

编号：RSHP-SC-202109110001

核技术利用建设项目
江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站
改造工程项目（辐射部分）
环境影响报告表
（公示本）

建设单位：重庆市三维环保有限责任公司

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

2021年11月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站

改造工程项目（辐射部分）

环境影响报告表

建设单位名称：重庆市三维环保有限责任公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：



通讯地址：重庆市江津区鼎山街道琅山大道2号附1号

邮政编码：402260

联系人：刘**

电子邮箱：40***0@qq.com

联系电话：131****2120

《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1.项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过30个字（两个英文字段作一个汉字）；

2.建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点；

3.行业类别——按国标填写；

4.总投资——指项目投资总额；

5.主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、公司、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等；

6.结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议；

7.预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填；

8.审批意见——由负责审批该项目的生态环境行政主管部门批复。

编制单位和编制人员情况表

项目编号	6wy1j5		
建设项目名称	江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程项目 (辐射部分)		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆市三维环保有限责任公司		
统一社会信用代码	915001167094578410		
法定代表人 (签章)	戴德培		
主要负责人 (签字)	罗富泽		
直接负责的主管人员 (签字)	周勇		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	南京瑞森辐射技术有限公司		
统一社会信用代码	91320106694645355K		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈朝晖	2014035320352013321405000117	BH019830	陈朝晖
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
邵立文	表1 项目基本情况 表2 放射源 表3 非密封放射性物质 表4 射线装置 表5 废弃物 表6 评价依据 表7 保护目标与评价标准 表8 环境质量与辐射现状	BH015205	邵立文
陈朝晖	表9 项目工程分析与源项 表10 辐射安全与防护 表11 环境影响分析 表12 辐射安全管理 表13 结论与建议	BH019830	陈朝晖

表 1 项目基本情况

建设项目名称		江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程项目（辐射部分）			
建设单位		重庆市三维环保有限责任公司 （统一社会信用代码： ）			
法人代表	戴德培	联系人	刘**	联系电话	131****2120
注册地址		重庆市江津区鼎山街道琅山大道 2 号附 1 号			
项目建设地点		重庆市江津区先锋镇双宝绣庄（江津区双宝垃圾填埋场）			
立项审批部门		重庆市江津区发展和改革委员会	项目代码	2104-500116-04-02-192089	
建设项目总投资（万元）	**	项目环保总投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	42.9%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<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	/			
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</p> <p>重庆市三维环保有限责任公司（以下简称“公司”）成立于 2001 年 10 月，属于重庆市江津区市政基础设施公益类区属国有企业，公司注册资本金 500 万元，主要从事江津区的城市生活垃圾项目的申报、建设和运营管理工作，现为重庆市江津区华信资产经营（集团）有限公司全资子公司。行业主管部门为重庆市江津区城市管理局。</p>					

目前，公司主要负责江津区（双宝）、蔡家和石门三个生活垃圾卫生填埋场以及渗滤液处理站的运营管理工作。其中：双宝生活垃圾填埋场位于江津区先锋镇双宝绣庄，总库容为 324 万立方米，建设规模为日处理生活垃圾 300 吨；蔡家生活垃圾填埋场位于江津区蔡家镇石佛村，总库容为 31 万立方米，建设规模为日处理生活垃圾 45 吨（现已停运）；石门镇垃圾处理场位于江津区石门镇白坪村，总库容为 62 万立方米，建设规模为日处理生活垃圾 65 吨（现已停运）。

二、项目由来

随城市规模扩大、人口增加、垃圾产生量增大，垃圾填埋场渗滤液产生量逐步增大，同时由于餐厨沼液的增加，致使江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站处理量日渐达到饱和，甚至出现超负荷运行的情况，亟需对该渗滤液处理站进行升级改造。

经重庆市三维环保有限责任公司仔细研究，多方考察，决定在现有渗滤液处理站渗滤液处理工艺的基础上，增加“电子束辐照氧化技术”对江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站进行技术改造，需使用 1 台 1.5MeV 工业电子加速器（属 II 类射线装置）。

为此，项目建设单位重庆市三维环保有限责任公司于 2021 年初向重庆市江津区发展和改革委员会提交立项申请，并于 2021 年 4 月 6 日取得了重庆市江津区发展和改革委员会关于该项目的立项批复，项目代码：2104-500116-04-02-192089，详见附件 2。其具体建设内容：在原双宝垃圾填埋场渗滤液处理系统基础上，新增电子束辐照污染系统，通过优化处理工艺流程，使其达标产水量从当前的 210 吨/日提高至 400 吨/日。在实现浓液全量化达标处理的同时，增加达标产水量。该项目总投资约**万元。

三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设方重庆市三维环保有限责任公司需对该项目进行环境影响评价。

根据《射线装置分类》可知，工业辐照用加速器属于 II 类射线装置。依据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“**生产、使用 II 类射线装置的**”应编制环境影响报告表，并在取得环评批复后及时申领辐射安全许

可证。

为此，重庆市三维环保有限责任公司委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1，本报告表只对核技术利用部分进行评价，不包括技改项目中其他建设内容的环境影响评价内容，建设单位拟根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》等相关法律法规要求对技改项目的其他内容办理环境影响评价手续）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程（辐射部分）项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：

1、对江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程（辐射部分）项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。

2、对项目拟建地址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。

3、提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。

4、满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

四、项目概况

项目名称：江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程项目（辐射部分）

建设单位：重庆市三维环保有限责任公司

建设地点：重庆市江津区先锋镇双宝绣庄（江津区双宝垃圾填埋场）

1、建设内容与规模：

重庆市三维环保有限责任公司拟在江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站新建 1 栋渗滤液辐照厂房，包括 1 座工业电子加速器机房及其配套的 EB 进水池、EB 出水池、铁碳反应器、污泥池、硝化反硝化滤池和交配电间等辅助用房。项目总占地面积约 375m²，总投资 1864 万元，其中环保投资约 800 万元，建设工期约 4 个月。

公司拟在渗滤液辐照厂房东部建设 1 座工业电子加速器机房，占地面积约 90.4m²，包括一层辐照室、控制室和二层设备层。辐照室和控制室分别为混凝土结构和砖混结构。其中，一层辐照室净空尺寸为：长 5.6m×宽 5.2m×高 2.7m，辐照室四面墙体、

迷道、顶部和底部均为钢筋混凝土结构（密度 $\geq 2.35\text{g/cm}^3$ ）。辐照室东、南、西侧屏蔽墙体和顶部厚度均为 1400mm；北侧“II”型迷道内墙厚度为 1000mm，中间墙体厚度为 1000mm，外墙厚度为 500mm；底部屏蔽厚度为 1500mm；辐照室防护门为 40mm 厚的钢防护门。二层设备层主要布置主机钢桶、冷却水循环系统、高频机和气体系统等设备。

公司拟在工业电子加速器机房内安装使用 1 台由中广核达胜加速器技术有限公司生产的半自屏蔽型工业电子加速器（型号：DDLH1.5/66-1600，主机自带屏蔽，属于 II 类射线装置）。工业电子加速器电子束主射方向竖直向下，额定电子线能量为 1.5MeV，额定电子束流为 66mA，年出束时间约 8000h，用于对渗滤液辐照氧化处理。

本项目核技术利用项目见表 1-1，工业电子加速器主要性能参数见表 1-2。

表 1-1 本次拟新增核技术利用项目情况一览表

序号	射线装置名称型号	数量	电子线能量 MeV	束流强度 mA	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	备注
1	DDLH1.5/66-1600 型工业电子加速器	1	1.5	66	II类	渗滤液处理站	使用	本次环评	/

表 1-2 本次拟配备的工业电子加速器主要性能参数

型号	DDLH1.5/66-1600
工作场所	江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站
生产厂家	中广核达胜加速器技术有限公司
最大电子线能量	1.5MeV
最大束流强度	66mA
最大束流功率	99kW
主机束流损失点能量	0.2MeV
束流损失率	1%
主射束方向	0°
电子扫描宽度	1600mm
工作方式	连续

2、项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-3。

表 1-3 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
渗滤液辐照厂房主体工程	主体结构 渗滤液辐照厂房		1 栋，主体 1F、部分-1F/2F，框架结构，长约 29m，宽约 21.4m，高 13.5m，总建筑面积约 375m ² ，布置 1 座工业电子加速器机房、EB 进水池、EB 出水池、铁碳反应器、污泥池和硝化反硝化滤池等。其中厂房 1F 地面标高+4.30m（辅助反应池的池顶遮雨棚高度），渗滤液辐照厂房 2F 地面标高+13.5m。	
	工业电子加速器机房	辐照室	辐照室四面墙体、迷道、顶部和底部均为钢筋混凝土结构（密度≥2.35g/cm ³ ）。辐照室东、南、西侧屏蔽墙体和顶部厚度均为 1400mm；北侧“Π”型迷道内墙厚度为 1000mm，中间墙体厚度为 1000mm，外墙厚度为 500mm；底部屏蔽厚度为 1500mm；辐照室防护门为 40mm 厚的钢防护门。	
		设备层	布置主机钢桶、冷却水循环系统、高频机和气体系统等设备。项目主钢桶（直流高压发生器）厚度为 14mm 钢板；加速器侧钢桶（束流加速系统）的电子加速器加速管外垂直方向的辐射防护设施为 3mm 钢板+30mm 铅板+12mm 钢板，检修口为 85mm 钢板，顶部采用 90mm 钢板+60mm 铅板+15mm 钢板；底部采用 90mm 钢板；水平方向侧钢桶与主钢桶（直流高压发生器）之间的连接段辐射防护设施为 3mm 钢板+30mm 铅板+10mm 钢板；侧钢桶底部与电子加速器机房连接的区域为 400mm 钢板，两边搭接宽度均为 330mm。	
		控制室	位于渗滤液辐照厂房一层，位于辐照室北侧，面积约 28.2m ²	
		射线装置	工业电子加速器机房内安装使用 1 台由中广核达胜加速器技术有限公司生产的半自屏蔽型工业电子加速器（型号：DDLH1.5/66-1600，主机自带屏蔽，属于 II 类射线装置）。工业电子加速器电子束主射方向竖直向下，额定电子线能量为 1.5MeV，额定电子束流为 66mA，年出束时间约 8000h，用于对渗滤液辐照氧化处理。	
	其他辅助设备		辐照室内的水箱，通过管道将 EB 进水池的渗滤液通过水泵抽至水箱顶端，通过喷嘴喷射成厚度 3~6mm 的水膜，辐照后的渗滤液再通过排水管道排至 EB 出水池。	
辅助工程	配套建设 1 间交配电间		施工废水、扬尘、施工机械、噪声、建筑垃圾等	电子线、X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声等

环保工程	工业电子加速器机房设置机械排风系统，将辐照室内产生的臭氧、氮氧化物等废气引至室外经 15m 高不锈钢排气筒高空排放，设计风量约 7487~14974m ³ /h 的风机。		
公用工程	依托处理站已有的给水、排水等配套设施。	/	生活垃圾、生活污水
办公生活设施	利用处理站已有的办公生活设施等。	/	

3、工业电子加速器工作负荷及辐照对象

辐照对象：本项目主要辐照江津区双宝垃圾填埋场产生的垃圾渗滤液。

工作负荷：根据建设单位提供的资料可知，在满足电子加速器及束下传输系统限制的条件下，本项目工业电子加速器年工作约 330 余天，每天最多运行 24h，年工作时间约为 8000h。

4、本项目的工作制度、人员配置

人员配置：项目劳动定员 20 人，其中辐射工作人员 4 人，其余人员均负责渗滤液处理站内的其他事务。辐射工作人员组成采取定编、定员、定岗方式进行，主要负责辐照装置的正常运行、安检、质量管理等；公司内配备的辐射工作人员只参与工业电子加速器的运行，不负责工业电子加速器的维修与检修，设备的检修与维修均由厂家负责。

工作制度：本项目工业电子加速器 24 小时运行，项目辐射工作人员实行三班轮流制，每班 2 人，每班 8 小时工作制。

活动范围：本项目辐射工作人员在工业电子加速器设置开机运行后，仅在操作室内值班，不进入辐照室内。

后期随着工作量的不断增加，公司也将计划持续引进技术熟练的辐射工作人员，公司应做好辐射工作人员的管理工作。

五、本项目选址情况及周边保护目标情况

（一）与区域规划符合性分析

本次项目建设地点位于江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站内（地理位置图见附图 1）。

根据现场踏勘及区域规划，本项目用地范围内目前为空地，用地红线外东南侧、西南侧及东北侧均为规划的普通耕地，江津区先锋镇先锋组团土地利用规划图详见附图 2。

本项目位于江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站内，不涉及新增用地。且本项目为工业电子加速器辐照处理垃圾渗滤液，项目建设旨在利用“电子束辐照氧化技术”处理垃圾渗滤液，项目选址于此，提升垃圾渗滤液处理站的处理能力。本项目选址符合规划要求。

（二）“三线一单”符合性分析

（1）生态保护红线

本项目位于江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站内，根据对照江津区生态保护红线，本项目选址不涉及生态保护红线。

（2）环境质量底线

本项目仅辐照加工时会产生少量废气（ O_3 、 NO_x ）、员工生活污水和生活垃圾以及风机运行噪声，通过采取相应的环保措施，运行期对环境的影响较小，不会突破环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目运营期不生产产品，仅对渗滤液进行辐照氧化处理，运营期使用一定的电能及少量的水资源，项目资源消耗量较少，不会突破资源利用上线要求。

（4）环境准入负面清单

本项目属电子加速器辐照应用项目，根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，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。本项目的运营可提升江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站处理能力，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策，故不属于环境准入负面清单内的项目。

综上所述，项目选址符合“三线一单”相关要求的。

（三）外环境关系相容性分析

根据现场踏勘及区域规划，本项目用地范围内目前为空地，用地红线外东南侧、西南侧及东北侧均为规划的普通耕地，外环境相对较简单。

江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程项目（辐射部分）仅为内部升级改造，不新增用地。本项目拟新建 1 栋厂房，呈“L”型，工业电子加速器机房位于渗滤液辐照厂房东部，仅设 1 间控制室，渗滤液通过独立管道进出辐照室，且一层辐照室以下为实土层，2 楼设备层以上为厂房顶棚，正常情况下工业电子加速器周边无其他工作人员居留，有利于减少射线对公众成员的影响。

且拟建的辐射工作场有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址与

周围环境相容。

（四）保护目标

江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站周边以垃圾填埋场、耕田等为主，周边无居民区、学校等环境保护目标。本项目的主要保护目标为本项目的辐射工作人员、厂内其他工作人员及 50 米范围内其他公众。

综上所述，项目选址符合规划，与周边环境相容，周边无居民区、学校等环境保护目标，故项目选址是合理的。

六、项目单位核技术应用现状及其他环保手续履行情况

重庆市三维环保有限责任公司尚未开展过核技术利用项目，本项目属于新建项目，是公司首次开展核技术利用项目。

本报告表只对核技术利用部分进行评价，不包括技改项目中其他建设内容的环境影响评价内容，建设单位拟根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》等相关法律法规要求对技改项目的其他内容办理环境影响评价手续。

江津区城市垃圾卫生填埋场渗滤液处理站于 2013 年完成了《江津区城市生活垃圾处置场扩建项目》的环境影响评价工作，并于 2013 年 5 月 9 日取得了重庆市江津区环境保护局关于该项目的批复文件，批复文号为：渝（津）环批准[2013]069 号，详见附件 2。江津区城市生活垃圾处置场扩建项目于 2016 年开始动工，2019 年竣工，该项目于 2019 年 6 月 6 日完成了自主竣工环境保护验收，验收意见见附件 2。

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加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	工业电子加速器	II类	1	DDLH1.5/66-1600 型	电子	1.5	66mA (最大束流强度)	工业辐照	渗滤液处理站	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧常温下约 50 分钟后自动分解为氧气，对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（修订版），国家主席令第9号公布，2015年1月1日起修订施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），中华人民共和国主席令第24号公布，2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第6号公布，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《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，2005年12月1日起施行；2019年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第20号，2021年1月4日起修订施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，（2021版），生态环境部第16号令，自2021年1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公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 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》原国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日起实施；</p> <p>(11) 《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；</p> <p>(12) 《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，2019年部令第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(13) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(14) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用。</p> <p>(15) 《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</p>
------------------	---

	<p>态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>(16) 《重庆市环境保护条例》，2018年7月26日施行修订版；</p> <p>(17) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第338号），2021年1月1日起施行；</p> <p>(18) 关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，重庆市环境保护局，渝环[2017]242号。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；</p> <p>(5) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）；</p> <p>(6) 《电子辐射工程技术规范》（GB50752-2012）；</p> <p>(7) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）；</p> <p>(8) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(10) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）；</p> <p>(11) 《辐射加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范》（T/CNS 1-2016）；</p> <p>(12) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；</p> <p>(13) 《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）；</p> <p>(14) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；</p> <p>(15) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；</p> <p>(16) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；</p> <p>(17) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。</p> <p>(18) 《核应急管理导则——放射源和辐射技术应用应急准备与响应》国防委、卫生部，2003年2月21日；</p> <p>(19) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(20) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。</p>

其他	<p>附件：</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 委托书；(2) 一般项目环评批复；(3) 本项目辐射环境现状监测报告；(4) 项目备案证；(5) 设计图纸。
----	--

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>根据本项目的特点并参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。<u>放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围</u>”，确定本项目评价范围为本次新建的工业电子加速器机房实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 3。</p>																																	
<p>保护目标</p> <p>本项目主要考虑工业电子加速器工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本项目工业电子加速器机房周围 50m 评价范围东侧、南侧和北侧部分位于公司厂区厂界外，其余方向均位于厂区内部，评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，项目运行后的环境保护目标主要为工作场所内的辐射工作人员、其他工作人员和本项目周围公众。详见表 7-1。</p> <p style="text-align: center;">表 7-1 主要环境保护目标</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">保护目标名称</th> <th style="width: 40%;">方位、最近距离</th> <th style="width: 10%;">高差</th> <th style="width: 10%;">规模</th> <th style="width: 20%;">控制目标</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>辐射工作人员</td> <td>北侧控制室，紧邻辐照室</td> <td>0m</td> <td>约 4 人</td> <td>5mSv</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">厂内公众</td> <td>机房西侧综合配电间，30m</td> <td>2m</td> <td>约 2 人</td> <td rowspan="3">0.1mSv</td> </tr> <tr> <td>机房西侧综合处理间，25m</td> <td>2m</td> <td>约 2 人</td> </tr> <tr> <td>渗滤液处理站周围的其他人员，0~50m</td> <td>/</td> <td>约 16 人</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">厂外公众</td> <td>渗滤液处理站门口花椒烘房，45m</td> <td>1m</td> <td>约 2 人</td> <td rowspan="2">0.1mSv</td> </tr> <tr> <td>评价范围内的其他人员，0~50m</td> <td>/</td> <td>约 2 人</td> </tr> </tbody> </table>					保护目标名称	方位、最近距离	高差	规模	控制目标	辐射工作人员	北侧控制室，紧邻辐照室	0m	约 4 人	5mSv	厂内公众	机房西侧综合配电间，30m	2m	约 2 人	0.1mSv	机房西侧综合处理间，25m	2m	约 2 人	渗滤液处理站周围的其他人员，0~50m	/	约 16 人	厂外公众	渗滤液处理站门口花椒烘房，45m	1m	约 2 人	0.1mSv	评价范围内的其他人员，0~50m	/	约 2 人
保护目标名称	方位、最近距离	高差	规模	控制目标																													
辐射工作人员	北侧控制室，紧邻辐照室	0m	约 4 人	5mSv																													
厂内公众	机房西侧综合配电间，30m	2m	约 2 人	0.1mSv																													
	机房西侧综合处理间，25m	2m	约 2 人																														
	渗滤液处理站周围的其他人员，0~50m	/	约 16 人																														
厂外公众	渗滤液处理站门口花椒烘房，45m	1m	约 2 人	0.1mSv																													
	评价范围内的其他人员，0~50m	/	约 2 人																														
<p>评价标准</p> <p style="text-align: center;">1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）： 工作人员职业照射和公众照射剂量限值</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">对象</th> <th style="width: 80%;">要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>职业照射剂量限值</td> <td>工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv</td> </tr> <tr> <td>公众照射剂量限值</td> <td>实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv；</td> </tr> </tbody> </table>					对象	要求	职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv	公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv；																							
对象	要求																																
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv																																
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv；																																

②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

注册者和许可证持有者应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。

监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，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。

2、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）：

重点引用：

4.2 辐射防护要求

4.2.1 辐射防护原则

（1）辐射实践的正当性

电子加速器辐照装置的建设立项，必须进行正当性分析，以确定其该项目的正当性。

（2）辐射防护的最优化

电子加速器辐照装置的设计和建造要求所有照射剂量都保持在限值以内，并在考虑社会和经济因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均应保持在可合理达到的尽量低的水平，即 ALARA（As Low As Reasonably Achievable）原则。

（3）个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；
- b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

电子加速器辐照装置外人员可到达区域屏蔽体外表面 30cm 处以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5μSv/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。

本标准适用的能量不高于 10MeV 的电子束和能量不高于 5MeV 的 X 射线，在辐射屏蔽设计中不需考虑所产生的中子防护问题。

5 电子加速器辐照装置的辐射屏蔽

5.1 屏蔽设计原则

电子加速器辐照装置在屏蔽设计时，不仅要考虑最大束流功率时的屏蔽要求，在能量和束流强度可调情况下，还要考虑在最大能量和/或最大束流强度组合下的屏蔽差异。

5.2 屏蔽设计计算

5.2.1 屏蔽设计计算应包括：辐照室和主机室及各自迷道、屋顶、孔洞等。

5.2.2 屏蔽设计和计算结果应在设计文件中加以说明。

5.2.3 电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法可参见附录 A。对于专用 X 射线辐照装置，应根据加速器厂商提供的转换靶参数或 X 射线发射率进行计算。对于即可用于电子束辐照也可用于 X 射线辐照的辐照装置，应按照电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法计算。

6 电子加速器辐照装置的安全设计

6.1 联锁要求

在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。

安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。

安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

6.2 安全设施

(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联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用；

(2) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须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；

(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；

(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；

(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；

(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（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁；

(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；

(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；

(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；

(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。

6.3 其他要求

6.3.3 通风系统

(1) 主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定，有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。

(2) 臭氧的产生和排放，其计算模式和参数见附录 B。

(3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。

(4) 排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近空气与气象资料计算确定。

3、工作场所臭氧的控制水平

根据《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）及《工作场所所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）规定，工作场所空气中臭氧最高容许浓度为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4、项目管理目标值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等评价标准，确定本项目的管理目标：

(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 。项目管理要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 $1/4$ 执行，即 $5\text{mSv}/\text{a}$ 。

(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 。项目管理要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的 $1/10$ 执行，即 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ 。

(3) 工作场所内外控制剂量率：距离工业电子加速器屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 7-2 工业电子加速器项目相关评价标准及相关参数汇总表

年有效剂量控制			执行依据
执行对象	辐射工作人员	公众成员	
标准限值	$20\text{mSv}/\text{a}$	$1\text{mSv}/\text{a}$	GB18871-2002
剂量约束值	$5\text{mSv}/\text{a}$	$0.1\text{mSv}/\text{a}$	HJ979-2018 等
环境剂量控制			执行依据
电子加速器辐照装置	屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域 周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$		HJ 979-2018 等
通风要求			执行依据
加速器辐照室	臭氧浓度的接触限值： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$	氮氧化物的接触限值： $5\text{mg}/\text{m}^3$	GBZ2.1-2019

5、项目涉及的其他标准

(1) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）

项目所在区域声功能区为 3 类区，执行 3 类标准限值：昼间 65dB （A）、夜间 55dB

(A)。

(2) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB 12348-2008)

项目厂界噪声排放限值：3类，昼间 65dB (A)、夜间 55dB (A)。

(3) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)

施工场界环境噪声排放限值：昼间 70dB (A)、夜间 55dB (A)。

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

重庆市三维环保有限责任公司办公地点位于重庆市江津区鼎山街道琅山大道 2 号附 1 号。本次项目建设地点位于江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站内（地理位置图见附图 1）。江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站内周围环境示意图见附图 3。

本项目工业电子加速器机房位于江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站东部，渗滤液处理站东侧、南侧及北侧均为花椒种植地，西侧为污水池。

本次新建的工业电子加速器机房东侧为厂区内道路，南侧为硝化反硝化滤池，西侧为 EB 进出水池、交配电间及综合配电间，北侧为控制室及厂区内停车场，上方无建筑，下方为土层。工业电子加速器机房平面布置示意图见附图 4。

本项目周边环境现状见图 8-1~图 8-8。



图 8-1 厂区东侧花椒种植地



图 8-2 厂区南侧花椒种植地



图 8-3 厂区西侧综合配电间



图 8-4 厂区北侧停车场



图 8-5 厂区西北侧综合处理间



图 8-6 工业电子加速器拟建址



图 8-7 厂区北侧花椒烘房



图 8-8 厂区北侧花椒烘房

二、辐射环境现状调查

为掌握项目所在地的辐射环境现状，南京瑞森辐射技术有限公司于 2021 年 05 月 20 日按照标准规范对本次拟新建的工业电子加速器机房现场及周边环境进行了 γ 辐射剂量率的布点监测，监测报告见附件 3。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测仪器：FH40G+FHZ672E-10 型 X- γ 辐射剂量率仪（设备编号：NJRS-103，检定有效期：2021 年 01 月 18 日~2022 年 01 月 17 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2021-0002192）

能量范围：40keV~4.4MeV

剂量率范围：10nSv/h~100 μ Sv/h

监测因子： γ 辐射剂量率

监测日期：2021 年 5 月 20 日

天气：阴

温度：21°C

湿度：53%RH

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

监测方法和依据：

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测方法	监测依据
仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（证书编号：161012050353，检测资质见附件 3），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核并持有合格证书，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行三级审核。

监测结果与评价方法：参照《2020 年重庆市生态环境状况公报》（重庆市生态环境局），重庆市环境地表伽马空气吸收剂量率平均值为 95.9 纳戈瑞/小时。

监测结果见表 8-1。

表 8-1 拟建址周围 γ 辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）
1	拟建址东侧道路	95
2	拟建址东侧道路	105
3	拟建址南侧道路	109
4	拟建址南侧道路	85
5	拟建址西侧综合配电间外	85
6	拟建址北侧停车场	91
7	拟建址北侧停车场	87
8	拟建址东侧站外花椒烘房	86

注：1、测量数据未扣宇宙响应值；

2、工业电子加速器机房拟建址中央现状为水坑人员无法到达。

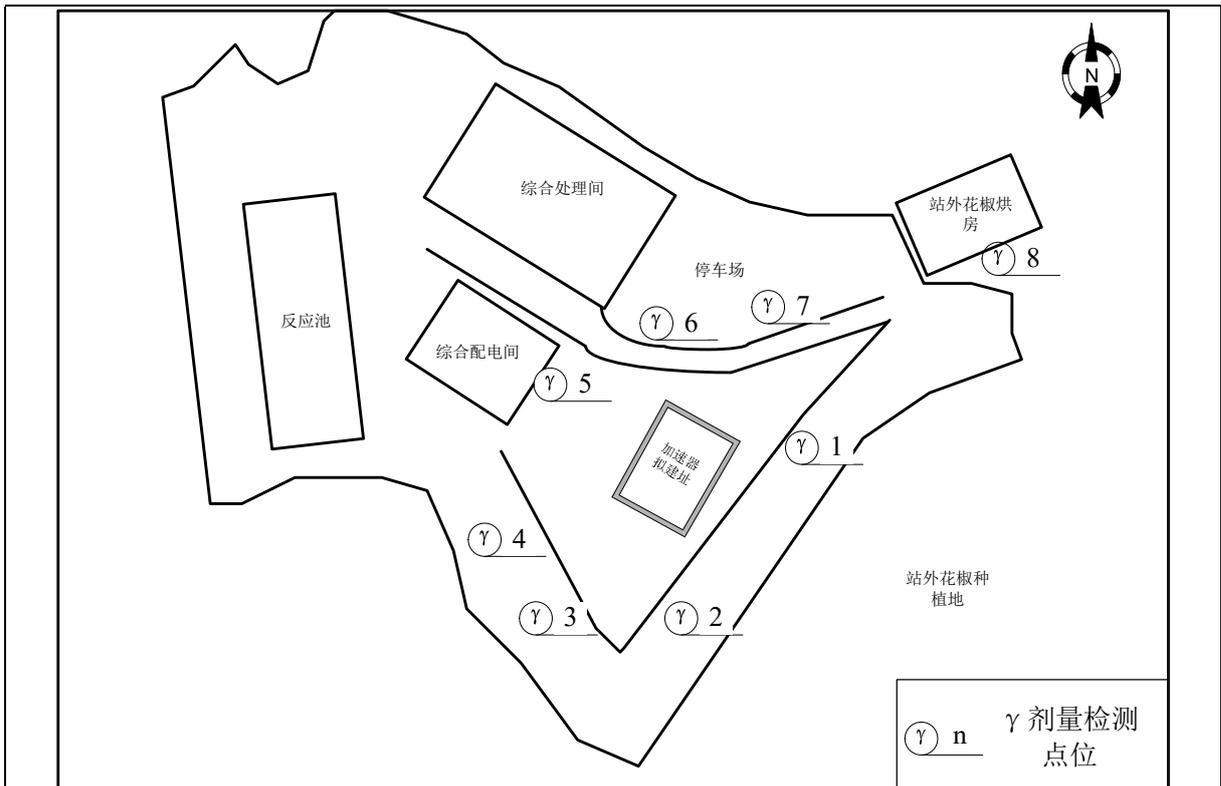


图 8-7 项目拟建址周围环境 γ 辐射监测点位示意图

由表 8-1 监测结果可知，江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程项目（辐射部分）拟建址周围环境贯穿辐射剂量率在 $85\text{nGy/h}\sim 109\text{nGy/h}$ 之间，位于重庆市环境天然贯穿辐射水平涨落区间，属重庆市环境天然贯穿辐射本底水平，场址辐射环境质量现状良好，能满足项目的建设需求。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、施工期工艺分析

本项目施工期主要在江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站内，涉及射线装置机房及其辅助用房的建设，设备安装、管线敷设及其他辐射安全防护设施的安装，其工艺流程及产污环节见图9-1。

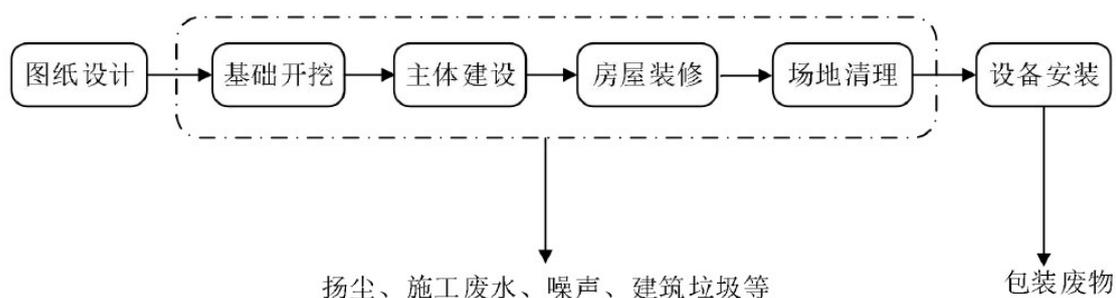


图9-1 项目施工期工艺流程及产污环节示意图

根据上图可知，本项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

1、噪声

项目噪声主要来源于材料搬运和切割、运输车辆、设备安装等。由于项目施工产生的噪声会对周围环境造成一定影响，为减少项目施工噪声对环境的影响，要求：

①加强施工队伍的管理，禁止高声喧哗，避免不必要的噪声发生；

②合理统筹施工进度和安排；

③禁止夜间施工，如需夜间施工应该办理夜间施工许可。由于本项目施工期较短，加强施工管理后，施工噪声对周围环境的影响可控制至最低程度，影响随着施工期的结束而结束。由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

2、固体废物

项目施工期产生的固体废弃物为建筑弃渣、装修垃圾以及工人生活垃圾。本项目装修垃圾分类收集，可利用部分回收处理，不可利用部分如建筑弃渣应按照规定路线并及时清运至政府指定的建筑垃圾填埋场；施工人员约10人，生活垃圾排放量按0.5kg/人·d 计算，则生活垃圾产生量约5kg/d，此类垃圾应经过垃圾桶收集后，由环卫部门统一处理。

3、废水

(1) 施工废水

本项目主要采用混凝土、实心砖墙等材料进行辐射防护，施工期产生的施工废水很少。

施工期施工单位采用容器拌合水泥砂浆，防止渗漏，严禁乱排乱倒。只要采取上述措施后，可以有效减少废水对周边环境的影响。

（2）生活废水

施工期人员按10人计，每人生活用水量为 $0.06\text{m}^3/\text{d}$ ，则施工期总生活用水量约 $0.6\text{m}^3/\text{d}$ ，生活废水排放系数取0.80，则生活废水排放量为 $0.48\text{m}^3/\text{d}$ ，本项目施工期不设施工营地，产生的生活污水依托既有设施处理。

4、扬尘

施工期的主要大气污染物为施工机械废气和施工扬尘等。

施工扬尘：施工产生的扬尘主要集中在土建施工阶段，按起尘的原因可分为风力起尘和动力起尘，其中风力起尘主要是由于露天堆放的建材（如黄沙、水泥等）及裸露的施工区表层浮尘由于天气干燥及大风，产生风力扬尘；而动力起尘，主要是在建材的装卸过程中，由于外力而产生的尘粒再悬浮而造成。据有关监测，在风速为 1.2m/s 或 2.4m/s 下，土方和灰土的装卸、运输、施工或现场施工时，距离下风向 $50\sim 100\text{m}$ 处颗粒物浓度为 $11.7\sim 5.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

施工机械废气主要为各类燃油动力机械在进行施工、运输等施工活动时排放的含CO、NO_x废气。

二、营运期工艺分析

重庆市三维环保有限责任公司拟在江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站新建1座工业电子加速器机房，并在机房内配备1台型号为DDLH1.5/66-1600型工业电子加速器，用于对渗滤液辐照氧化处理。本次新增使用的工业电子加速器为中广核达胜加速器技术有限公司生产，该工业电子加速器为半自屏蔽式，设备主体带有自屏蔽，无需设置主机室，辐照场所无自屏蔽，配套设置1间辐照室，采用混凝土墙体对辐照过程中产生的射线进行屏蔽防护。

（一）工程设备

本项目拟使用的工业电子加速器辐照装置由电子加速器、辐照室、传输设备、安全设施和控制系统，以及其他辅助设施5部分组成。

工业电子加速器的主要组成部分包括：高压系统、高频振荡器、加速管、电子枪、引出扫描系统、真空系统、气体处理系统、水冷系统、辐射防护监测系统和控制系统

等。中广核达胜加速器技术有限公司生产的卧式工业电子加速器主机钢桶见图 9-2，工业电子加速器主体结构示意图见图 9-3。



图 9-2 卧式工业电子加速器主机钢桶

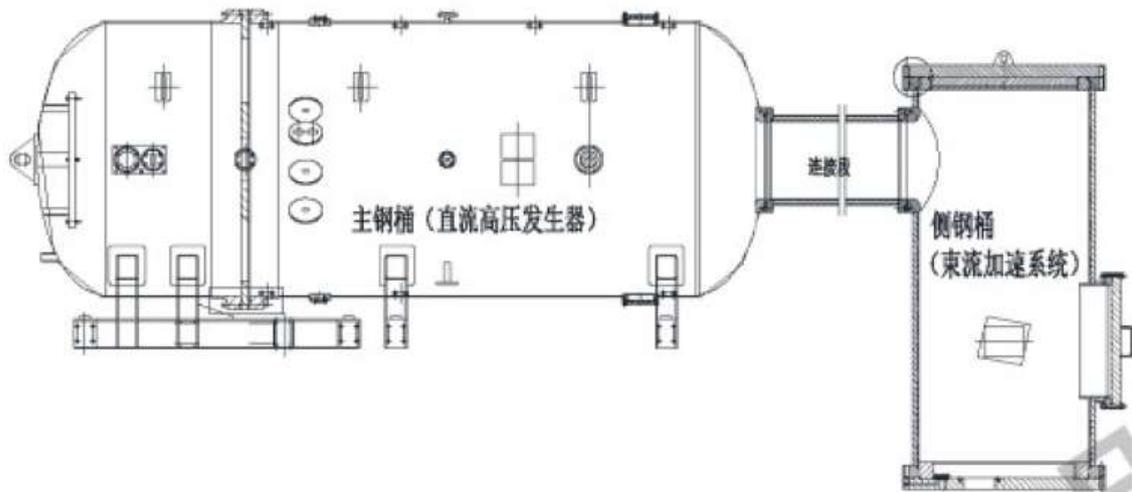


图 9-3 工业电子加速器主机结构示意图

1、直流高压发生器

直流高压发生器由高频振荡器和倍压整流芯柱组成

高频振荡器 的作用是把电网的电能为工频转换为 120KHz 左右的高频，其性能决定着加速器的最大束功转换效率。

振荡器的基本元件是振荡管。振荡管的供电采用阴极接直流负高压，阳极接直流地电位的模式，从而简化了振荡管的冷却回路。谐振回路由钢筒内的环形自耦变压器（构成回路的电感 L）和半圆筒高频电极与钢筒内壁和倍压芯柱之间的分布电容（构

成回路的电容 C) 组成。振荡管阳极与环形变压器初级之间通过高频电缆连接。栅极所需的正反馈电压则通过置于钢筒与高频电极之间的耦合电容板取得。

环形变压器是高频振荡器的关键部件，它需要在高频、高压和大功率负荷的条件下工作，要求漏磁小、Q 值高，结构牢固，制作和安装的工艺都要求较高。环形变压器的损耗仅次于振荡管，在相当程度上决定了加速器的束功转换效率。钢筒顶端安装有热交换器和风冷系统，把变压器散发的热量带走，并对钢筒内的其他部件进行冷却。

振荡管的直流负高压由可控硅直流稳压电源供电，它由一个工频三相升压变压器和一个三相桥式整流滤波单元组成，可输出 0~18kV、0~25A 的直流负高压。可控硅调节单元置于变压器初级回路中，用来改变初级进线电压从而调节振荡管的直流工作参数，以达到调节加速器端电压和束功的目的。可控硅调节单元还从加速器高压测量单元取得信号，通过计算机控制来稳定加速器的能量。



图 9-4 高频变压器

整流倍压系统 是以两块垂直地固定在钢筒底板上的绝缘板为骨架，在两块绝缘板上间隔均匀地从下至上各安装一排硅堆，两排硅堆彼此依次联接组成一条螺旋上升的硅堆整流链。在每个硅堆的连接点上水平地安装一个半电晕环，两列上下整齐排列的半电晕环，构成了整流倍压系统的圆柱外观，并把硅堆屏蔽在其中（参见图 9-5）。对称的两列半电晕环正好与固定在钢筒内壁的两个对称的半圆筒高频电极同轴对应，每个半电晕环与高频电极之间即构成了分布电容 C_{se} 。半电晕环和高频电极之间的尺寸配合精确，其表面平滑光亮。这种几何结构与静电加速器非常相似，其几何设计，必须既满足高频耦合参数的要求，也必须符合高压静电场的场形设计。

硅堆是加速器的关键部件之一。它由整流芯子和带保护球隙的金属屏蔽盒组成，每个硅堆的平均输出电压为 50kV。整流芯子由数百只硅二极管串联而成，其电路设计

采取了均压和限流措施。

所有高频高压和直流高压的部件都安装在压力钢筒内，充以 0.65MPa 的惰性干燥绝缘气体，使得加速器具有足够安全的绝缘强度。

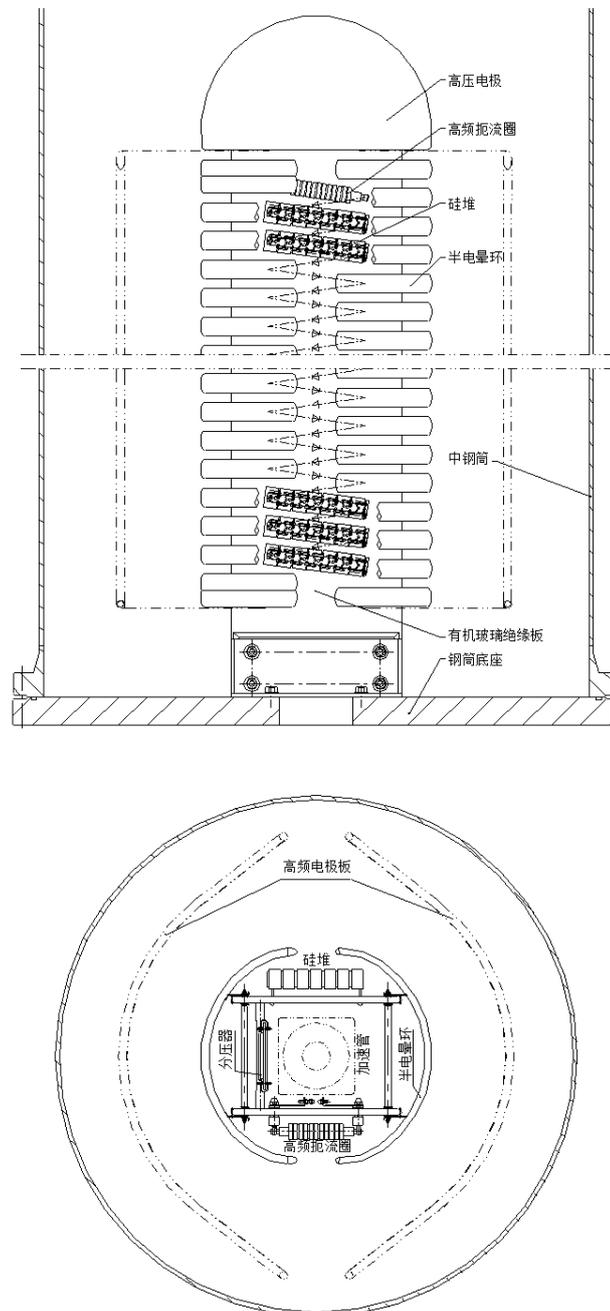


图 9-5 倍压整流芯柱

2、束流加速系统

束流加速系统由加速器管和电子枪组成。

加速器管 是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空中($10^{-5} \sim 10^{-6} \text{Pa}$) 稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场 ($0 \sim 20 \text{kV/cm}$)。由于真空中的击穿放电机制复杂，至今还不十分清楚，因此，加速器管成为加速器里最脆弱的环节，是各

类高压型加速器提高端电压的主要限制。在制造、运输、安装和运行时均须小心谨慎。

加速管的基本单元是长约 300mm 的工艺段，采用先进的金属陶瓷焊接工艺制成。整根加速管由一定数量的工艺段组装而成。由于在制造和装配过程中排除了有机污染，每个焊缝都经过严格的处理和检测，因此这种加速管比用有机胶粘接方法制造的加速管机械强度高，真空性能好，电性能优越，使用寿命也 longer。

加速管安装在整流芯柱的中心，顶端与高压球帽相接，底端接地。其电位分布大体与整流柱中的电位分布一致。加速管外侧装有均压电阻链，使其具有独立分压，每个绝缘环还装有保护放电球隙，以防止过电压冲击。加速器主体见图 9-6。

电子枪 加速管的顶端安装电子枪，电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极，钨丝直径 0~0.8mm。阴极加热后发出的电子被加速管上端的引出极（也称吸极）引出成束进入加速管加速。为了在钛窗处获得所需要的束斑尺寸，电子枪和引出区以及整根加速管的电场要合理配置，经计算确定。

电子枪的供电功率由置于高压球帽内的发电机提供。发电机由固定在钢筒底座上的变频电机通过一根绝缘轴带动。改变变频电机的工作频率，即可方便快速地改变发电机的转速从而改变电子枪的加热电流，达到调节束流的目的。这样的供电方式，束流和频率单一对应，跟随快，便于和束下装置联动，有利于提高工作效率和辐照产品的质量。图 9-7 所示为电子枪和加速管。

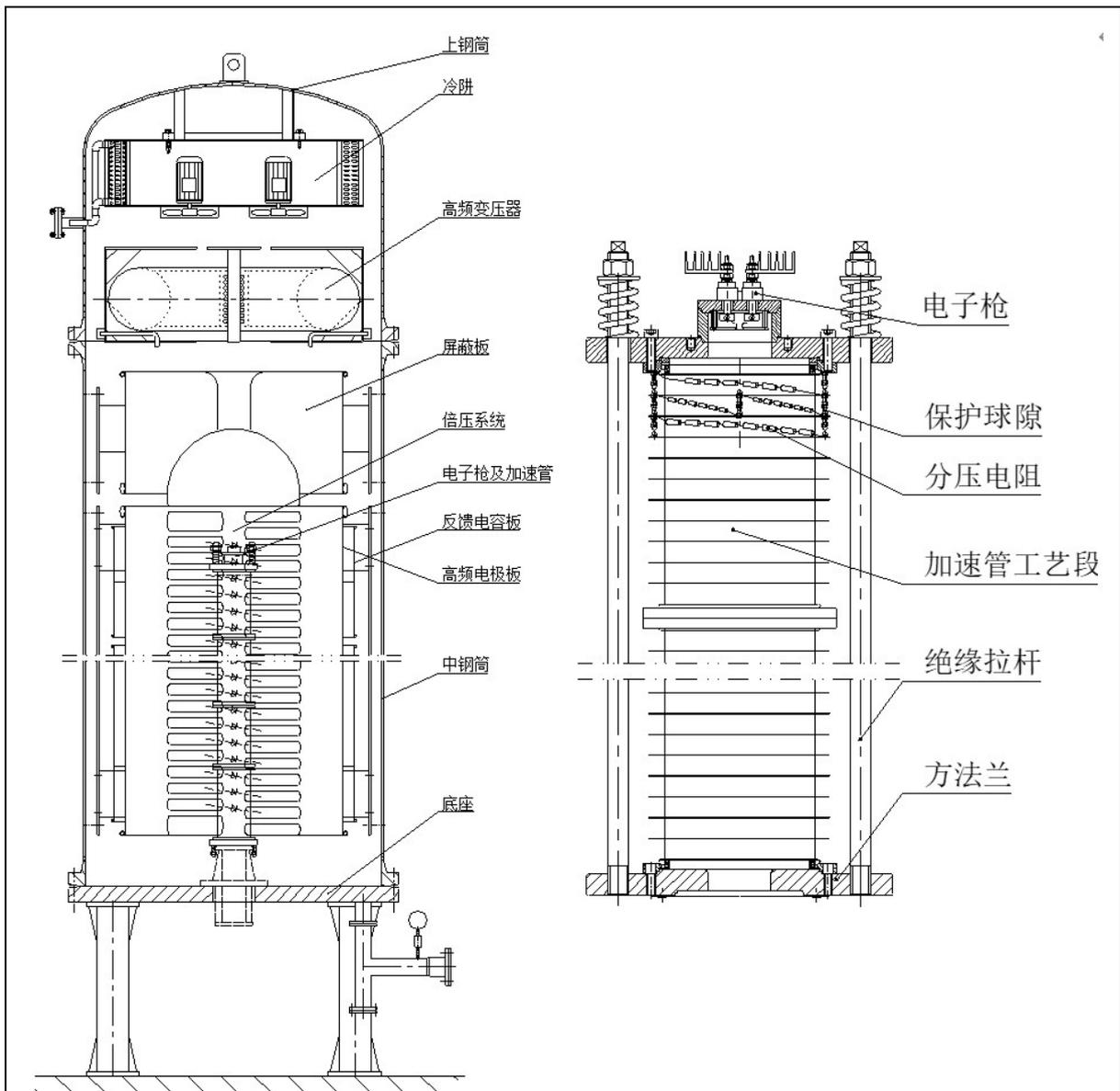


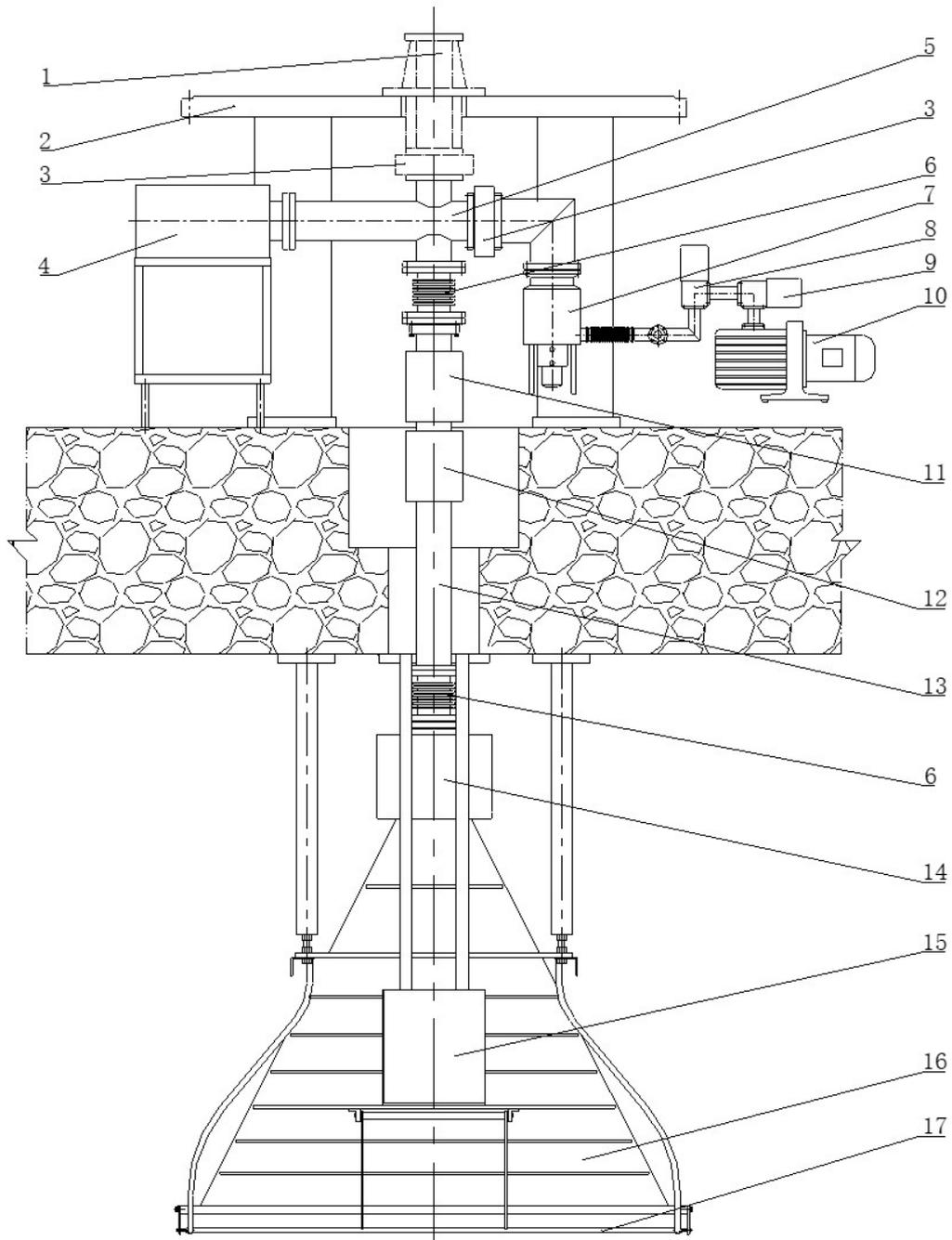
图 9-6 加速器主体

图 9-7 电子枪和加速管

3、扫描引出系统

电子束离开加速管后经漂移管进入辐照厅。穿过扫描磁铁组件时，在三角波磁场的作用下，进行 X 和 Y 相互垂直两个方向的扫描。最后经长条形的钛窗引出。钛箔的厚度既要有足够的强度以抵抗真空压力，又要尽量减少电子束在穿越时的能量损耗。即使如此，钛箔上的能耗仍旧相当可观，因此沿钛窗安装了一把风刀，针对钛箔进行强风冷却。

另外，在加速管出口至扫描磁铁之间的漂移管外面，还安装有聚焦线圈和导向线圈，用以调节束流的聚焦和方向。引出扫描系统见图 9-8。



1、加速管支架 2、钢筒底座 3、插板阀 4、溅射离子泵 5、四通 6、波纹管 7、分子泵 8、电磁真空截至阀 9、电磁真空带充气阀 10、机械泵 11、聚焦线圈 12、导向线圈 13、漂移管 14、芯管及扫描线圈 15、气动箱 16、扫描盒 17、束流挡板

图 9-8 真空抽气与引出扫描系统

4、绝缘气体处理系统

绝缘气体处理系统的功能有二：1) 加速器检修时回收气体，2) 通过气体的循环去除其中的水分和运行中因放电生成的有毒有害分解产物。

该系统的主要部件如下：

①储气筒，为加速器检修时储存惰性气体用。

②压缩机机组，由无油压缩机、干燥塔、过滤器及相应的管道部件组成，用于将气体向加速器钢筒或向储气筒进行压缩。

③真空泵机组

由真空泵、油过滤器及相应的管道部件组成，用于对钢筒和储气筒抽气。

在加速器检修打开钢筒前，它必须把钢筒内的惰性气体抽尽并输送到压缩机的入口以便压入储气筒；在加速器检修完毕灌气之前，它必须将钢筒内的空气抽尽，以保证纯度。

上述各部件被紧凑地集成在一个带有控制面板的机箱中，整个系统采用电动执行元件和程序控制，通过面板上的按钮操作，即可按规定自动完成相应的流程步骤，避免误动作。

（二）工作方式

本项目工业电子加速器的主要用途是对垃圾渗滤液处理站的渗滤液进行辐照氧化处理，垃圾渗滤液是通过水泵系统进出辐照室，仅需工作人员设定水泵系统参数后，系统自动运行。本项目拟使用的工业电子加速器辐照室北侧设有控制室，辐射工作人员在其设定加速器运行的相关参数后，加速器自动运行，期间仅需工作人员监控加速器的运行状态即可。本项目无需其他工作人员进行上下料等操作。

（三）工作原理及工艺流程

1、工作原理

本项目使用的工业电子加速器，由三大部分组成：加速器主机、高频振荡器、加速器控制台。其工作原理为：首先，将低压工频电能，用高频振荡器变成高频电能，输送给高压发生器；再将此升压的高频电压加在空间耦合容器上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成高能电子束，电子束从加速器出口输出，进入扫描空间，利用磁场将成束的电子扫开成一定的宽度，从金属膜构成的输出窗引出，对运动的被照物体进行辐照。

电子束辐照氧化技术是利用高压电场加速的电子束流对废水进行照射，高能电子与水分子相互作用，废水中水分子就会分解生成较强的氧化物质（如 e^{-1}_{aq} 、OH、 H_2O_2 、 O^2 等），这些强氧化物质与水中的污染物质（高分子物质、生物体（微生物等））相互作用，达到氧化分解废水中高分子有机物的目的。

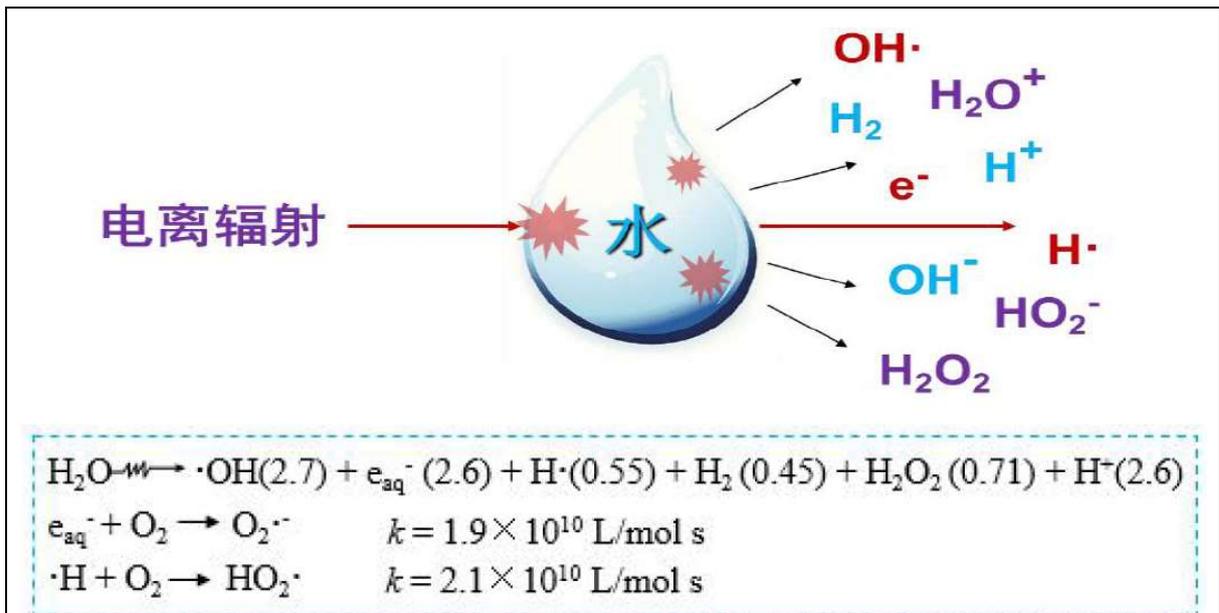


图 9-9 电子束辐照氧化技术工作原理图

2、工艺流程及产污环节

本项目在工业电子加速器开机出束，对渗滤液进行辐照时，加速器电子枪出束口在辐照室内，辐射工作人员位于工业电子加速器机房外采用隔室操作，电子加速器机房可为辐射工作人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入电子加速器机房。建设单位的辐射工作人员在工作时，均将携带处于开启状态下的个人剂量报警仪并佩戴个人剂量计。

本项目辐射工作人员使用电子加速器进行对渗滤液进行辐照的操作流程是：

- ①开机预热，设备自检；
 - ②检查加速器及系统状态，确认设备有无异常；
 - ③开启防护门，辐射工作人员对电子加速器机房（辐照室和二层设备层）进行巡视，确认无异常情况，关闭好防护门；
 - ④开启辅助系统：冷却系统、通风系统、真空系统、监控系统、供水系统联锁等；
 - ⑤确认相关辅助系统运行正常并再次确认无异常情况，设置运行参数；
 - ⑥开启供水系统排入渗滤液进入水槽，并开机出束，对渗滤液进行辐照；
 - ⑦本项目正常情况下，电子加速器会长时间处于开启状态，对渗滤液进行辐照。
- 在进行渗滤液辐照过程中，辐射工作人员只需在操作室密切关注相关仪表的参数，无需进入电子加速器机房进行任何操作。

在电子加速器开机出束对渗滤液进行辐照的过程中，电子韧致辐射会产生 X 射线和臭氧等有害气体。产污环节示意图见图 9-10。

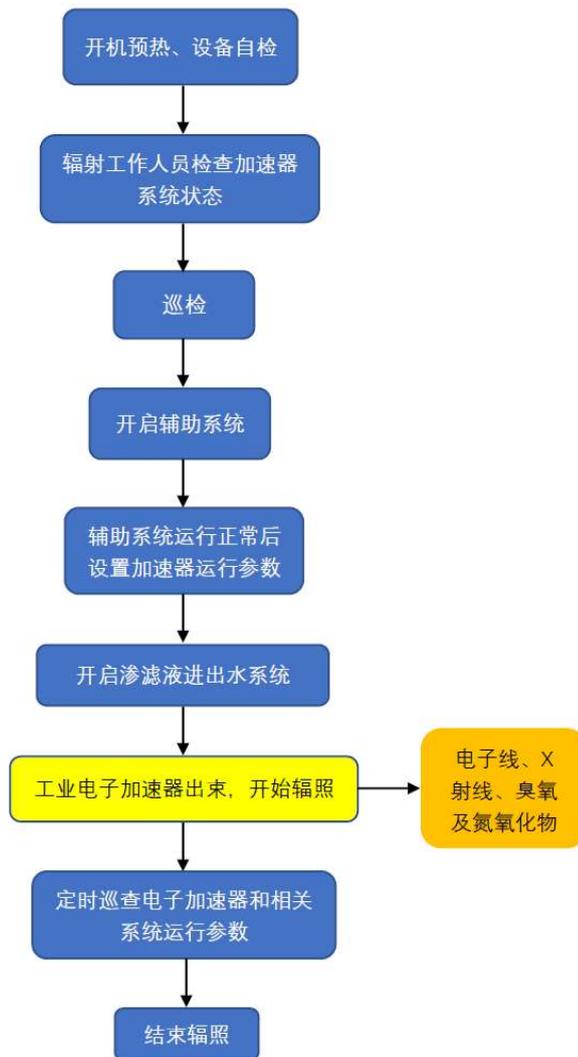


图 9-10 工业电子加速器对渗滤液辐照氧化处理工艺流程及产污环节示意图

由图 9-10 可知，本项目所使用工业电子加速器在运营中产生的主要污染为出束辐照过程中产生的电子束、韧致辐射产生的 X 射线和臭氧及氮氧化物等。

3、项目人流物流路径规划

(1) 人流路径规划

本项目工业电子加速器机房分为 2 层，辐照室布置在一层，二层为设备层。

一层辐照室设置有人流出入口，设置门禁，辐射工作人员进入辐照室进行巡检等工作时，刷卡进入，自辐照室入口处进入，检查是否有人员误留并依次有序按下巡检开关，直至辐照室出口处完成巡检复位；辐射工作人员经东南侧楼梯上二层进行巡检等工作，再原路返回进入控制室。工作人员路径见图 9-11。

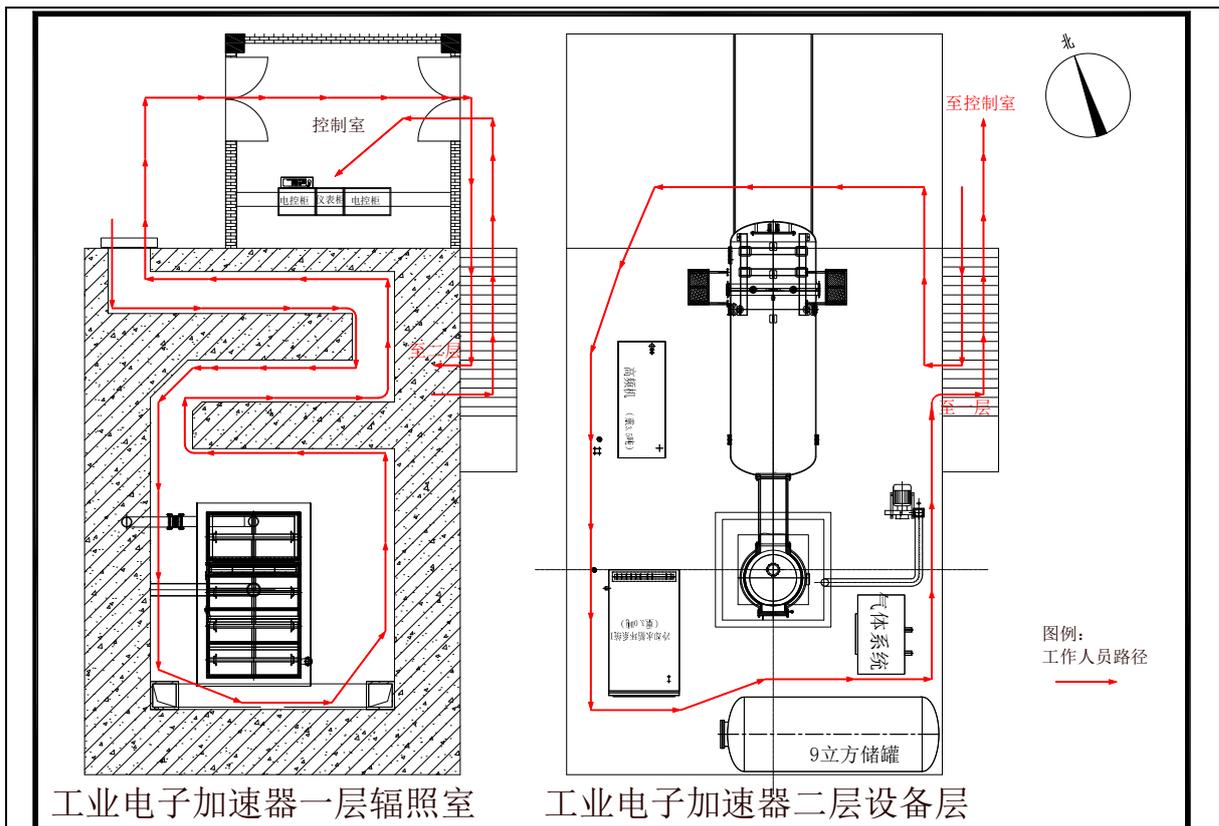


图 9-11 工作人员路径示意图

(2) 物流路径规划

根据建设单位设计，被辐照的渗滤液通过专用的预埋管道进出辐照室，渗滤液首先暂存于 EB 进水池内，利用水泵将渗滤液经过预埋的进水管泵入辐照室，到达水箱顶端，再通过喷嘴喷射出宽度约 1600mm，厚度 3~6mm 的水膜，工业电子加速器产生的电子束对渗滤液水膜进行辐照氧化，被辐照过的渗滤液由于重力的作用暂存在辐照室的水箱内，再通过预埋的管道将被辐照过的渗滤液排出，排至工业电子加速器西侧的 EB 出水池。以此连续运行对渗滤液进行辐照氧化。项目渗滤液路径示意图见图 9-12。

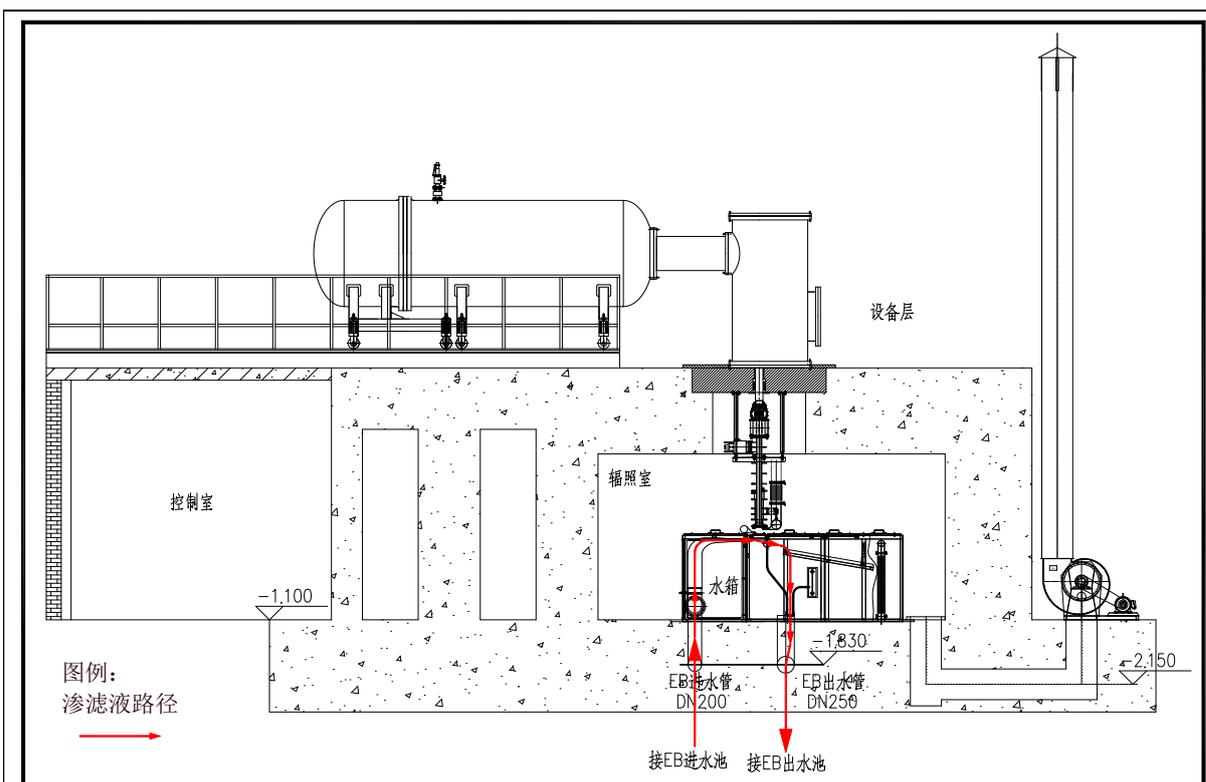


图 9-12 渗滤液路径示意图

污染源项描述

一、放射性污染

工业电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。其中辐照室内电子束打到机头及其他高靶物质时会产生韧致 X 射线，X 射线的贯穿能力较强，会对辐照室周围环境造成辐射影响，这部分 X 射线是本项目的主要 X 射线来源。此外，电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生少量 X 射线，均会对辐照室周围环境造成辐射污染。

由于电子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，在电子加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

本项目工业电子加速器机房内拟配备 1 台 DDLH1.5/66-1600 型工业电子加速器，工业电子加速器在最大电子射线束 1.5MeV 的能量下产生的韧致辐射，查《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A 表 A.1 中相应能量下电子束 X 射线发射率，90° 方向（朝向四周屏蔽墙和防护门）为 $1.0\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}\cdot\text{mA}$ 。电子束在辐照低 Z 材料（不锈钢阻挡板）上 X 射线发射率修正系数为 0.5，最大电流 66mA，则一层辐照室 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$ 为 1980Gy/h。

二、非放射性污染

(一) 废气

本项目运行过程中空气在强 X 射线电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。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。

臭氧的产生及其防护理论估算模式参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录 B 相关公式。

平行电子束所致臭氧的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P = 45dIG \cdots \cdots \text{公式 9-1}$$

式中： P —单位时间电子束产生臭氧的质量，mg/h；

I —电子束流强度，mA；本项目为 66mA；

d —电子在空气中的行程（cm），应结合电子在空气中的线阻止本领 $s=2.5\text{keV/cm}$ 和辐照室尺寸选取，本项目取 10cm（钛窗距离水膜的距离为 6~10cm）；

G —空气吸收 100keV 辐射能量产生的臭氧分子数，保守值可取为 10。

根据上述计算可知，本项目工业电子加速器所致 O_3 的产生率为 $2.97 \times 10^5 \text{mg/h}$ 。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 B 可知，氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，因此本项目工业电子加速器所致氮氧化物的产生率为 $0.99 \times 10^5 \text{mg/h}$ 。

(2) 废水

本项目工业电子加速器冷却水循环装置使用外购的去离子水，对加速器零部件进行循环冷却，不外排，只需定期补加。

营运期废水为生活污水，项目劳动定员 20 人，年工作约 330d，不设置食宿，用水量按 50L/人.d 计，则项目生活用水量约 $1.0\text{m}^3/\text{d}$ ，排污系数按 80%计，项目生活污水产生量约为 $0.8\text{m}^3/\text{d}$ 。

(3) 固废

本项目营运期产生的固体废物主要为员工生活垃圾，本项目劳动定员 20 人，年工作约 330d，每人每天生活垃圾产生量按 0.5kg 计，则项目生活垃圾产生量约为 $10\text{kg}/\text{d}$ 。

(4) 噪声

本项目工业电子加速器机房拟设置 1 台离心风机，工作时将产生一定的噪声，建设单位拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机，噪声源强一般在 (60-75) dB (A)。

根据以上分析可知，本项目营运期产生的污染因子情况见表 9-1 所示。

表 9-1 项目营运期污染因子一览表

污染物	污染因子	备注
电离辐射	X 射线	1.5MeV 电子辐照加速器 X 射线发射率为 $1.0\text{Gy}\cdot\text{m}^2\ \text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
	电子线	电子束最大能量为 1.5MeV
废气	O ₃ 、NO _x	1.5MeV 电子辐照加速器所致 O ₃ 的产生率为 $2.97\times 10^5\text{mg/h}$ 1.5MeV 电子辐照加速器所致 NO _x 的产生率为 $0.99\times 10^5\text{mg/h}$
生活污水	COD、SS、NH ₃ -N	1m ³ /d，化粪池收集后接入污水管网
固体废物	生活垃圾	10kg/d，环卫部门统一处置
噪声	噪声	低噪声节能排风机，源强约 60-75dB（A）

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局及分区

(一) 工作场所布局

重庆市三维环保有限责任公司本次拟建的 1 栋渗滤液辐照厂房，整个厂房呈“L”型，拟建的工业电子加速器机房位于厂房内东部，为地上一层混凝土结构，辐照室位于一层，室内布置电子加速器辐照窗，出束方向向下，辐照室建有迷道，入口处设有防护门。工业电子加速器主机（自屏蔽）等设备位于二层设备层，主要布置电子加速器的钢桶，主机钢桶外布置如冷却水循环系统、电源变频器和气体系统等辅助设施。

项目辐照的渗滤液通过预埋的管道进出辐照室，辐照室周边布置渗滤液辐照所用的辅助用房，如 EB 进出水池等。周边活动人员较少，有利于减少射线对公众成员的影响。

二层设备层周边设置有围栏，楼梯口设有门禁系统，禁止无关人员进入。设备层上方为渗滤液辐照厂房屋顶，无人员居留。

工业电子加速器机房控制室位于机房北侧，工业电子加速器工作时，辐射工作人员位于一层的控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况。工业电子加速器出束时，辐照室及二层设备层区域内均无人员停留。

从辐射防护与环境保护角度，项目的布局较合理。

(二) 工作场所分区

1、分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施。

监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：

控制区，如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；监督区，如设备控制室、

未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

2、项目分区

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将工业电子加速器机房的辐照室划为辐射防护控制区，工业电子加速器工作过程中，任何人不得进入控制区，并在辐照室防护门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明等，辐照室内拟设置相应的辐射安全措施；拟将控制室、二层设备层、加速器机房周围辅助设施作为辐射防护监督区，监督区边界地面明显处粘贴警示线及监督区标识，工业电子加速器开机工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员严格限制进入。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目工业电子加速器机房分区情况见表 10-1，分区示意图见图 10-1。

表 10-1 本项目控制区、监督区划分表

分区类型	划分区域
控制区范围	一层辐照室（包括迷道）
监督区范围	一层辐照室外相邻区域、二楼设备层等

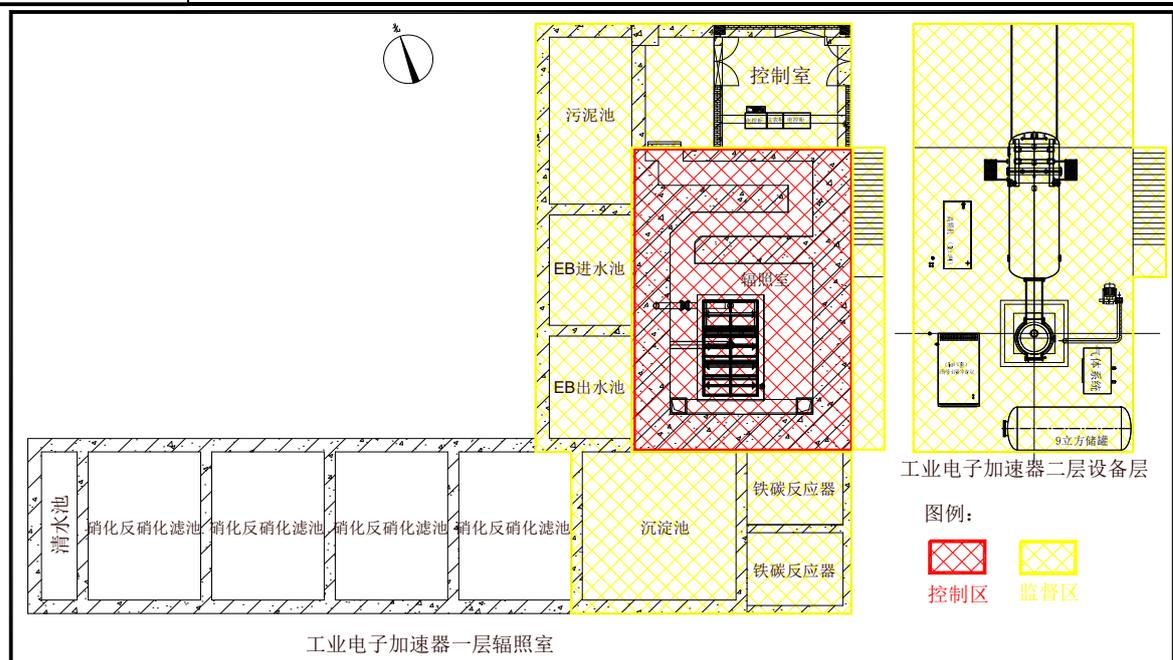


图 10-1 本项目加速器机房辐射防护分区示意图

二、辐射防护屏蔽设计

本项目工业电子加速器机房位于厂区东部，一层为辐照室，二层为设备层。一层、二层之间通过楼梯连接。本项目加速器机房屏蔽设计图见附图 5。

(一) 一层辐照室具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 工业电子加速器机房屏蔽设计参数表

射线装置	区域	位置	屏蔽设计（厚度及材质）	
工业电子加速器	辐照室	东墙	140cm 混凝土	
		南墙	140cm 混凝土	
		西墙	140cm 混凝土	
		北墙	迷道内墙	100cm 混凝土
			迷道中墙	100cm 混凝土
			迷道外墙	50cm 混凝土
		防护门	4cm 厚钢防护门	
		顶部	140cm 混凝土	
底部	150cm 混凝土			

注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm³。

(二) 主机钢桶固有屏蔽措施

本项目拟使用的 DDLHD1.5/66-1600 型工业电子加速器，是由中广核达胜加速器技术有限公司生产，该型号的加速器设备本身设计有辐射屏蔽措施（见图 10-2）。

本项目主钢桶（直流高压发生器）厚度为 14mm 钢板；加速器侧钢桶（束流加速系统）的电子加速器加速管外垂直方向的辐射防护设施为 3mm 钢板+30mm 铅板+12mm 钢板，检修口为 85mm 钢板，顶部采用 90mm 钢板+60mm 铅板+15mm 钢板；底部采用 90mm 钢板；水平方向侧钢桶与主钢桶（直流高压发生器）之间的连接段辐射防护设施为 3mm 钢板+30mm 铅板+10mm 钢板；侧钢桶底部与电子加速器机房连接的区域为 400mm 钢板，两边搭接宽度均为 330mm。在电子加速器设备生产时，以上辐射屏蔽设施与加速器主体结构共同构成 DDLHD1.5/66-1600 型电子加速器。

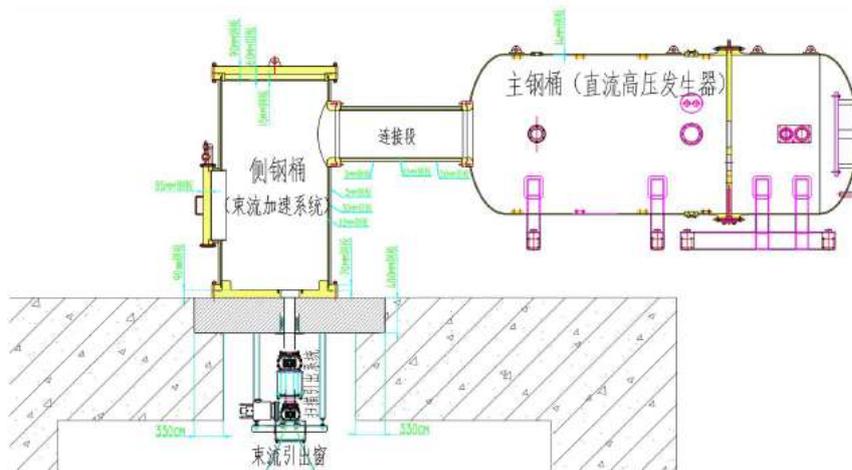


图 10-2 本项目加速器主机部分辐射屏蔽结构示意图

本项目工业电子加速器由中广核达胜加速器技术有限公司设计生产，该公司严格按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求进行出厂检测，确保钢桶屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率满足低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的相关要求，方可出厂。

（三）穿墙电缆、水管等辐射防护屏蔽设计

本项目管线主要采用“U”型穿过屏蔽墙体，避免对辐照室四周屏蔽墙体防护效果的影响。

渗滤液进出水管均采用“U”型穿墙方式预埋在辐照室地面内部，详见图 10-3。

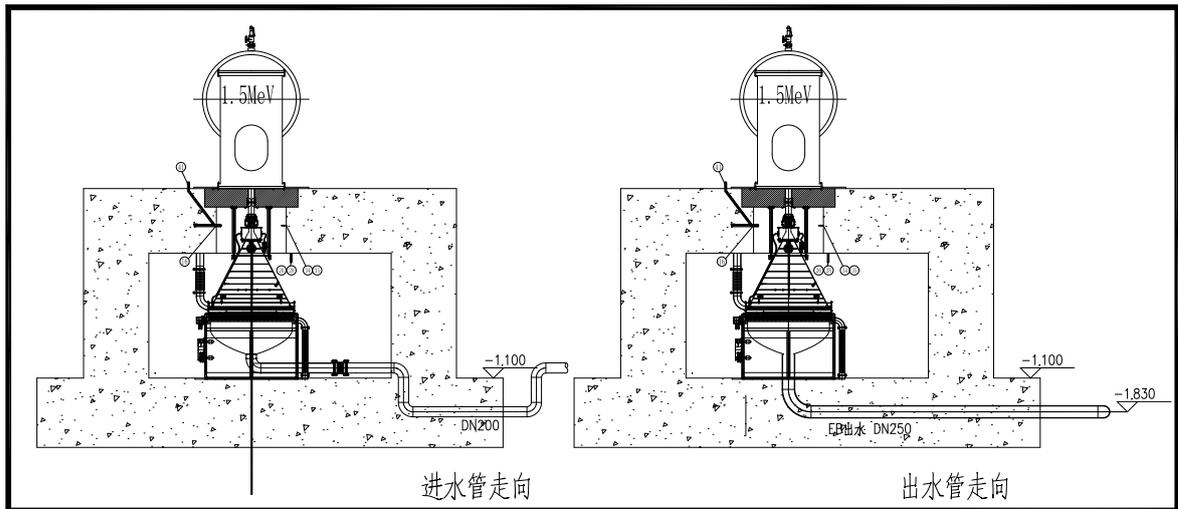


图 10-2 本项目进出水管穿墙示意图

本项目辐照室内不设置电缆沟，所有电缆等均预埋在墙体内部。二层设备层的电缆通过“Z”型穿墙方式穿过辐照室顶部进入辐照室，穿墙示意详见图 10-3。

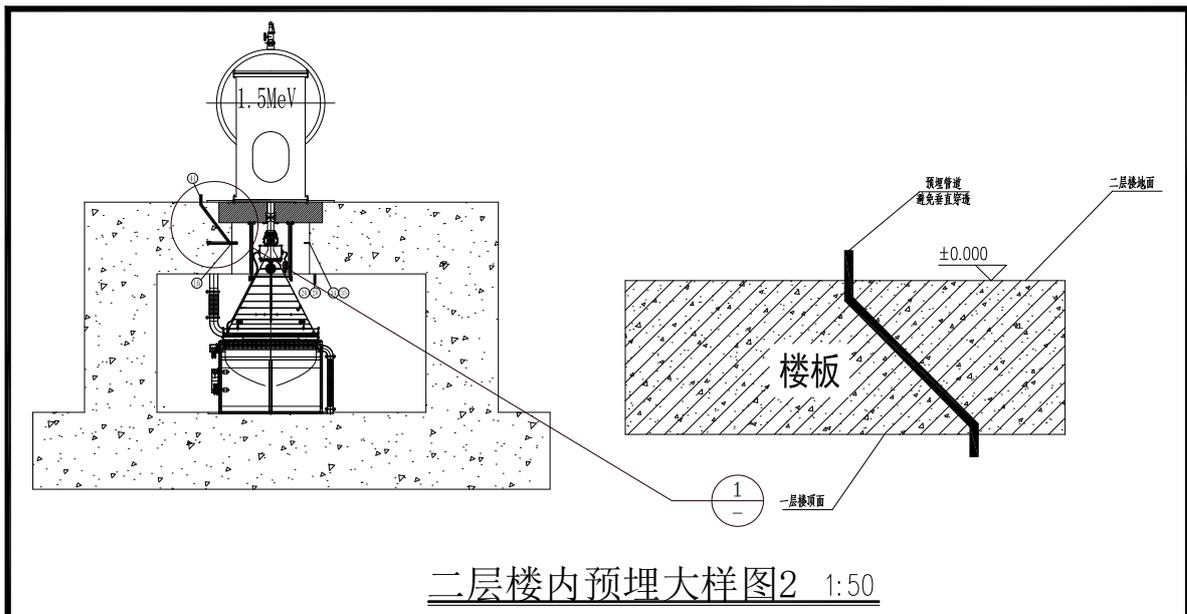


图 10-3 电缆沟剖面大样图

(四) 排风风道辐射防护屏蔽设计

本项目工业电子加速器辐照室设置 2 处排风口，位于南墙拐角处，设计为吸风地槽，通过深埋地下风道连接到排气口，风道孔径为 500mm×500mm，管线埋地深度约为 1000mm，排放口标高 15m。臭氧和氮氧化物通过排风管道排放至室外。辐照室进风为自然进风，未设置独立的进风管道。工业电子加速器运行期间及停机后风机一直保持运行，臭氧和氮氧化物等废气通过排风管道排出。因主机室不产生韧致辐射，无臭氧及氮氧化物产生，未涉及排风装置。排风管道平面图、剖面图见图 10-4。

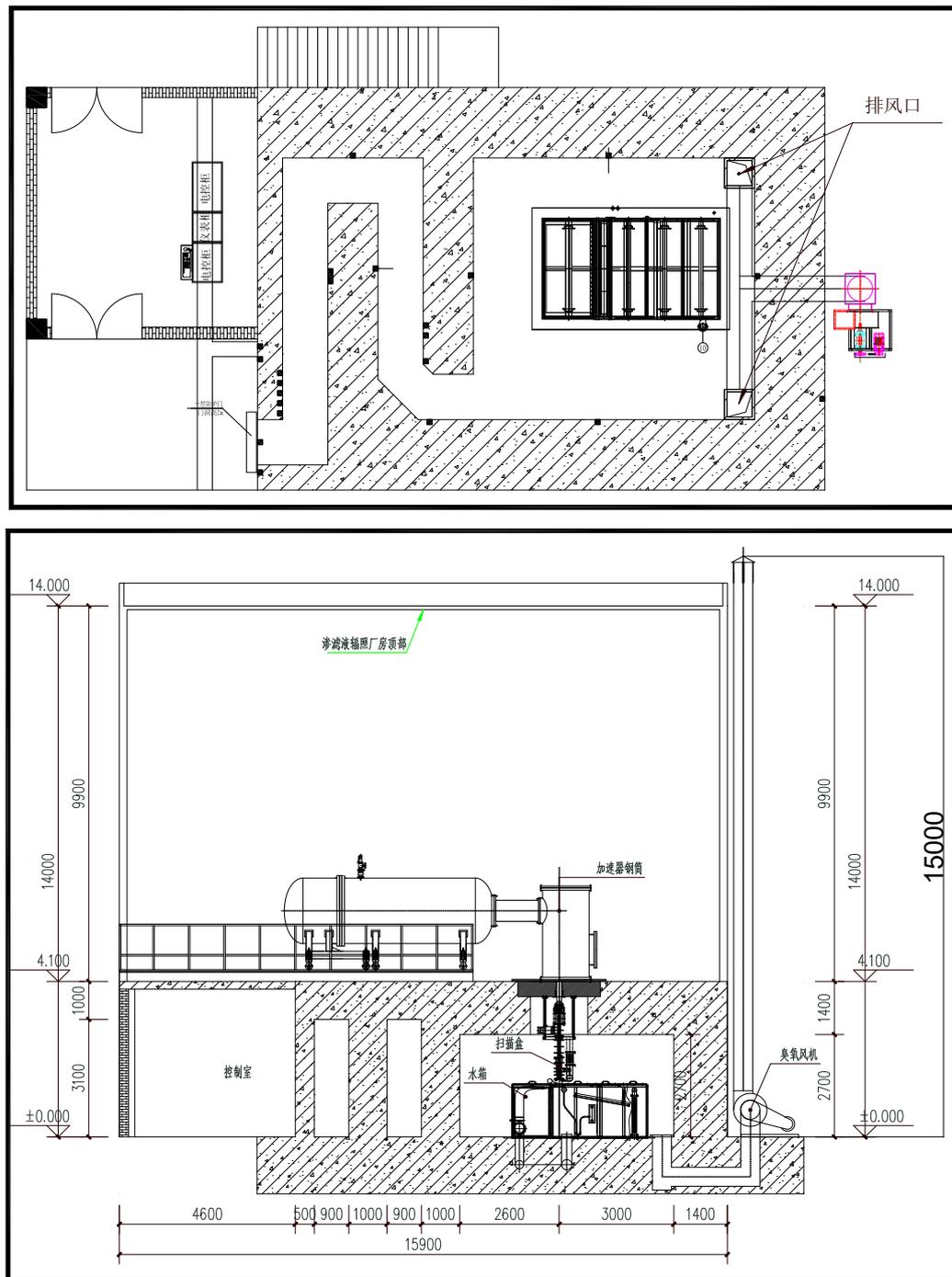


图 10-4 排风管道剖面示意图

三、辐射安全及防护措施

1、辐射安全措施

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定，在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

本项目电子辐照加速器采取了相适应的多层防护与安全措施（即纵深防御），充分体现了冗余性、多元性、独立性的安全原则，辐射安全与防护设施设计包括联锁系统、急停系统等内容，辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统符合相关标准规范，满足辐射安全要求。辐射安全与防护设施布置见图 10-3，安全联锁设施逻辑示意图 10-4 所示。

主要的辐射安全措施有：

（1）**钥匙控制**。本项目的工业电子加速器机房设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有工业电子加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动工业电子加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，工业电子加速器无法开机出束。同时，工业电子加速器的开关钥匙也是该工业电子加速器机房辐照室的防护门开关钥匙，并且辐照室防护门上的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要进入二层设备层时，该工作人员必须携带该工业电子加速器的开关钥匙。因此，工业电子加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开；在防护门打开的情况下，由于开关钥匙在防护门上，此情况下工业电子加速器必然无法开机出束。重庆市三维环保有限责任公司拟为电子加速器的辐射工作人员配备 4 台个人剂量报警仪，其中 1 台个人剂量报警仪与工业电子加速器的开关钥匙相连，工业电子加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。

（2）**门机联锁**。工业电子加速器辐照室防护门与电子加速器装置联锁，在防护门未闭合的状态下，电子加速器不能启动工作；在电子加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断电子加速器的高压，使电子加速器立即停止出束。

（3）**束下装置联锁**。辐照室内的渗滤液泵机系统与该辐照室内的电子加速器联锁。电子加速器未出束时，当辐照室内的渗滤液泵机系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器正常出束作业情况下，当辐照室内

的渗滤液泵机系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得该辐照室内的电子加速器立即停止出束。

(4) **信号警示装置**。辐照室防护门入口处、二层设备层入口处和辐照室内部设置灯光和音响警示信号，辐照室防护门入口处、二层设备层入口处醒目的“当心电离辐射警告标志”，辐照室防护门上方设置工作状态指示灯，工作状态指示灯与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近。

(5) **巡检按钮**。二层设备层和辐照室内拟设置“巡检按钮”，并与控制台连锁。电子加速器开机前，辐射工作人员进入设备层和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留；未按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。

(6) **防人误入装置**。辐照室人员出入口通道，设计有3道相互独立的光电装置（不同厂家或不同品牌的红外线感应装置）并分别与电子加速器连锁。3道光电装置安装高度分别距离地面0.8m、1m和1.2m，当有人员误入辐照室，身体将任意一处红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的声光警示声音。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室造成误照射。

(7) **急停装置**。在辐照室的入口处、迷道和辐照室各墙面均设计有紧急停机开关，紧急停机开关距地面高度约1.4m；在电子加速器控制柜上同样设计有紧急停机开关。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停止使用。当出现紧急情况时，只需按下任一紧急停机开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室内的四面墙壁上，距离地面高度约1.3m处，拟安装拉线开关。当拉线开关正常时，电子加速器方可启动进行出束作业；当电子加速器正常启动出束作业过程中，若拉拽拉线开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，电子加速器才能重新启动。在辐照室内靠近防护门处设置紧急开门装置，便于人员在紧急情况下撤离辐照室。

(8) **剂量连锁**。在辐照室的迷道内和主机钢桶旁拟设置固定式辐射监测系统探头，与辐照室的出入口门等连锁，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，辐照室防护门无法打开。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室、主机钢桶旁的辐

射水平。

(9) **通风联锁**。本项目拟在辐照室设置排风机与控制系统联锁，辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。加速器的控制软件设计有正常停机后排风机延迟关闭系统，即：电子加速器正常停止出束后，排风机将继续工作至少 5min，在 5min 内，即使对排风机发出停止工作指令，排风机仍将有效工作 5min。若电子加速器非正常停止出束，则排风系统的运行不受限制。

(10) **烟雾报警**。本项目拟在辐照室排风管道出口位置设置烟雾报警装置，遇有火险时，电子加速器将立即停机并停止通风。

(11) **实时摄像监视**。建设单位在辐照室内设有摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。为了避免强辐射场对视频信号的干扰，建设单位拟在迷道口安装视频摄像头，通过反射镜来获取辐照室内图像。

本项目工业电子加速器机房辐射安全防护措施设计与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）辐射安全原则符合性分析详见表 10-2，辐射安全装置示意图见图 10-3。

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	安全原则	本项目加速器机房安全防护设施设计	符合性分析
1	纵深防御	辐照室设置有“Π”型迷道；出入口设置门机、门灯联锁；加速器主控钥匙开关和辐照室防护门联锁；加速器控制与束下装置联锁；控制室设置有复位开关等	符合
2	冗余性	辐照室设置有门机联锁、3道光电联锁、剂量联锁装置等	符合
3	多元性	辐照室和设备层设有机械、电气、电子的剂量联锁	符合
4	独立性	辐照室设置有巡检、急停开关、和拉线开关，各联锁装置独立运行	符合

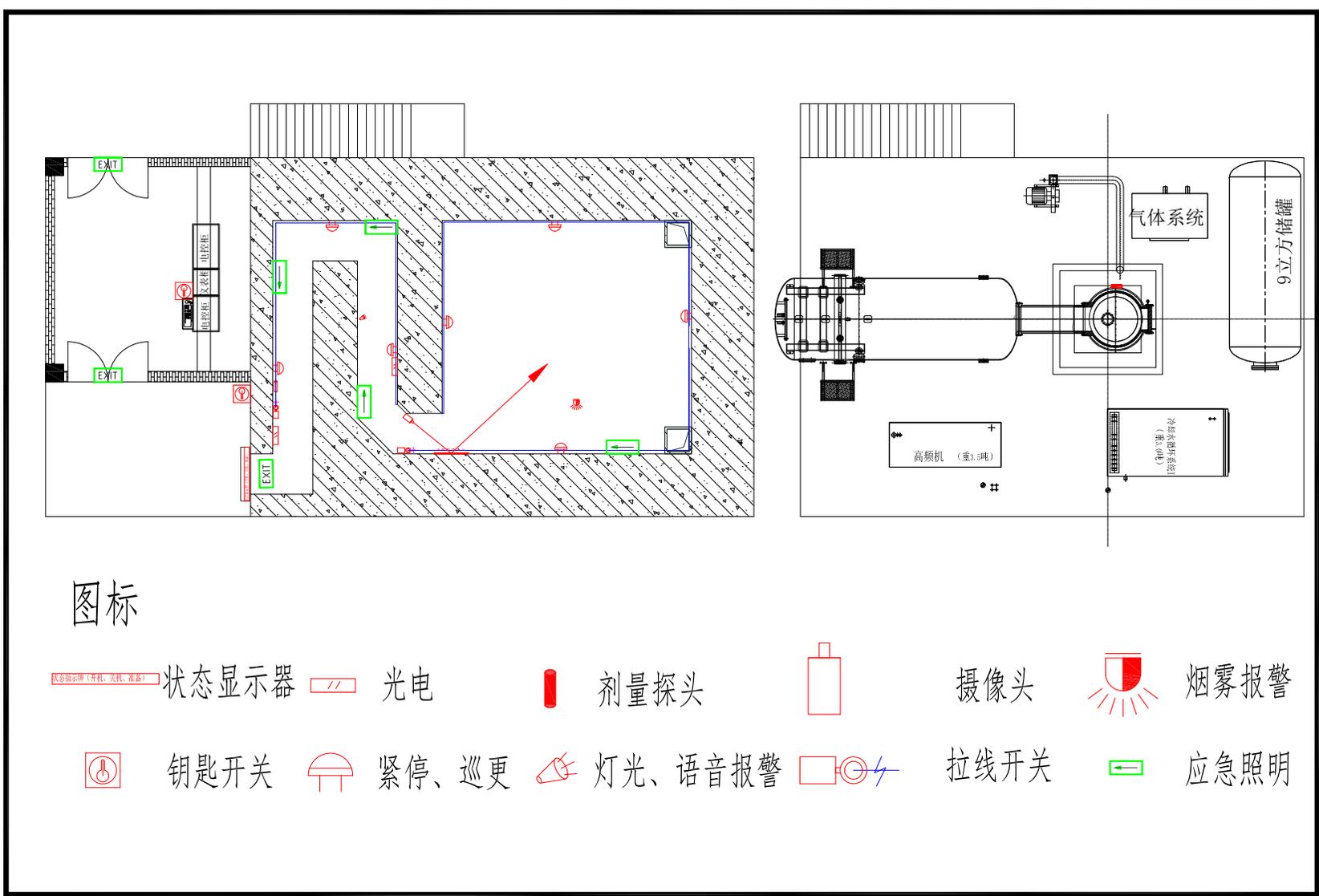


图 10-3 本项目加速器机房辐射安全装置示意图

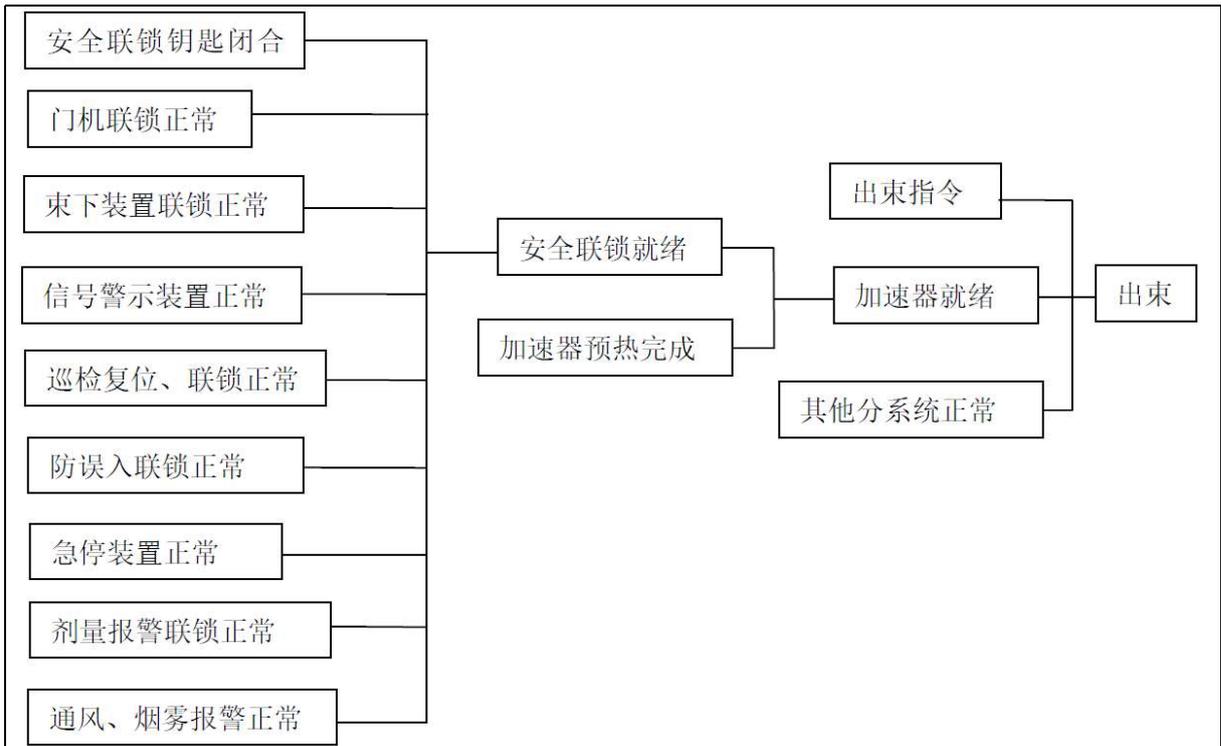


图 10-4 本项目安全联锁逻辑示意图

2、项目措施与相关要求的符合性分析

项目拟采取的辐射防护措施其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《辐射加工用电子加速器工程通用规范》GB/T25306-2010、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》HJ979-2018 的要求。

表 10-3 项目辐射安全与防护设施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)	6.1 联锁要求	在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。	本项目电子加速器辐照装置设计了满足要求的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行了有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时能自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，制定维修制度，要求维修后必须恢复原状。
	6.2 安全设施	(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联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用；	本项目的工业电子加速器机房设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有工业电子加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动工业电子加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，工业电子加速器无法开机出束。同时，工业电子加速器的开关钥匙也是该工业电子加速器机房辐照室的防护门开关钥匙，并且辐照室防护门上的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要进入二层设备层时，该工作人员必须携带该工业电子加速器的开关钥匙。其中 1 台个人剂量报警仪与工业电子加速器的开关钥匙相连，工业电子加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。
		(2) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须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；	辐照室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器自动停机。辐照室出入口设置门机联锁装置 1 个。
(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；	辐照室内的渗滤液泵机系统与该辐照室内的电子加速器联锁。电子加速器未出束时，当辐照室内的渗滤液泵机系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的渗滤液泵机系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得该辐照室内的电子加速器立		

<p>《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)</p>			<p>即停止出束。</p>
		<p>(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连锁；</p>	<p>辐照室防护门入口处、二层设备层入口处和辐照室内部设置灯光和音响警示信号，辐照室防护门入口处、二层设备层入口处醒目的“当心电离辐射警告标志”，辐照室防护门上方设置工作状态指示灯，工作状态指示灯与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近。</p>
		<p>(5) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台连锁。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。</p>	<p>二层设备层和辐照室内拟设置“巡检按钮”，并与控制台连锁。电子加速器开机前，辐射工作人员进入设备层和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留；未按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。</p>
		<p>(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连锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机连锁；</p>	<p>辐照室人员出入口通道，设计有3道相互独立的光电装置（不同厂家或不同品牌的红外线感应装置）并分别与电子加速器连锁。3道光电装置安装高度分别距离地面0.8m、1m和1.2m，当有人误入辐照室，身体将任意一处红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的声光警示声音。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室造成误照射。</p>
<p>(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；</p>	<p>在辐照室的入口处、迷道和辐照室各墙面均设计有紧急停机开关，紧急停机开关距地面高度约1.4m；在电子加速器控制柜上同样设计有紧急停机开关。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停止使用。当出现紧急情况时，只需按下任一紧急停机开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室内的四面墙壁上，距离地面高度约1.3m处，拟安装拉线开关。当拉线开关正常时，电子加速器方可启动进行出束作业；当电子加速器正常启动出束作业过程中，</p>		

			若拉拽拉线开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，电子加速器才能重新启动。在辐照室内靠近防护门处设置紧急开门装置，便于人员在紧急情况下撤离辐照室。
《电子加速器辐照装置辐射安全 and 防护》 (HJ979-2018)		(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；	在辐照室的迷道内和主机钢桶旁拟设置固定式辐射监测系统探头，与辐照室的出入口门等联锁，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，辐照室防护门无法打开。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室、主机钢桶旁的辐射水平。
		(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；	本项目拟在辐照室设置排风机与控制系统联锁，辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。加速器的控制软件设计有正常停机后排风机延迟关闭系统，即：电子加速器正常停止出束后，排风机将继续工作至少 5min，在 5min 内，即使对排风机发出停止工作指令，排风机仍将有效工作 5min。若电子加速器非正常停止出束，则排风系统的运行不受限制。
		(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。	本项目拟在辐照室排风管道出口位置设置烟雾报警装置，遇有火险时，电子加速器将立即停机并停止通风。
		(1) 必须按加速器装置即厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。	本项目拟在渗滤液辐照厂房西侧新建移动交配电间，用于本项目的供电。
	6.3.1 电气系统	(2) 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。	项目在主机室、辐照室、主控室、辅助用房、水冷设备室均设置照明系统。其中在一层辐照加工区设置具有防辐射功能的安全应急灯和安全出口指示灯。安全应急灯提供良好应急照明。安全出口指示灯以扫描盒为中心往两侧出口方向指示，实现在辐照加工区及束下线传输区内任何位置都可看到出口指示。

《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)		(3) 各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。	项目设备间整体接地, 1.5MeV 高能电子加速器接地系统的接地电阻要求 $\leq 0.5\Omega$ 。接地系统的接地电阻测试点为加速器主机的专用接地点。若接地电阻实测达不到要求时, 增加人工接地极。
		(4) 凡有高压危险的部位, 应设置高压联锁、高压放电保护装置。	项目对有高压危险的部位, 根据设备运行要求设计相应的要求设置相应的高压联锁、高压放电保护装置。
	6.3.2 给水系统	(1) 应根据加速器装置总用水要求, 提供有一定裕量的水流量和水压。	本项目辐照室用水为加速器各组件冷却用水, 经设备自带冷却水循环系统自动控制水量和水压。
		(2) 根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。	本项目辐照室用水为加速器各组件冷却用水, 使用外购去离子水, 用水参数由冷却水循环系统自动控制。
	6.3.3 通风系统	(1) 主机室和辐照室应设置通风系统, 以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。	辐照室拟设置机械通风系统, 经过估算, 臭氧等气体经过通风系统处理后, 室内浓度和排放满足要求。
		(3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置, 例如扫描窗下方的位置。	辐照室内主排风口拟设置在扫描窗下方位置, 满足要求。
		(4) 排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。	排风管道最终排放口位于辐照室顶上方, 离地高度约 15m。
	6.3.4 防火系统	辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级, 并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	辐照室内安装烟雾报警器, 辐照室墙体采用混凝土材料, 耐火等级满足要求, 发生火灾时使用厂房内配备的消防栓、灭火器等设施。
	7.1	辐照装置营运单位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。	项目建成运行前, 拟制定加速器检修制度, 定期对设备进行检测和维护。
	《辐射加工用电子加速器工程通用规范》 GB/T25306-	8.1.3 辐射防护安全要求	辐射屏蔽材料采用混凝土时, 其强度等级应高于 C20, 密度不应低于 2.35g/cm^3 ;
屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商提供的土建工艺指导数据;			辐照室的整体设计按照厂家提供的要求进行。
监督区的辐射剂量水平应符合 GB18871-2001 和 GB5172-			根据后文核算, 本项目辐照室外周围剂量当量率和工作人员、公

2010	1985 中的职业照射剂量限值的要求；在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量为 5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv；	众年受照剂量均满足标准规定的要求。
	控制区必须设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设施；	辐照室拟设置门机联锁、急停开关、监控等安全装置。
	控制区和监督区及其入口处应设置显示电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志；	辐照室出入口处拟设置加速器工作状态显示器和电离辐射警示标志。
	剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备	拟配置个人剂量报警仪、固定式报警仪等设备，并为辐射工作人员配备个人剂量计。

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展工业辐照的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

重庆市三维环保有限责任公司拟为本项目配备辐射巡测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 台。辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计，以监测累积受照情况。公司拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。本项目拟配备的防护用品及防护措施清单见表 10-4。

表 10-4 公司拟配置防护用品及防护措施清单一览表

说明	防护用品名称	单位	数量
拟配置防护用品	个人剂量计	个	4
	个人剂量报警仪	个	4
	固定式剂量率报警仪	套	1（设备自带，每套 2 个探头）
	X- γ 剂量监测仪	台	1
拟配备防护措施	辐射警示标志	张	若干
	巡检按钮	个	7
	拉线开关	套	1
	烟雾报警器	个	1
	急停按钮	个	7
	紧急开门按钮	个	2
	光电开关	套	3 套
	声音报警装置	个	2
	开关机状态显示器	个	2
	监控系统	套	2

三废的治理

本项目工业电子加速器在工作过程中不产生放射性三废。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

1、大气环境影响分析

项目在建设施工期厂房建设需要进行场地平整、地基开挖、打桩等作业，土石方开挖及堆放、砂石材料堆存等都将产生扬尘，另外机械和运输车辆作业时将排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：①工程建设方应当将扬尘污染防治费用列入工程概算，并在施工承包合同中明确施工单位的尘污染防治责任。②开挖土石方及时清运，露天堆放水泥等易扬撒的物料，应当设置不低于堆放物高度的密闭围栏并予以覆盖。③施工过程中加强防尘洒水（每天 4~5 次），减少扬尘对附近环境空气的影响。④设置车辆清洗设施及配套的污水、泥浆沉淀池。运输车辆冲洗干净后，方可驶出工地。⑤采用密闭装置的车辆运输易产生扬尘的物料，禁止车辆带泥（尘）上路行驶。⑥施工全部采用商品混凝土，不在施工现场搅拌混凝土。⑦加强大型施工机械和车辆的管理，定期对其进行检查维护。施工机械使用无铅汽油等优质燃料。发动机耗油多、效率低、排放尾气严重超标的老旧车辆应予更新，禁止尾气排放不达标的车辆和施工机械运行作业。采取上述措施，可减轻施工期对环境空气质量的影响。

2、水环境影响分析

本项目施工期较短且施工量小，施工期废水主要为少量施工废水和施工人员的生活污水。施工期间，做好各项截排水设计，施工区设置完善的配套排水系统、沉淀池等设施，桩基础施工中排出的泥浆水沉淀后自然蒸发；混凝土养护废水经沉淀池沉淀后直接回用于混凝土养护；进出车辆泥土清洗水经沉淀后于施工场地出入口洗车池内重复用做车辆出场泥土清洗，施工废水不外排。施工人员生活污水经化粪池收集后，接入西北侧园区污水管网。采取上述措施，施工期产生的废水对地表水环境的影响小。

3、声环境影响分析

本项目施工阶段，如地基开挖机械设备、载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。针对声环境影响主要采取以下措施：①合理安排施工时间，将可能产生强噪声的施工作业安排在昼间（06：00~22：00），尽量避免夜间施工，如因在建设工业电子加速器辐照室时需要进行混凝土的连续浇筑，需要夜间进行较高噪声施工作业的，施工单位应当采取噪声污染防治措施，并同时夜间作

业项目、预计施工时间向生态环境主管部门报告，得到同意后方可施工；夜间作业前一日，施工单位应在受影响的施工场所予以公示，告知周边居民，同时做好解释工作；②施工中应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中有关规定，加强施工过程的管理，制定合理的施工作业计划，并从管理上采取措施；③在施工场界周围设置维护设施，高噪声设备设置隔声、减噪措施；④对施工区进行合理布局，在不影响施工情况下将噪声设备尽量不集中安排，将高噪声设备布置在场地西北侧，远离东南侧现有民房；⑤加强施工机械的维护保养，避免由于设备性能差使噪声增大现象发生。采取上述措施，可有效减轻施工期的噪声影响。

4、固体废物

本项目固体废物主要为施工人员生活垃圾和建筑垃圾。施工场地设置生活垃圾收集点，由环卫部门定期清运。建筑垃圾分类处理，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到市政指定的建筑垃圾堆埋场；多余土石方由专业建筑弃土运输公司运至合法渣场处置或运至园区其他地块作为基础填土，厂区不设临时堆土场，在开工前明确弃土去向。经采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。

5、生态环境影响

本项目为新建项目，施工期通过设置围挡、截排水沟、防雨布等，可有效减轻项目地块的水土流失；场地目前有少量的草本植物覆盖，项目建设采取一定的绿化后，将改善该地块生态环境。同时项目位于工业园区内，附近环境中无自然保护区及珍稀野生动植物存在，项目施工对周边生态环境影响不大。

此外，本项目工程量不大且施工期短，随着项目的建成，施工活动产生的影响也会逐步消失，在采取上述环保措施后，施工期对环境的影响可以接受。

运行阶段对环境的影响

重庆市三维环保有限责任公司拟在江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站新建一座工业电子加速器机房及其他配套用房，并在工业电子加速器机房内安装使用1台由中广核达胜加速器技术有限公司生产的半自屏蔽型工业电子加速器（型号：DDLH1.5/66-1600，主机自带屏蔽，属于II类射线装置）。工业电子加速器电子束主射方向竖直向下，额定电子线能量为1.5MeV，额定电子束流为66mA，年出束时间约8000h，用于对渗滤液辐照氧化处理。

一、辐射环境影响分析

工业电子加速器运行时，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。

偏离束流主方向的电子束照射到加速器桶体后产生韧致辐射（X 射线），这部分射线为主机室的屏蔽对象。

电子加速器运行时，电子束出束方向竖直向下，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电子扫描窗下方的不锈钢阻挡板
- ③辐照对象：渗滤液

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 X 射线的发射率也不相同。本项目电子束辐照渗滤液时，3 种轰击物质中不锈钢 Z 值（原子序数）最大，X 射线发射率最高，因此本报告保守选取不锈钢为轰击靶，来进行辐射防护评价。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求，在本项目加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定工业电子加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。

（一）辐射影响估算

1、直射 X 射线的屏蔽

$$H_M = \frac{D_{10} \cdot B_X \cdot T}{1 \times 10^{-6} \cdot d^2} \dots \dots \text{公式 11-1}$$

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

B_X —X 射线屏蔽透射比；

T —居留因子；

d —X 射线源与参考点之间的距离， m ；

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率， Gy/h ；

$$B_X = 10^{-n} \dots \dots \text{公式 11-2}$$

$$n = \frac{S - T_1 + T_e}{T_e} \dots \dots \text{公式 11-3}$$

式中： S —屏蔽体厚度， cm ；

T_1 —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 —为十分之一值层的个数。

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \cdots \cdots \text{公式 11-4}$$

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

I —电子束流强度，mA；

f_e —X 射线发射率修正系数。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中表 A.1 中给出的数据是电子束打高 Z 靶的数据，通常被辐照的物质很少为高 Z 材料，因此需要对靶进行修正。被辐照的靶材料为“铁、铜”时， 0° 方向的修正系数 f_e 为 0.7， 90° 方向的修正系数 f_e 为 0.5；被辐照的靶材料为“铝、混凝土”时 0° 方向的修正系数 f_e 为 0.5， 90° 方向的修正系数 f_e 为 0.3。

2、侧向 X 射线的屏蔽

对于电子加速器辐照装置，很多情况下需要考虑侧向（相对电子束 90° 方向）X 射线的屏蔽，此时应将等效入射电子能量作为侧向入射电子的能量，然后按等效入射电子能量的特性参数，根据直射 X 射线屏蔽的方法进行计算。

3、迷道外入口（无防护门情况下）的剂量率估算

防护 X 射线的迷道，按照公式 11-5 可保守地估算迷道外入口的剂量率：

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \cdots \cdots \text{公式 11-5}$$

式中： $H_{1,rj}$ —迷道出口处（无防护门情况下）的空气吸收剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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（假设对以后所有散射过程的相同的）；

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 ；

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离，m；

$d_{r1}, d_{r2} \cdots d_{rj}$ —沿着迷道长轴的中心线距离；

j —第 j 个散射过程。

4、参数选取及计算结果

本项目工业电子加速器机房内拟配备 1 台 DDLH1.5/66-1600 型工业电子加速器，

工业电子加速器在最大电子射线束 1.5MeV 的能量下产生的韧致辐射，查《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1 中相应能量下电子束 X 射线发射率，90° 方向（朝向四周屏蔽墙和防护门）为 $1.0\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}\cdot\text{mA}$ ，电子束在辐照低 Z 材料（不锈钢阻挡板）上 X 射线发射率修正系数为 0.5，最大电流 66mA，则一层辐照室 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$ 为 1980Gy/h。

入射电子能量 1.5MeV 时，在辐照室 90° 方向电子的相应等效能量为 1.0MeV，其在混凝土中的第一十分之一值层和平衡十分之一值层取 1.0MeV 能量下的值，即在混凝土中的第一十分之一值层 T_1 为 18.5cm，平衡十分之一值层 T_e 为 15.0cm；在铁中的第一个十分之一值层 T_1 为 5.5cm，平衡十分之一值层 T_e 为 5.0cm。

5、辐照室墙体及防护门屏蔽效果核算

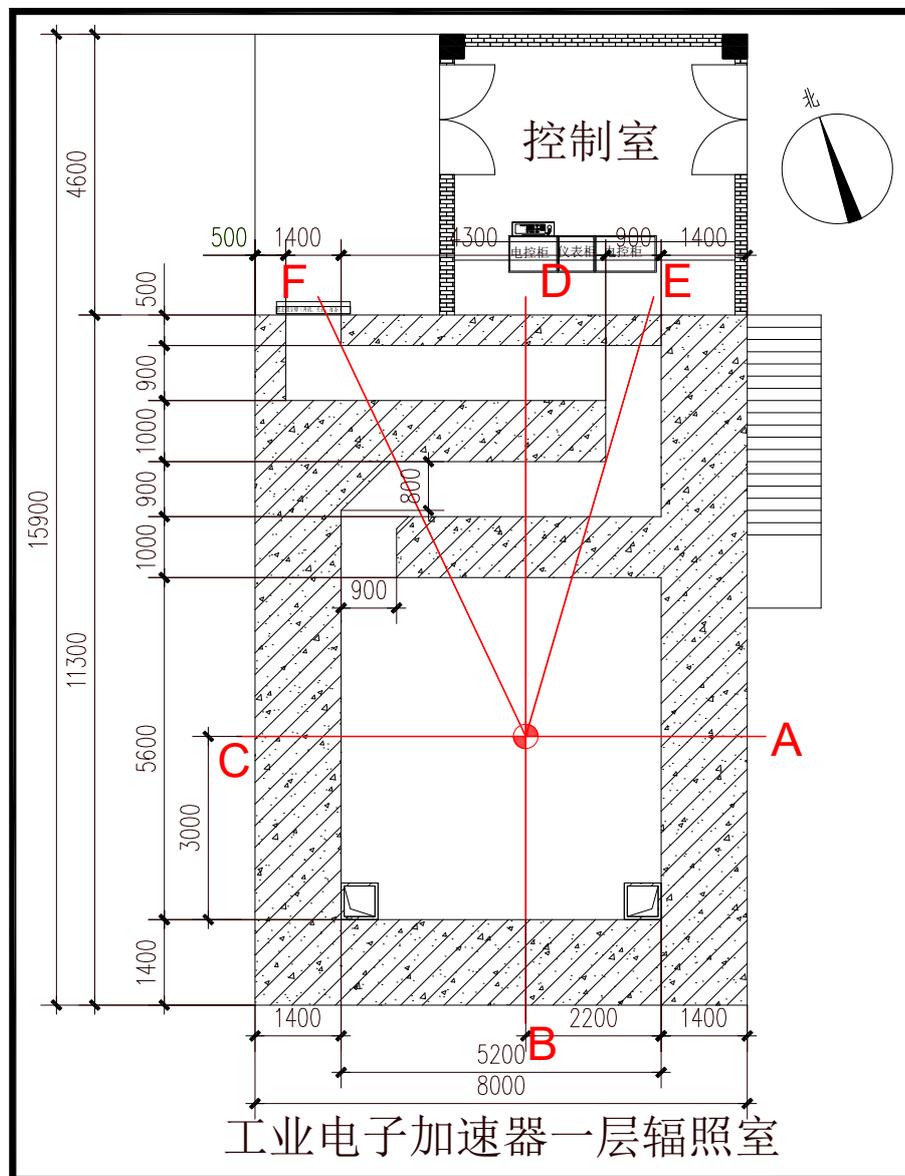


图 11-1 辐照室周围估算点位示意图

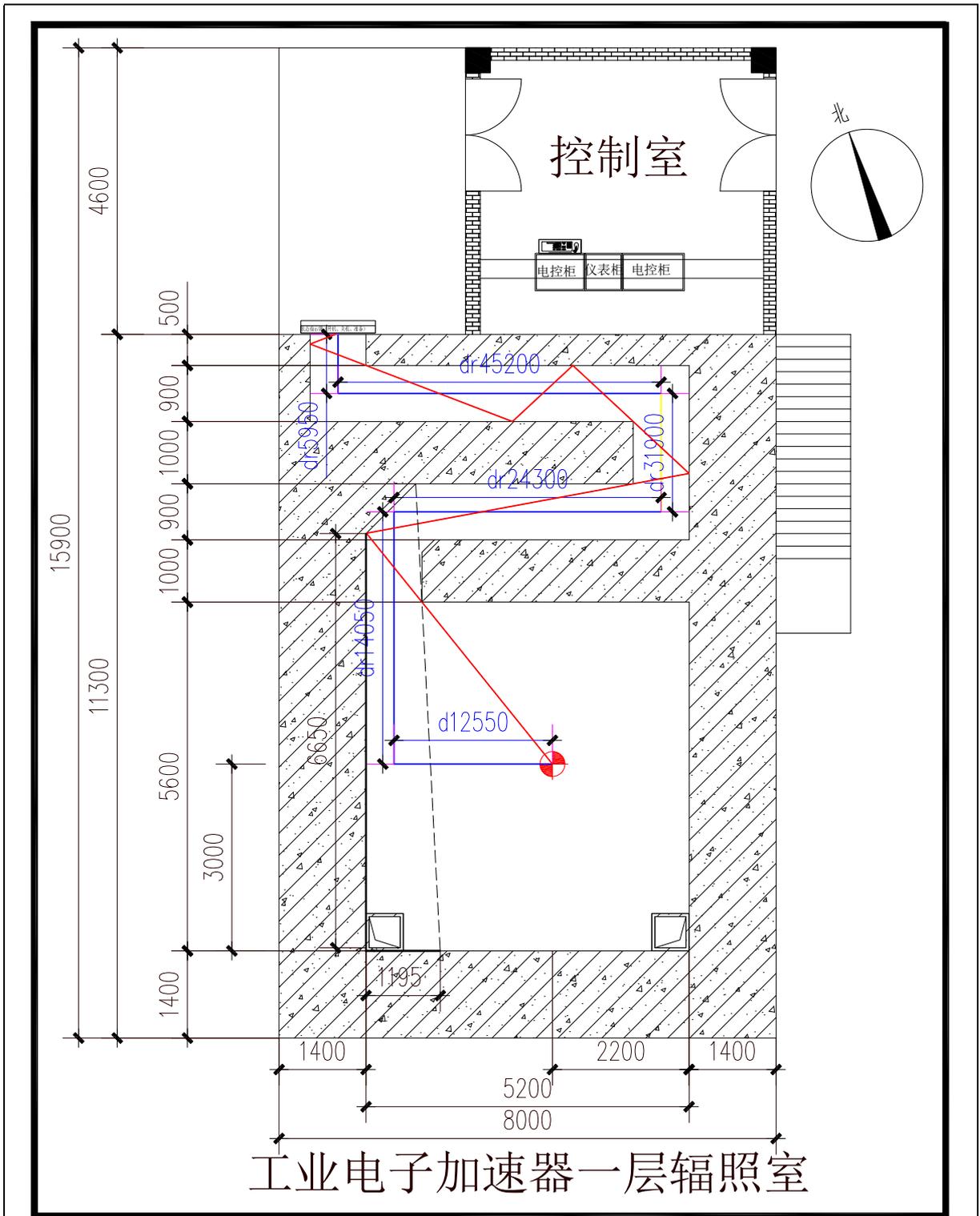


图 11-2 辐照室关注点位示意图（散射路径）

工业电子加速器机房一层辐照室直射辐射屏蔽计算参数及参考点辐射剂量率见表 11-1。

表 11-1 一层辐照室直射辐射屏蔽计算参数及参考点辐射剂量率一览表

参数 \ 关注点	工业电子加速器机房辐照室						
	A 点	B 点	C 点	D 点	E 点	F 点	考虑直穿
$D_{10}(90^\circ)$ (Gy/h)	1980	1980	1980	1980	1980	1980	
S (cm)	140 砵	140 砵	140 砵	250 砵	156 砵	220 砵+4 铁	1
T_l (cm) 砵	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	
T_e (cm) 砵	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
T_l (cm) 铁	/	/	/	/	/	5.5	
T_e (cm) 铁	/	/	/	/	/	5.0	
B_X	$10^{-9.1}$	$10^{-9.1}$	$10^{-9.1}$	$10^{-16.4}$	$10^{-10.2}$	$10^{-15.1}$	
d (m)	3.9	4.7	4.4	7.2	7.5	7.9	
H_M ($\mu\text{Sv/h}$)	0.103	0.071	0.081	1.4×10^{-9}	0.002	2.3×10^{-8}	0

注: *屏蔽厚度 S 与距离 d 均直接由 CAD 图纸上读取。

**计算顶棚的辐射剂量率时, 保守估算, D_{10} 采用 90 度方向的数值。

根据加速器机房的迷道设计，辐照室在辐照窗正下方产生的韧致辐射经过 5 次散射后可到达防护门，散射示意图见图 11-2，迷道散射的散射面积、散射距离等计算参数及剂量率结果见表 11-2 所示。

表 11-2 辐照室迷道散射计算参数及结果一览表

位置	参数选取						迷道口外无屏蔽下剂量率
1#辐照室迷道口	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	A_3 (m ²)	A_4 (m ²)	A_5 (m ²)		6.78×10^{-9} ($\mu\text{Sv/h}$)
	24.0	2.43	2.16	2.43	2.43		
	d_1 (m)	d_{r1} (m)	d_{r2} (m)	d_{r3} (m)	d_{r4} (m)	d_{r5} (m)	
	2.55	4.05	4.3	1.9	5.2	0.95	

本项目工业电子加速器机房辐照室迷道口处考虑 X 射线直射剂量和迷道散射剂量的叠加影响，迷道口的辐射剂量率估算结果见表 11-3。

表 11-3 辐照室迷道口处辐射剂量率计算结果

位置	直射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	防护门外剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
辐照室迷道口	2.3×10^{-8}	6.78×10^{-9}	2.9×10^{-8}

6、二层设备层的辐射影响

二层设备区的辐射场由三部分叠加构成：第一部分：一层辐照室内韧致辐射初级 X 射线，经过辐照室屋顶（即二层设备区地板）不完全屏蔽的贯穿辐射场；第二部分：一层辐照室内的韧致辐射初级 X 射线，经 180° 方向散射后的次级 X 射线，通过辐照室屋顶上的孔洞直接照射入二楼设备平台加速器主体的侧钢桶内形成的散射辐射场；第三部分：尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与钢筒作用产生的束流损失辐射场。

对于第一部分，已经在贯穿辐射中进行了计算，结果显示，该部分引起的二层设备区的辐射剂量率最大值为 $0.201 \mu\text{Sv/h}$ 。

对于第二部分，由于沿与电子束入射方向成 180° 方向的次级散射 X 射线能量较低，即使对于 1.5MeV 的电子束造成该方向的散射线，能量也不超过 0.25MeV，当穿过孔洞后，将直接照射到孔洞上方的加速器侧钢桶。本项目加速器侧钢桶为钢板及铅板防护，对于 0.25MeV 的散射 X 射线，经过加速器侧钢桶的屏蔽后对钢桶外的辐射影响很小。

对于第三部分，加速器主体束流加速系统内的束流损失，当加速管内真空度良好的时候，可以忽略不计，即使在不利工况下，束流损失也仅为 $500 \mu\text{A}$ ，其产生的辐射剂量较少。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。

(二) 类比分析

本项目选取宁波市搏皓电线电缆有限公司在用的同类型的工业电子加速器在正常工况下的检测结果进行类比分析。

宁波市搏皓电线电缆有限公司在用的 1 台 1.5MeV 的工业电子加速器与本项目的工业电子加速器来自同一厂家，设备型号一致，其加速器机房设计与屏蔽措施也与本项目加速器机房基本一致。本次通过类比宁波市搏皓电线电缆有限公司现有加速器机房检测结果进一步分析项目屏蔽体设计的可行性，本次使用其作为类比对象可行。根据检测报告（HAJC20-11-0296，附件 4），宁波市搏皓电线电缆有限公司现有辐照室周围辐射剂量率为（141~154）nSv/h（均未扣除本底值），满足周围剂量当量率不超过 2.5μSv/h 的要求，二层设备层主机钢桶外侧辐射剂量率为（154~158）nSv/h（均未扣除本底值）。可以类比得出本项目建成后辐照室及二层设备层屏蔽体周围剂量当量率也能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等标准中不能超过 2.5μSv/h 的要求。

表 11-4 类比可行性分析

内容	类比项目	本项目	说明
型号	DDLH1.5/60-1600 型	DDLH1.5/66-1600 型	同一厂家，型号略有差异
系统参数	电子束能量 1.5MeV，束流强度 60mA	电子束能量 1.5MeV，束流强度 66mA	类比项目最大束流强度略低于本项目
辐照对象	电线电缆	渗滤液	电线电缆的“Z”值高于本项目渗滤液“Z”
辐照室尺寸	长 8.0m×宽 5.7m×高 2.4m	长 5.6m×宽 5.2m×高 2.7m	类比项目辐照室尺寸略大于本项目
辐照室屏蔽参数	四周墙体均为 1400mm；南侧迷道外墙为 800mm，迷道内墙为 800mm，西侧迷道外墙为 500mm，迷道内墙为 1400mm；底部为 1600mm。	东、南、西侧屏蔽墙体厚度均为 1400mm；北侧“Π”型迷道内墙厚度为 1000mm，中间墙体厚度为 1000mm，外墙厚度为 500mm；底部屏蔽厚度为 1500mm。	本项目的迷道墙体厚度大于类比项目
顶棚	顶部厚度为 1400mm	顶部厚度为 1400mm	一致
防护门	40mm 钢防护门	40mm 钢防护门	一致
主机屏蔽	主机屏蔽 20~60mm 铅板；2~90mm 钢板	主机屏蔽 20~60mm 铅板；2~90mm 钢板	一致
结论	类比项目与本项目的型号略有差异，但主机部分能量及屏蔽措施一致，且类比项目的辐照对象为电线电缆较本项目的渗滤液“Z”值更高产生的韧致辐射更大，因此具有较好的可比性		

二、保护目标有效剂量估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots \dots \text{公式 11-6}$$

式中： H_c —参考点的年剂量水平， $\mu\text{Sv/a}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —辐照装置年照射时间，单位为 h/a；

U —辐照装置向关注点方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

将表 11-1 机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-6。

本项目实行连续生产方式，3 班运转，工业电子加速器年开机曝光时间约为 8000h，根据公式 11-6 估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-5。

表 11-5 加速器机房周围人员年有效剂量

参考点	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	参考点位置	居留因子	时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	结论
A	0.103	室外道路	1/16*	8000	0.052	0.1	满足
B	0.071	铁碳反应器	1/16	8000	0.036	0.1	
C	0.081	进出水池 (人员不可达)	/	/	/	/	
D	1.4×10^{-9}	控制室	1	8000	0.019	5	
E	0.002	控制室	1	8000		5	
F	2.3×10^{-8}	控制室	1	8000		5	
顶部	0.201	设备层	1/32**	8000	0.05	0.1	

注：*本项目东侧的室外道路旁为花椒种植地，项目周边基本无人员活动。

**二层设备层在运行期间，工作人员无法到达，且进入二层设备层需经过门禁系统。

根据表 11-5 结果分析知，该项目工业电子加速器投入运行后，辐射工作人员有效剂量最高为 0.019mSv，周围公众年有效剂量最高为 0.052mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

本项目 50m 评价范围主要为站内其他工作人员及北侧站外的花椒烘房公众，由于该处保护目标距离工业电子加速器机房远大于机房表面 30cm，则该处公众所受的年有效剂量也远低于 0.1mSv。

三、通风管道及电缆沟辐射防护及影响分析

本项目管线、排风管采用 Z 形或 U 形穿过屏蔽墙体，其中连通一二楼的电缆穿墙处位于辐照室顶棚，辐照室 X 射线散射线要到达该孔洞处需要经过多次散射，穿屏蔽体孔道基本不影响屏蔽墙体防护效果。

四、非辐射环境影响分析

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。工作人员产生的普通生活污水，由厂内污水处理设施统一处理后接入市政污水管网。工作人员产生的一般生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

(一) 臭氧

工业电子加速器工作时产生的 X 射线电离空气会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，臭氧的毒性最高，且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此本项目主要考虑臭氧的产生及其处理方式。

1、辐照室臭氧的平衡浓度

在电子加速器正常运行期间，臭氧不断产生，辐照室空气中臭氧的平衡浓度随辐照时间 t 的变化为：

$$C(t) = \frac{PT_e}{V} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right) \dots\dots \text{公式 11-8}$$

式中： $C(t)$ —辐照室空气中在 t 时刻臭氧的浓度， mg/m^3 ；

P —单位时间电子束产生臭氧的质量， mg/h ；

T_e —对臭氧的有效清除时间， h ；

$$T_e = \frac{T_V \times T_d}{T_V + T_d} \dots\dots \text{公式 11-9}$$

式中： T_V —辐照室换气一次所需时间， h ；

T_d —臭氧的有效化学分解时间 (h)，约为 50 分钟。

当长时间辐照时， $T_V \ll T_d$ ，因而 $T_e \approx T_V$ 。当长时间辐照时，辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_S = \frac{PT_e}{V} \dots\dots \text{公式 11-10}$$

式中： C_S —辐照室内臭氧平衡浓度， mg/m^3 ；

T_e —对臭氧的有效清除时间， h ；

V —辐照室的体积， m^3 。

将参数代入以上公式计算得出，本项目工业电子加速器机房辐照室内臭氧平衡浓

度 C_S 如下表所示:

表 11-6 本项目工业电子加速器机房辐照室内臭氧平衡浓度

参数	工业电子加速器机房辐照室
d (cm)	10
I (mA)	66
G	10
P (mg/h)	2.97×10^5
V (m ³)	116
排风速率 (m ³ /h)	7487
T_e (h)	0.0152
C_S (mg/m ³)	38.9

2、臭氧的排放

由表 11-10 计算结果可知, 工业电子加速器长期正常运行期间, 不考虑排风机的排风能力, 工业电子加速器停机时, 辐照室内臭氧浓度远高于 GBZ2.1-2019 所规定的工作场所最高容许浓度 (0.3mg/m³)。因此, 当工业电子加速器停止运行后, 人员不能直接进入辐照室, 风机必须继续运行, 关闭加速器后风机运行的持续时间公式为:

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_S} \dots\dots \text{公式 11-11}$$

式中: C_0 —GBZ2.1 所规定的臭氧的最高容许浓度, 0.3mg/m³;

T —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间, h。

表 11-7 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间

参数	工业电子加速器机房辐照室
T_e (h)	0.0152
C_0 (mg/m ³)	0.3
C_S (mg/m ³)	38.9
T (min)	4.43

由公式 11-11 及以上参数计算得出, 本项目工业电子加速器停止工作后, 辐照室内排风机以通风速率不低于 7487m³/h 继续工作, 通过约 5min 的通风排气, 辐照室内的臭氧浓度可低于 GBZ2.1-2019 规定的臭氧最高容许浓度 (0.3mg/m³)。为安全起见, 本项目制定了相关规定并拟设置通风联锁装置, 工业电子加速器停机后必须继续排风 5min 后, 辐射工作人员方可进入辐照室。项目设置的排风口位于工业电子加速器机房顶部, 标高 15m, 处理站周边开阔, 人员很少到达, 本项目臭氧对周边

环境影响较小。

氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，对环境影响较小。

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，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。这里主要考虑辐照室内产生的臭氧对停机后进入人员的影响，需保证其有害气体浓度满足 GB/T 25306-2010 及 GBZ2.1-2019 规定的有害气体职业接触限值要求。

（二）废水环境影响

本项目营运期废水主要为生活污水，产生量约为 1.0m³/d，利用渗滤液处理站现有化粪池进行收集，项目生活污水经化粪池收集处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准（其中氨氮执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015），标准值为 45mg/L）后接入市政污水管网，进入污水处理厂处理；本项目废水量仅为很少量的生活污水，不会对污水处理厂的处理负荷造成影响，对地表水环境影响小。

（三）噪声影响

本项目工业电子加速器机房拟设置 1 台离心风机，工作时将产生一定的噪声，建设单位拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机，噪声源强一般在（60-75）dB（A）。随着距离及建筑隔声减噪后对所在区域声环境影响小。

（四）固废环境影响

本项目营运期产生的固体废物主要为员工生活垃圾，在厂区内设置垃圾桶收集，由环卫部门统一清运处理，对周围环境影响很小。

五、产业政策符合性分析

本项目属电子加速器辐照应用项目，根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，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。

同时，项目建设单位重庆市三维环保有限责任公司于 2021 年初向重庆市江津区发展和改革委员会提交立项申请，并于 2021 年 4 月 6 日取得了重庆市江津区发展和改革委员会关于该项目的立项批复，项目编码：2104-500116-04-02-192089。

六、实践正当性分析

项目利用辐照加工技术开展对垃圾渗滤液进行辐照氧化处理，提升了污水治理能力。辐照氧化技术具有效率高、工艺过程简单、操作方便、低耗能、高效益、高度机

械化、自动化、无污染公害、无残留等特点，项目在采取切实可行的辐射安全与环保措施后，不仅可以减少污染物排放量，而且可以产生一定的社会效益和经济效益。通过环评分析、预测和评价，项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。项目建设严格执行“三同时”，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。

本项目辐照加工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，本项目属于国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家有关法律法规和当前产业政策。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

事故影响分析

一、电离辐射引起生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，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。这类效应存在阈值效应，分为确定性效应和随机性效应，在剂量超过一定的阈值时才能发生的是确定性效应，而随机性效应则不存在阈值。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估计情况见表 11-8 所示。

表 11-8 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 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
		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，腹疼，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

备注：来自《急性外照射放射病的诊断标准》（GBZ104-2002）和《辐射防护导论》P33。

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》，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，见表 11-9。

表 11-9 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
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

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，见表 11-10。

表 11-10 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	20
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

二、电子加速器辐照室事故风险、后果及预防措施分析

工业电子加速器是种将电能转换成高能电子束的设备，电子束受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此断电状态下是安全的。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

（1）人员误照射风险

①由于管理不善或安全联锁失效，在系统出束时，现场工作人员或周围公众成员误入控制区，给上述工作人员或公众成员造成意外照射。

②如果在系统工作前有人进入辐照室，而操作人员又没有仔细巡检就开始操作，加速器出束则造成人员的意外照射。

(2) 臭氧事故风险

①由于管理不善或安全联锁失效，辐照室内通风速度或通风时间不够导致加速器停机后，工作人员进入臭氧浓度超标的辐照室造成意外。

②如果加速器工作期间通风系统出现故障导致通风速度降低或停止工作则有可能导致经排气筒排入大气的臭氧浓度升高，同时也可能导致停机后即使等待足够的时间辐照室内的臭氧浓度仍然高于限值水平，从而使进入辐照室的人员吸入过量的臭氧。

(3) 意外照射剂量核算

根据上述分析，因各种原因导致电子加速器发生意外照射辐射事故，本评价对电子加速器发生意外照射剂量进行统一核算和影响分析。

根据前文分析，辐射事故主要是在电子加速器出束过程中人员在辐照室内受到意外照射。相较之下，工作人员或其他人员（如维修人员）在辐照室内时，距离电子加速器最近，受到的意外照射最大。本项目在控制柜、辐照室内设置有急停按钮，辐照室内墙四周均设置有拉线，室内设有声光示警装置，而项目加速器能量上升到最大值时所需时间越 2min，本次环评考虑事故时受照人员拉下急停开关的反应时间按 10s 计算，则根据电子加速器相关参数，则工作人员或其他人员（如维修人员）受到的意外照射剂量见表 11-11 所示。

表 11-11 意外照射人员所受辐射剂量情况表

事故情况	距靶 1m 处的吸收剂量率	受照时间	受到的有效剂量当量
人员误入	1980Gy/h	10s	5.5Gy

根据上表估算，电子加速器运行时，人员误入受到意外照射，单次照射（10s）受到照射剂量最大约为 5.5Gy，可能导致重度骨髓型急性放射病，症状为多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降，属于较大及以上辐射事故，但该情况也有 99% 几率可能导致人员死亡。因此，本项目若发生人员滞留在辐照室受到意外照射的情况，可能导致较为严重的辐射损伤，甚至人员伤亡，造成较大及以上级别辐射事故的发生。

(4) 辐照室臭氧超标事故

臭氧的强氧化性对人体健康有危害作用，一般认为臭氧吸入体内后，能迅速转化为活性很强的自由基-超氧基，主要使不饱和脂肪酸氧化，从而造成细胞损伤。臭氧可使人的呼吸道上皮细胞脂质过氧化过程中花生四烯酸增多，进而引起上呼吸道的炎症病变，研究表明接触 0.09ppm 臭氧 2 小时后肺活量、用力肺活量和第一秒用力肺活量显著下降；浓度达 0.15ppm 时，80% 以上的人感到眼和鼻粘膜刺激，100% 出现头疼和

胸部不适。由于臭氧能引起上呼吸道炎症、损伤终末细支气管上皮纤毛，从而削弱了上呼吸道的防御功能，因此长期接触一定浓度的臭氧易于继发上呼吸道感染。臭氧浓度在 2ppm 时，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

根据前文预测模式，加速器辐照结束后若不继续通风则辐照室内的臭氧浓度为最大为 38.9mg/m³（1ppm≈1.96mg/m³），如果工作人员立即进入辐照室，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

（5）风险防范措施

①人员意外照射

建设单位将针对可能发生的事故，制定完善的事故防范措施，以使在发生事故时，能够对事故现场进行及时的处理和处置，及时控制事故对环境的影响，将事故影响降到最低。主要通过技术手段要求操作人员在启动加速器前必须巡视辐照室，同时通过规范的操作制度要求操作员在启动加速器前以及加速器工作工程中通过监控系统实时查看辐照室内的情况，要求工作人员每次上班时首先要检查安全联锁装置和急停开关是否正常；如果联锁装置和急停开关失灵，应立即修复，并严格按照电子加速器操作程序进行生产作业。此外，工作人员进出辐照室和二层设备层必须携带个人剂量报警仪。加强通道出入口的管理并加强员工安全教育和培训，尽可能避免人员意外照射事故的发生。

②臭氧事故

加速器工作前必须检查通风系统能否正常工作，若不能正常工作则不能开展辐照加工工作，待维修能正常工作后方可开展。建设单位设计要求在加速器停机继续排风，设计风机开启的情况下继续排风 5min 之后室内臭氧浓度可降至要求的 0.3mg/m³ 以下。

环保投资估算

本项目环保投资估算共约**万元，占总投资 42.9%，具体情况见表 11-12。

表 11-12 项目环保投资一览表

序号	环境保护措施	投资（万元）
1	防护门、屏蔽体建设	
2	辐射警示标志、警示语，安全联锁（钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警、监控系统等）	
3	个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪、X-γ 剂量监测仪、便携式辐射监测报警仪等	
4	臭氧排风系统 1 套	

6	监测、环评、验收、办证等及其他	
6	施工期截排水沟、沉淀池等；场地设置围挡、散装材料设置防尘网遮盖；选用低噪声施工设备；弃土、建筑垃圾外运	
合计		

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、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。

本项目为新建项目，重庆市三维环保有限责任公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，设立专职辐射安全管理人员：

- ①全面负责辐射安全防护管理工作。
- ②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。
- ③负责日常防护设备维护。

同时，公司拟为本项目配备4名辐射工作人员，从事辐射工作的人员均应根据《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）：“自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每5年接受一次再培训考核。

辐射安全管理规章制度

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。

重庆市三维环保有限责任公司应制定相关制度，并在以后的实际工作中不断对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对各项制度提出相应的建议和要求：

辐射防护和安全保卫制度：根据公司的具体情况完善制定辐射防护和保卫制度，重点是电子加速器的运行和维修时辐射安全管理。

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、电子加速器操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确电子加速器操作步骤以及辐照过程中必须采取的辐射安全措施。

设备维修制度：明确电子加速器和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保电子加速器、安全措施（急停按钮、门机联锁、警示标志、工作状态指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

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

人员培训计划和健康管理制：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。公司应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

使用登记制度：公司应建立电子加速器使用登记制度，规范电子加速器的台账管理。严格按照记录表内容进行登记，使所有工作人员的操作记录有据可查。

监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保射线装置的辐射安全，该公司应制定监测方案，重点是：

①明确监测项目和频次；

②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

③对发生辐射事故处理进行全程监测；

④公司应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

⑤委托有资质监测单位对本公司的射线装置的安全和防护状况进行年度检测。

档案管理：建设单位拟按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。

公司辐射类档案主要分为：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”和“辐射应急资料”等。

另外，建设单位项目建成运行后，将及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

年度评估：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的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。

建设单位拟建立“年度评估”制度，落实专人负责，按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，年度评估报告包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况、辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况、辐射工作人员变动及接受辐射安全培训情况、射线装置及防护用品台账、场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据、辐射事故及应急响应等方面的内容，符合要求。建设单位将在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作。

核安全文化建设：核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。建设单位将建立安全管理体系，明确各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在公司内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

②建设单位将不断总结、汲取经验教训，培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

从事辐射活动能力评价

依据《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，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	建设单位拟成立辐射安全防护与环境管理领导小组，设立专职辐射安全管理人员；承诺在项目运行前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人。
从事放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。	项目所有辐射工作人员尚未到岗，尚未参加培训并考核合格。在项目运行前，制定人员培训计划，待人员到岗后按照规定组织参加培训并考核合格。
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。	在项目运行前，制定相应的安全操作规程、设备检修与安全设施检查等制度；同时本项目加速器在辐照室内工作，辐照室设置有足够厚的混凝土墙以及迷道、钢门等进行屏蔽；设备安装时，拟配套设置门机联锁、灯机联锁、束下装置联锁、剂量联锁、防误入装置、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、拉线开关、紧急停机按钮等措施。室内外拟安装实时视频监控系统，并连接到主控室。
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，包括个人剂量计。	拟配置固定式剂量率报警仪、便携式辐射监测报警仪、X- γ 剂量监测仪等，对辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪，并定期对监测设备进行年检。
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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	尚未建立健全的规章制度。在项目运行前，将按照相关规定和要求，制定各项规章制度，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	尚未制定，在项目运行前，将按照相关规定和要求完成，包括制定辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划等。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、辐射工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位将制定辐射监测计划，配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对辐照室周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

一、个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正

确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

二、工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后拟对辐照室和二层设备外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；公司定期巡测，年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：主机钢桶外和辐照室周围屏蔽体外、防护门外30cm处、屏蔽体搭接处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置，监测点可布置在参考图11-1、图11-2中计算点处，并根据实际建成后的情况适当调整位置、增减监测点位。

装置的维护与维修

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），辐照装置营运单位必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视（检查）工业电子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。

一、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。常规日检查项目应包括下列内容：

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

二、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，发现异常情况时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）验证安全连锁功能的有效性；

(5) 烟雾报警器功能正常。

三、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

辐照装置营运单位必须建立与项目有关的运行及维修维护记录制度。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急预案或具有针对性与操作性的应急措施。

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故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。

本项目使用 II 类射线装置，可能发生的辐射事故主要是在工业电子加速器出束过程中人员受到误照射，可能导致较为严重的辐射损伤，甚至人员伤亡，造成较大及以上级别辐射事故的发生，建设单位应制定工业电子加速器事故应急措施与辐射事故应急预案。

一、应急预案相关要求

（一）应急响应计划

建设单位应制定应急响应计划，一旦发生事故，能立即启动应急响应计划，避免事故进一步扩大。工业电子加速器使用单位的主要负责人应对该项计划的制定和实施负全责。

该计划应包括发现或出现紧急情况时，立即采取的最初行动以及情况缓解后应采取的后续行动，并提供将辐射照射最小化，重新控制情况使场所恢复到正常条件，处理损伤和过度照射的各项措施。

（二）应急物资

建设单位应保证所有必须的设备在可预见的应急情况下是可以使用的。应急物资应存放在标签清晰并容易接近的柜子里，同时应定期或使用后立即核查其数量与功能

的适宜性。应急物资至少应包括：功能适当的辐射剂量率巡测仪（含备用电池）；通信设备（如移动电话）；灭火器材和急救物品；文具纸张，包括事故日志；设备手册；应急程序副本。

（三）应急培训与演练

建设单位应保证与本单位应急行动有关的所有人员受过良好的应急培训与演练，了解本单位可能预见的辐射事故危险，熟悉并理解应急计划，能正确执行应急行动与任务。应选择适当的间期开展复训和应急演练。

（四）事故处理

事故发生后，必须按照以下原则进行处理：撤离与通知；控制事态发展，尽快采取措施，恢复正常工况；对受伤人员和受照人员进行救治。

二、事故应急方案与措施

（一）辐射事故应急处置措施

本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮、拉线开关等，迅速控制事故发展，消除事故源。

（二）辐射事故后处理

启动并组织实施方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

（三）事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、生态环境主管部门报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康委员会报告。

本项目尚在拟建中，建设单位拟成立辐射安全防护与环境管理领导小组，设立专职辐射安全管理人员；承诺在项目运行前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人，并制定相应的安全操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设备检修与安全设施检查等制度，以及工业电子加速器事故应急措施与辐射事

故应急预案；基本有满足从事辐射活动的的能力。因此，严格执行规定的辐射安全和环境管理制度，项目的运行安全是有保障的。

建设单位应根据项目开展配置符合要求的辐射工作人员，并组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，合格后方可上岗；建设单位应加强核安全文化建设，建立并落实年度评估、辐射监测与安全设施检查制度；进一步补充、完善环评提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。

竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设应执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 本项目环保设施竣工验收要求一览表

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
2	建设内容	辐照室屏蔽措施及 1 台 1.5MeV 工业电子加速器（II类射线装置）	不发生重大变动
3	剂量控制	辐射工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ ； 公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$ 。	GB18871-2002、GB/T25306-2010、HJ979-2018 等
4	人员要求	网上学习，参加考试并合格后方可上岗工作	生态环境部，公告 2019 年第 57 号
5	剂量率控制	屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	HJ979-2018 等
6	辐射安全防护措施	警示标志、工作状态指示灯设置位置合理，正常工作；安全联锁（钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警、监控系统等）正常运行。配备满足要求个人剂量计、剂量报警仪、剂量率监测仪等	
7	通风要求	设置通风系统以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定	
8	辐射安全管理	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、人员交接班制度等。	

表 13 结论与建议

结论

重庆市三维环保有限责任公司拟在江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站新建一座工业电子加速器机房及其他配套用房，并在工业电子加速器机房内安装使用 1 台中广核达胜加速器技术有限公司生产的半自屏蔽型工业电子加速器（型号：DDLH1.5/66-1600，主机自带屏蔽，属于 II 类射线装置）。工业电子加速器电子束主射方向竖直向下，额定电子线能量为 1.5MeV，额定电子束流为 66mA，年出束时间约 8000h，用于对渗滤液辐照氧化处理。

一、实践正当性

本项目属电子加速器辐照应用项目，根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，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。

同时，项目建设单位重庆市三维环保有限责任公司于 2021 年初向重庆市江津区发展和改革委员会提交立项申请，并于 2021 年 4 月 6 日取得了重庆市江津区发展和改革委员会关于该项目的立项批复，项目编码：2104-500116-04-02-192089。

项目利用辐照加工技术开展对垃圾渗滤液进行辐照氧化处理，提升了污水治理能力。辐照氧化技术具有效率高、工艺过程简单、操作方便、低耗能、高效益、高度机械化、自动化、无污染公害、无残留等特点，项目在采取切实可行的辐射安全与环保措施后，不仅可以减少污染物排放量，而且可以产生一定的社会效益和经济效益。通过环评分析、预测和评价，项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。项目建设严格执行“三同时”，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。

本项目辐照加工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，本项目属于国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家有关法律法规和当前产业政策。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

二、选址合理性结论

重庆市三维环保有限责任公司位于重庆市江津区鼎山街道琅山大道 2 号附 1 号。

本次项目建设地点位于江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站内。

江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站周边以垃圾填埋场、耕田等为主，周边无居民区、学校等环境保护目标。本项目的主要保护目标为本项目的辐射工作人员、厂内其他工作人员及 50 米范围内其他公众。从环保角度来看，该项目的选址是合理可行的。

三、辐射环境现状评价结论

重庆市三维环保有限责任公司江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程项目（辐射部分）拟建址周围环境贯穿辐射剂量率在 85nGy/h~109Gy/h 之间，位于重庆市环境天然贯穿辐射水平涨落区间，属重庆市环境天然贯穿辐射本底水平，场址辐射环境质量现状良好，能满足项目的建设需求。

四、环境影响分析结论

（一）施工期

施工期产生的废气和扬尘，通过设置围挡、对运输车辆和易扬撒物料覆盖防尘网、场地洒水抑尘、车辆清洗上路等措施，对环境空气的影响不大。

施工期废水主要为少量施工废水和施工人员的生活污水。施工废水经沉淀池沉淀后，回用于场地施工用水，不外排；施工人员生活污水经化粪池收集后，接入市政污水管网。施工期产生的废水对地表水环境的影响小。

施工期如地基开挖机械设备、载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，主要采取合理安排施工时间，加强施工过程的管理，在施工场界周围设置维护设施，高噪声设备设置隔声、减噪措施；对施工区进行合理布局，在不影响施工情况下将噪声设备尽量不集中安排；同时加强施工机械的维护保养等措施，可有效减轻施工期的噪声影响。

施工期固体废物主要为施工人员生活垃圾和建筑垃圾。施工场地设置生活垃圾收集点，由环卫部门定期清运。建筑垃圾分类处理，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到市政指定的建筑垃圾堆埋场；多余土石方由专业建筑弃土运输公司运至合法渣场处置或运至园区其他地块作为基础填土，厂区不设临时堆土场，在开工前明确弃土去向。固体废物对周围环境影响较小。

施工期通过设置围挡、截排水沟、防雨布等，可有效减轻项目地块的水土流失；场地目前有少量的草本植物覆盖，项目建设采取一定的绿化后，将改善该地块生态环境。同时项目位于渗滤液处理站内，附近环境中无自然保护区及珍稀野生动植物存在，

项目施工对周边生态环境影响不大。

综上所述，本项目工程量不大且施工期短，随着项目的建成，施工活动产生的影响也会逐步消失，在采取上述环保措施后，施工期对环境的影响可以接受。

（二）营运期

1、电离辐射

（1）工业电子加速器机房的辐射安全与防护

工业电子加速器机房的辐照室四周墙体、顶棚、底板均设置足够厚的屏蔽体进行屏蔽防护，并设置迷道及各种辐射安全与防护设施，所有穿越防护墙的管道（电缆线管、排风管）均采用了 U 型或 Z 型穿越，不降低防护墙的屏蔽效果。二层设备层的主机部分通过钢、铅等材料进行屏蔽。通过理论计算和类比分析，在严格按照设计厚度和辐射安全与防护设施建设的情况下，并以既定的 1.5MeV 能量进行运行，工业电子加速器机房的各屏蔽体均能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

建设单位拟对本项目工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为辐照室及迷道；监督区范围为一层辐照室外相邻区域，二层设备层及控制室等。

项目拟配置具有多种固有安全防护措施且技术要求、防护性能均符合《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等标准要求的加速器辐照装置，并根据 HJ979-2018 的纵深防御、冗余性、多元性和独立性等安全原则进行设计实施辐照装置安全联锁系统，拟设置钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、巡检按钮、防人光电、急停装置（拉线开关）、视频监控与辐照信号警示装置、固定式辐射监测仪（剂量联锁）以及冷却、通风设施、烟雾报警等安全设施与联锁装置；辐照室通风系统拟采用机械通风装置，以保证辐照室通风换气满足要求。辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统符合相关标准规范，满足辐射安全要求。

（2）剂量估算结果

通过核算，本项目按三班倒工作制度开展工作，辐射工作人员和公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众人员 0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）等相关标准的要求。

(3) 环境保护目标影响

根据预测，拟建渗滤液辐照厂房周围环境保护目处的周围剂量当量率均满足《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》（HJ 979-2018）的要求。

2、废气影响

本项目工业电子加速器工作时会产生臭氧和氮氧化物等有害气体，辐照室设计有U型地下通风管道，工作期间应保证机械通风系统的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物浓度。此外，工作人员在工业电子加速器停机后按建设单位设计继续排风相应的时间后方可进入辐照室。臭氧和氮氧化物等有害气体通过排风机引至辐照室外经15m高排气筒高空排放，对周围环境影响可接受。

3、废水影响

本项目营运期废水主要为生活污水，污水经化粪池收集后接入污水管网，经污水处理厂处理达标后排放，对地表水环境影响小。

4、噪声影响

本项目拟使用的风机为低噪声设备，噪声源强较小，经距离衰减后设备噪声对厂界噪声的贡献微小，对周边敏感点的噪声影响可接受。

5、固废环境影响

本项目营运期产生的固体废物主要为员工生活垃圾，在厂区内设置垃圾桶收集，由环卫部门统一清运处理，对周围环境影响很小。

五、辐射安全管理评价

重庆市三维环保有限责任公司拟按规定成立辐射安全管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责。公司应制定可行的辐射安全管理制度，并在以后的实际工作中不断对各管理制度进行补充和完善。

重庆市三维环保有限责任公司需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。重庆市三维环保有限责任公司需为本项目配备辐射巡测仪1台和个人剂量报警仪4台。

综上所述，重庆市三维环保有限责任公司江津区双宝垃圾填埋场渗滤液处理站改造工程项目（辐射部分）在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运

行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2、严格保证施工质量，确保各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按照国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

