核合格后方可上岗。

建设单位拟组织新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，并取得成绩单考核合格后方可上岗。

(3) 辐射工作人员职业健康体检

新增辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，建设单位应当对其进行离岗前的职业健康检查，并建立个人职业健康档案。

12.1.3 年度评估报告

本项目射线装置应用项目正式开展后，建设单位应对开展的辐射活动辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

12.2 辐射安全管理规章制度

(1) 档案管理分类

建设单位应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“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”、“辐射应急资料”。

(2) 已建立主要规章制度

本项目涉及使用II类射线装置，中金辐照成都有限公司现已有较为完善的规章制度。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函[2016]1400号）的相关规定，将建设单位现有制度与规定要求的各项制度对照如表12-1。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
----	----	-------	------	----

1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制订	/
2		辐射安全管理规定	需完善	已制定放射源辐照相关管理规定，需制定辐照电子加速器相关管理规定
3		辐射工作设备操作规程	未制订	需制定辐照电子加速器相关操作规程
4		辐射安全和防护设施维护维修制度	未制订	需制定辐照电子加速器维护维修制度
5		放射源与射线装置台账管理制度	已制订	/
6	监测	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需完善	已制定放射源辐照场所监测方案，需制定辐照电子加速器场所监测方案
7		监测仪表使用与校验管理制度	已制订	/
8	人员	辐射工作人员培训制度	已制订	/
9		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制订	/
10		辐射工作人员岗位职责	需完善	已制定放射源辐照人员岗位职责，需制定辐照电子加速器人员岗位职责
11	应急	辐射事故应急预案	需完善	需完善辐照电子加速器辐射事件应急预案

根据四川省生态环境厅关于印发《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》应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。

目前建设单位已制定的规章制度包括：《辐射安全岗位职责》、《放射防护管理制度》、《密封放射源安全管理制度》、《设备检修维护制度》、《台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射监测方案》、《三废处理规定》等管理制度。

在建设单位管理领导小组领导下，明确各岗位人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度各岗位人员严格落实，制度执行情况较好。

鉴于建设单位目前尚未有辐照电子加速器设备，尚未有相关的辐照电子加速器设备防护管理制度，在本项目建设后运行中，建设单位应根据本项目的特点，对现有制度进行补充和完善，以保证电子加速器辐照灭菌项目安全有序开展。

12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建设单位已配备1台X-γ辐射剂量率巡检仪，每个辐射工作人员均应配备个人剂量计，并建立个人剂量档案。

每台工业辐照电子加速器配备 2 台固定式剂量监测报警仪（辐照室和主机室各 1 台），控制室配备 2 台便携式辐射监测报警仪，工作人员配备 2 台个人剂量报警仪。

12.3.1 工作场所及环境辐射监测

建设单位须委托有资质的单位定期对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，监测数据每年年底向当地生态环境主管部门上报备案。事故发生后，在事故处理前后对周围环境分别进行一次监测。

12.3.2 个人剂量监测

辐射工作人员工作时要求佩戴个人剂量计，送至有资质的部门进行个人剂量监测，个人剂量计监测周期一般为 30 天，最长为 90 天，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

12.3.3 监测计划

（1）监测内容：周围剂量当量率

（2）监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 辐射工作场所监测计划建议

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	加速器机房周围	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	辐照室及主机室各出入口，穿过屏蔽墙的通风、管线外口，各面屏蔽墙和屏蔽顶外30cm处、控制室及与辐照室、主机室相邻的各辅助用房等	委托监测
日常监测	加速器机房周围	周围剂量当量率	1次/月	按照国家规定进行	辐照室及主机室各出入口，穿过屏蔽墙的通风、管线外口，各面屏蔽墙和屏蔽顶外30cm处、控制室及与辐照室、主机室相邻的各辅助用房等	自行监测

（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建设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。

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。

12.3.4 日常巡检

必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查（检验）每台加速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

（1）日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目应至少包括以下内容：

- ①工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- ②辐照装置安全联锁控制显示状况；
- ③个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况。

（2）月检查

电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查，发现异常情况必须及时修复或改正。月检查项目至少应包括：

- ①辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；
- ②控制台及其他所有紧急停止按钮；
- ③通风系统的有效性；
- ④验证安全联锁功能的有效性；
- ⑤烟雾报警器功能正常。

（3）半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况应每6个月定期进行检查，发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围至少应包括：

- ①配合年检修的检测；
- ②全部安全设备和控制系统运行状况。

(4) 记录

公司必须建立严格的运行及维修维护记录制度，运行及维修维护期间应按规定完成运行日志的记录，记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项一般不少于下列内容：

- ①运行工况；
- ②辐照产品的情况；
- ③发生的故障及排除方法；
- ④外来人员进入控制区情况；
- ⑤个人剂量计佩戴情况；
- ⑥个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果；
- ⑦检查及维修维护的内容与结果；
- ⑧其他。

12.4 竣工验收

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成5个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。

12.5 辐射事故应急

建设单位已制定《辐射事故应急预案》，应急预案应包括应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等，其内容较全、措施具体，操作性较强。环评要求将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训

和应急及救助的装备、资金、物资准备。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门；同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表 12-3。

表 12-3 本项目从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用I类放射源，使用II类射线装置的，应当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	已成立安全、环保、职业病防护管理领导小组及辐射安全与环境保护管理办公室。
(二) 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	建设单位拟组织辐射工作人员参加环保部在线平台的辐射防护与安全培训，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	本项目不涉及放射性同位素。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	本项目加速器机房设计有电离辐射警示标志、安全联锁装置、巡检开关、急停按钮、门机联锁、报警装置、固定式剂量报警仪、防止人员误入光电开关等安全措施。本项目将按要求执行。
(五) 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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	拟为新增 8 名辐射工作人员配置个人剂量计，并拟配备 2 台个人剂量报警仪，1 台辐射剂量巡检仪。
(六) 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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已制订或需新增。
(七) 有完善的辐射事故应急措施	已制订，需完善。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	不涉及。

综上所述，中金辐照成都有限公司在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符

合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

(1) 项目名称：中金辐照成都有限公司扩建电子加速器辐照灭菌项目

(2) 建设单位：中金辐照成都有限公司

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设地点：四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号中金辐照成都有限公司

中金辐照成都有限公司拟在厂区内预留用地新建二期厂房（建筑面积 5218m²），在二期厂房中部区域建设 2 间电子加速器机房及其辅助用房，购置 2 台 10MeV 电子加速器，用于物品辐照灭菌、消毒。机房四周为二期厂房操作大厅，主要为工作人员转运和堆放已辐照和未辐照物品区域，二期厂房最北侧设置有地下消防水池。

在二期厂房南侧区域建设 2 间电子加速器机房及其辅助用房，购置 2 台 10MeV 电子加速器，用于物品辐照灭菌、消毒。

2 台电子加速器型号均为 IS1024，电子束最大能量 10MeV，束流强度 2.4mA，主束方向由上向下，属于 II 类射线装置。

2 间加速器机房南北并列，加速器机房为二层混凝土结构，首层为辐照室及控制室、剂量测量室和配电室等辅助用房，二层为主机室及备件间、电气设备间、排风机房等辅助用房。加速器装置主要放置于二层主机室，线状高能电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。

1 号加速器机房一层辐照室有效面积约 140m²，东侧防护墙为 3000mm 混凝土，南侧防护墙为 3500-4100mm 混凝土，西侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土，北侧防护墙为 2200-2800mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土。一层控制室有效面积约 39.7m²（12.8m×3.1m），剂量测量室有效面积约 18.4m²（5.4m×3.4m），配电室有效面积约 24.1m²（7.1m×3.4m），1、2 号加速器机房共用控制室。

1 号加速器机房二层主机室有效面积约 26m²，东侧防护墙为 2400mm 混凝土，南侧为“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，西侧防护墙为

2400mm 混凝土，北侧防护墙为 2200mm 混凝土，顶棚为 1500mm 混凝土。1 号加速器机房二层备件间有效面积约 24.4m² (10.6m×2.3m)，电气设备间有效面积约 64.5m² (12.9m×5m)，排风机房有效面积约 32.4m² (8m×4.05m)。

2 号加速器机房一层辐照室有效面积约 140m²，东侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土，南侧防护墙为 2200-2800mm 混凝土，西侧防护墙为 3000mm 混凝土，北侧防护墙为 3500-4100mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土。

2 号加速器机房二层主机室有效面积约 26m²，东侧防护墙为 2400mm 混凝土，南侧防护墙为 2200mm 混凝土，西侧防护墙为 2400mm 混凝土，北侧为“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，顶棚为 1500mm 混凝土。2 号加速器机房二层备件间有效面积约 24.4m²(10.6m×2.3m)，电气设备间有效面积约 64.5m² (12.9m×5m)，排风机房有效面积约 32.4m² (8m×4.05m)。

13.1.2 本项目产业政策符合性及实践正当性分析

经对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），本项目属于“六、核能 6 同位素、加速器及辐照应用技术开发”，为鼓励类产业，符合国家产业政策。

本项目的目的是开展辐射灭菌、消毒等辐照加工服务，可以促进相关产业的发展，实践过程中采取了可靠的辐射防护措施，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，其所获利益远大于可能因辐射实践所造成的损害，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。

13.1.3 本项目选址合理性分析

中金辐照成都有限公司位于四川省成都市彭州市致和镇柏江路一段 198 号，东侧为四川亨博智能制造有限公司，南侧为四川博凯消防有限公司和杰琪塑胶有限公司，西侧为成都贤隆电器有限公司，北侧为规划工业用地。

本项目 2 间加速器机房位于厂区内预留用地新建二期厂房操作大厅中部，二期厂房操作大厅为单层建筑。二期厂房东、南、北侧外均为厂区绿化和厂区围墙，西侧紧邻一期厂房。加速器机房共两层，一层为辐照室及控制室、剂量测量室和配电室等辅助用房，二层为主机室及备件间、电气设备间、排风机房等辅助用房。

本项目所在地为中金辐照成都有限公司预留用地，用地性质为工业用地，符合彭州市城市总体规划。

加速器机房周围50m 范围内主要为厂区内建筑物以及东侧四川亨博智能制造有限公司厂房、南侧四川博凯消防有限公司和杰琪塑胶有限公司厂房，无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

13.1.4 工程所在地区环境质量现状

本项目 γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 $109\pm 1\text{nGy/h} \sim 125\pm 2\text{nGy/h}$ （未扣除仪器对宇宙射线的响应值为 $139\pm 1\text{nGy/h} \sim 155\pm 2\text{nGy/h}$ ），本项目拟建区域内空气吸收剂量率水平与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量公报》（2021 年 6 月）中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果 $67.5\text{nGy/h} \sim 121.3\text{nGy/h}$ （未扣除仪器对宇宙射线的响应值）处于同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平。

13.1.5 环境影响分析结论

（1）电离辐射

本项目运营期主要为电离辐射的环境影响，项目建设均已采取了针对电离辐射有效的防护措施。项目的固有安全特性和各项安全措施满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979Z117-2018）的相关要求。经预测，设备正常运行时，加速器机房外人员可达区域屏蔽体外 30cm 处以及以外区域周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。项目所致辐射工作人员受照的最大年有效剂量为 0.84mSv ，满足工作人员年剂量约束值不大于 5mSv 的要求；公众受照的最大年有效剂量为 $1.03\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，满足公众年剂量约束值不大于 0.1mSv 的要求。

（2）废气

加速器停止工作后，辐照室内通风系统继续以 $14400\text{m}^3/\text{h}$ 的通风量工作，通过 3min 的通风排气，辐照室内臭氧浓度可达到《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1）中“臭氧最高容许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ”。

辐照室与主机室共用通风系统，辐照室风管向地下延伸 1.5 米，并在地下经过 2 道直角弯，从地下穿过辐照室的混凝土墙，在紧邻混凝土墙外侧部分连接排气筒，排气筒高 22 米。废气经通排风系统排出机房外，臭氧 50 分钟后可自然分解为氧气，氮氧化物产生额只有臭氧的 1/3，因此本项目的废气排出机房后对周围环境影响很小。

(3) 废水

本项目电子加速器拟配套循环冷却水系统，循环冷却水定期补充，不外排。

本项目废水主要为工作人员生活污水，本项目拟配备工作人员 8 人，生活污水产生按 50L/(人·天)计，每年工作 350 天，则本项目生活污水产生量约为 140t/a，产生的生活污水经化粪池预处理后纳入市政污水管网。因此，本项目开展后对区域水体环境影响较小。

(4) 固废

本项目固废主要为工作人员生活垃圾，本项目拟配备工作人员 8 人，无住宿，工作人员生活垃圾产生系数按 0.5kg/(人·天)计，每年工作 350 天，则本项目职工生活垃圾产生量约为 1.4t/a，产生的生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门清运。综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

(5) 噪声

本项目运行过程中产生的噪声，经房间隔声、距离衰减措施后，对项目区域外的声环境影响很小。

13.1.6 辐射防护措施符合性分析

本项目加速器机房的辐照室和主机室四侧墙体及屋顶均为混凝土屏蔽电子束和 X 射线，采取的是实体屏蔽方式。辐照室设置有迷道，射线散射次数均在 4 次以上，根据理论预测可知，加速器机房屏蔽设计均满足本项目“加速器机房外人员可达区域屏蔽体外 30cm 处以及以外区域周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h”的防护要求；

本项目加速器机房安全防护设施设计满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)辐照装置辐射安全设计的要求。

13.1.7 事故风险与防范

建设单位制订的辐射事故应急预案与安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻落实，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。鉴于建设单位目前尚未有辐照电子加速器设备，尚未有相关的辐照电子加速器设备防护管理制度，在本项目建设后运行中，建设单位应根据本项目的特点，对现有制度进行补充和完善，以保证电子加速器辐照灭菌项目安全有序开展。

13.1.8 环保设施与保护目标

建设单位拟配套的环保措施与设施齐全，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。

13.1.9 辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，人员落实，责任明确，人员配置合理，有辐射事故应急预案与辐射安全和防护管理制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对拟建电子加速器机房而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

13.2 项目环保可行性结论

本项目选址合理，建设符合彭州市总体规划；项目符合产业政策和实践正当性，建设单位在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，并落实本报告提出的各项辐射管理和辐射防护措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件的前提下，具备从事相应辐射活动的技术能力；项目运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从辐射安全和环境保护角度分析，本项目的建设和运行是可行的。

13.3 项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

本工程竣工环境保护验收一览表见表13-1。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

类别	环保设施（措施）
	本次新增
建设内容	<p>中金辐照成都有限公司拟在厂区内新建二期厂房（建筑面积 5218m²），在二期厂房内配套建设 2 间电子加速器机房及其辅助用房，并购置 2 台 10MeV 电子加速器，用于物品辐照灭菌、消毒。</p> <p>1 号加速器机房一层辐照室有效面积约 140m²，东侧防护墙为 3000mm 混凝土，南侧防护墙为 3500-4100mm 混凝土，西侧为“S”型双迷道，迷道内墙为 2600mm 混凝土，迷道中墙为 1400mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土，北侧防护墙为 2200-2800mm 混凝土，顶棚为 1000mm 混凝土，设备安装区顶棚为 300mm 混凝土。</p> <p>1 号加速器机房二层主机室有效面积约 26m²，东侧防护墙为 2400mm 混凝土，南侧为“L”型迷道，迷道内墙 1800mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，西侧防护墙为 2400mm 混凝土，北侧防护墙为 2200mm 混凝土，顶棚为 1500mm 混凝土。</p>

	<p>2号加速器机房一层辐照室有效面积约140m²，东侧为“S”型双迷道，迷道内墙为2600mm混凝土，迷道中墙为1400mm混凝土，迷道外墙为500mm混凝土，南侧防护墙为2200-2800mm混凝土，西侧防护墙为3000mm混凝土，北侧防护墙为3500-4100mm混凝土，顶棚为1000mm混凝土，设备安装区顶棚为300mm混凝土。</p> <p>2号加速器机房二层主机室有效面积约26m²，东侧防护墙为2400mm混凝土，南侧防护墙为2200mm混凝土，西侧防护墙为2400mm混凝土，北侧为“L”型迷道，迷道内墙1800mm混凝土，迷道外墙600mm混凝土，顶棚为1500mm混凝土。</p>
环评 手续 履行 情况	项目环评批复、辐射安全许可证
废气 处理	2间辐照室设计有机械排风系统，风管入口在辐照室内（加速器正下方，辐照室与主机室共用通风系统），风管向地下延伸1.5米，并在地下经过2道直角弯，从地下穿过辐照室的混凝土墙，在紧邻混凝土墙外侧部分连接排气筒，排气筒高22米。加速器辐照室设计通风量为14400m ³ /h，辐照室容积约280m ³ ，通风次数达到51次/h。
安全 装置	钥匙控制、门机联锁、门电磁锁、门限位与行人检测光电装置、束下装置联锁、警示装置、联锁开关（巡检、急停按钮、急停拉线）、防人误入装置、辐射监测装置、通风联锁、烟雾报警、监控装置、通风系统、监督区设置电离辐射警示标志
辐射 屏蔽 措施	各辐射工作用房墙体屏蔽材料和屏蔽厚度与环评一致。
个人 防护 用品	辐射工作人员个人剂量计8个 辐射工作人员个人剂量报警仪2个
监测	2台便携式辐射监测报警仪、4台固定式剂量监测报警仪
综合 管理	具有完善的操作规程、应急预案、辐射安全管理制度等 辐射工作人员需在生态环境部培训平台参加相应类别的培训学习，并报名参加考核，经考核合格后方可上岗 辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康体检档案

13.4建议和承诺

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

(2) 建设单位尽快组织本项目所有辐射工作人员到生态环境部培训平台 (<http://fushe.mec.gov.cn>) 参加相应类别的培训学习，并报名参加考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

(3) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置和密封性放射源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日前上报发证机关，报送内容包括：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存在的安全隐患及其整改情况；⑦其它有关

法律、法规规定的落实情况。

(4) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告当地生态环境主管部门和四川省生态环境厅。

(5) 本项目环评审批后，建设单位应及时到发证机关重新申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“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。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公章

年 月 日