

核技术利用建设项目

西安西电光电电缆有限责任公司

工业辐照电子加速器项目

环境影响报告表

西安西电光电电缆有限责任公司

2024年5月

生态环境部监制

## 目录

<b>表 1 项目基本情况</b> .....	<b>1</b>
1.1 单位概况及项目由来 .....	1
1.1.1 单位概况 .....	1
1.1.2 项目由来 .....	2
1.2 本项目概况 .....	3
1.2.1 评价目的 .....	3
1.2.2 建设内容及规模 .....	3
表 1.2-1 本项目 X 射线装置情况一览表 .....	3
1.2.3 项目工作负荷及劳动定员 .....	4
1.3 项目选址及周边环境环境关系 .....	4
1.3.1 项目地理位置 .....	4
1.3.2 工作场所周边环境 .....	4
1.3.3 项目选址的合理性分析 .....	5
1.4 产业政策符合性 .....	5
1.5 实践正当性 .....	5
1.6 原有核技术利用项目许可情况 .....	5
<b>表 2 放射源</b> .....	<b>6</b>
<b>表 3 非密封放射性物质</b> .....	<b>6</b>
<b>表 4 射线装置</b> .....	<b>7</b>
<b>表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）</b> .....	<b>8</b>
<b>表 6 评价依据</b> .....	<b>9</b>
<b>表 7 保护目标与评价标准</b> .....	<b>11</b>
7.1 评价范围 .....	11
图 7-1 项目评价范围示意图 .....	11
7.2 保护目标 .....	12
表 7.2-1 辐射环境保护目标一览表 .....	12
7.3 评价标准 .....	13
<b>表 8 环境质量和辐射现状</b> .....	<b>22</b>
8.1 项目地理和场所位置 .....	22
8.2 辐射环境现状监测 .....	22
图 8-1 本项目辐照室周围辐射环境检测点位示意图 .....	23
表 8.2-1 监测仪器参数 .....	23
表 8.2-2 本项目辐射环境现状监测结果 .....	24
<b>表 9 项目工程分析与源项</b> .....	<b>25</b>
9.1 施工期工艺分析 .....	25
9.1.1 工作原理 .....	25
9.2 工艺设备和工艺分析 .....	25
9.2.1 工程设备 .....	25
表 9.2-1 本项目电子加速器辐照装置参数一览表 .....	25
9.2.2 辐照交联 .....	26
9.2.3 加速器工作原理 .....	26
9.2.4 设备组成 .....	26

图 9-1 卧式半自屏蔽电子加速器结构示意图 .....	28
9.2.5 电子加速器辐照装置操作流程 .....	31
图 9-2 辐照加工工作流程及产污环节示意图 .....	32
图 9-3 辐照工艺产污环节示意图 .....	32
9.2.6 路径规划 .....	32
图 9-4 项目人流、物流路径示意图 .....	33
9.3 污染源项描述 .....	33
9.3.1 放射性污染 .....	33
9.3.2 非放射性污染 .....	33
9.3.3 事故工况 .....	34
<b>表 10 辐射安全与防护 .....</b>	<b>35</b>
10.1 项目安全设施 .....	35
10.1.1 辐射工作场所布局 .....	35
10.1.2 辐射工作场所分区管理 .....	35
图 10-1 本项目加速器辐照室一层工作场所分区管理示意图 .....	36
图 10-2 本项目加速器辐照室顶部（设备区）工作场所分区管理示意图 .....	36
10.1.3 工作场所辐射防护屏蔽设计 .....	36
表 10.1-1 本项目加速器辐照室屏蔽设计一览表 .....	37
10.1.4 辐射安全与防护措施 .....	38
表 10.1-2 本项目辐射安全设施一览表 .....	40
图 10-3 本项目辐射安全防护设施布局示意图（1） .....	41
图 10-4 本项目辐射安全防护设施布局示意图（2） .....	41
10.1.5 管线穿墙 .....	42
图 10-5 辐照线缆进出口辐射防护屏蔽设计示意图 .....	42
图 10-6 本项目排风管道示意图 .....	43
10.1.6 安全管理措施 .....	43
10.2 三废的治理 .....	43
<b>表 11 环境影响分析 .....</b>	<b>45</b>
11.1 建设阶段对环境的影响 .....	45
11.1.1 声环境影响 .....	45
11.1.2 环境空气影响分析 .....	45
11.1.3 水环境影响分析 .....	45
11.1.4 固体废物的影响分析 .....	45
11.1.5 设备安装调试阶段环境影响分析 .....	45
11.2 运行阶段对环境的影响 .....	46
11.2.1 电子束对周围环境的影响 .....	46
11.2.2 X 射线对周围环境的影响 .....	46
表 11.2-1 X 射线发射时相关参数 .....	47
表 11.2-2 加速器辐照室屏蔽辐射剂量率估算表 .....	49
表 11.2-3 加速器辐照室迷道散射辐射剂量率估算结果一览表 .....	50
表 11.2-4 加速器辐照室迷道入口叠加剂量率 .....	50
11.2.3 人员年有效剂量估算 .....	51
表 11.2-5 人员年有效剂量估算结果 .....	52
11.2.4 其他影响分析 .....	52

表 11.2-6 电子加速器辐照装置臭氧产生率.....	53
表 11.2-7 电子加速器辐照装置辐照室臭氧的平衡浓度.....	54
表 11.2-8 电子加速器辐照装置臭氧影响分析计算结果表.....	54
11.3 事故影响分析.....	55
11.3.1 射线装置类别及风险因子.....	55
11.3.2 风险事故识别.....	55
11.3.3 风险防范措施.....	55
<b>表 12 辐射安全管理.....</b>	<b>57</b>
12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置.....	57
12.1.1 辐射防护与安全管理机构.....	57
12.1.2 辐射工作人员管理.....	57
12.1.3 年度评估报告.....	58
12.2 辐射安全管理制度.....	58
表 12.2-1 辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分.....	58
12.3 辐射监测.....	59
12.3.1 个人剂量监测.....	60
12.3.2 工作场所辐射水平检测.....	60
表 12.3-1 本项目辐射环境监测方案.....	61
12.4 辐射事故应急.....	61
12.5 竣工环境保护验收.....	62
表 12.5-1 项目竣工环境保护验收内容一览表.....	62
12.6 环保投资一览表.....	63
表 12.6-1 本项目环保投资概算一览表.....	63
<b>表 13 结论与建议.....</b>	<b>65</b>
13.1 结论.....	65
13.1.1 项目概况.....	65
13.1.2 实践的正当性.....	65
13.1.3 产业政策的相符性.....	65
13.1.4 选址合理性分析.....	65
13.1.5 环境影响分析评价.....	65
13.1.6 辐射安全防护措施.....	66
13.1.7 辐射安全管理.....	66
13.1.8 环保可行性结论.....	66
13.2 建议和承诺.....	66
<b>表 14 审批.....</b>	<b>68</b>

## 附图

- 附图 1 地理位置图
- 附图 2 西电智慧产业园平面布置示意图
- 附图 3 西电智慧产业园东区平面布置图
- 附图 4 辐照室厂房内平面布置图（局部）
- 附图 5 辐照室平面布置图
- 附图 6 辐照室剖面图

## 附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 项目备案确认书
- 附件 3 智慧产业园东区环评批复
- 附件 4 现状监测报告
- 附件 5 市场主体环境信用承诺书

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		西安西电光电电缆有限责任公司工业辐照电子加速器项目			
建设单位		西安西电光电电缆有限责任公司			
法人代表		张晋波	联系人	郭文波	联系电话 *****
注册地址		陕西省西安市莲湖区大庆路 12 号			
项目建设地点		陕西省西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房			
立项审批部门		西安高新区行政审批服务局		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		1000	项目环保投资（万元）	41	投资比例（环保投资/总投资） 4.1%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m <sup>2</sup> ） 154.74
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 单位概况及项目由来**

**1.1.1 单位概况**

西安西电光电电缆有限责任公司始建于 1958 年，隶属于中国西电集团，是原中国人民解放军总参通信兵部常驻机构，是中国电线电缆进出口联营公司的主要成员。

西安西电光电电缆有限责任公司注册资本 3.44 亿元，总资产 14.9 亿元，占地面积 34 万平方米，从业人员 410 人，高级工程师 12 人，工程师 67 人，科技团队占职工总数的 25%。公司为国家一级计量单位。公司产品主要包括 9 大类，以生产通信、信号、电力、装备电缆、布电线、接触线、承力索、铜加工产品、电缆原材料为主，以生产新能源用线缆为辅，公司是我国唯一具备生产和供应铁路电气化通信、信号、电力、牵引“四电”系统产品的专业电线电缆生产厂家，国有大型骨干企业之一。

1997 年公司通过质量管理体系认证，2008 年公司质量、环境、职业健康安全管理体系“三标一体”整合，2014 年通过能源管理体系认证，先后获得 IRIS 国际铁路行业标准认证、CRCC 产品认证、铁路运输基础设施生产企业行政许可证书、中国强制性产品认证、全国工业产品生产许可证、电能认证、TUV 认证证书，并于 2018 年通过武器装备科研生产单位二级保密资格认定。2020 年获得知识产权认证。

西安西电光电电缆有限责任公司先后获得国家二级企业、省市“守合同重信用”企业、国务院国资委“六五”普法先进单位、陕西省“六好企业”、省先进企业、省高新技术企业、省质量 AAA 级信誉单位、省 A 级纳税人、集团先进企业等荣誉。

西安西电光电电缆有限责任公司目前无核技术利用项目。

### 1.1.2 项目由来

为了推进产业转型升级和高质量发展，响应西安市人民政府打造电力装备千亿产业集群“工业强市”战略和市中心城区优化提升方案，西电集团拟组织分散西安城区各处的产业实施“退城入园”，将西安西电光电电缆有限责任公司整体搬迁至西电集团西电智慧产业园东区。

西安西电集团智慧园管理有限公司是于 2022 年 3 月 31 日取得西安高新区行政审批服务局出具的陕西省企业投资项目备案确认书，项目代码：2203-610161-04-01-310716，项目名称：中国西电集团有限公司西电智慧产业园项目（东区），项目单位：西安西电集团智慧园管理有限公司，建设地点：西安市高新区草堂街道。西安西电集团智慧园管理有限公司委托陕西三绿环境工程咨询有限公司编制了《中国西电集团有限公司西电智慧产业园项目（东区）环境影响报告表》，2023 年 6 月 5 日，西安高新区行政审批服务局出具了《关于西安西电集团智慧园管理有限公司中国西电集团有限公司西电智慧产业园项目（东区）环境影响报告表的批复》（高新环评批复〔2023〕038 号）。

为了应对新形势下产业发展对高品质电缆的需求，西安西电光电电缆有限责任公司拟在陕西省西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房内安装使用 2MeV 电子加速器辐照装置 1 台，用于开展西安西电光电电缆有限责任公司电线电缆线生产项目。

对照《射线装置分类》（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 1 台电子加速器辐照装置属于工业辐照用加速器，为 II 类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和公众产生不良影响，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等的规定，本项目在实施前须进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。为此，西安西电光电电缆有限责任公司委托陕西立方环保科技服务有限公司开展“安西电光电电缆有限责任公司工业辐照电子直线加速器项目”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、辐射环境现状质量监测等工作，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 本项目概况

### 1.2.1 评价目的

- (1) 评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响；
- (2) 评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境行政主管部门的管理提供依据；
- (3) 通过项目辐射环境影响评价，为建设单位保护环境和公众利益给予技术支持；
- (4) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；
- (5) 评价项目的可行性，从环境保护角度为生态环境主管部门和建设单位进行辐射环境管理提供科学依据。

### 1.2.2 建设内容及规模

西安西电光电电缆有限责任公司在西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房新建1间加速器辐照室，安装1台2.0MeV电子加速器辐照装置，用于开展电缆的辐照交联。电子加速器辐照装置为Ⅱ类射线装置。

本项目使用射线装置情况见表1.2-1。

表 1.2-1 本项目 X 射线装置情况一览表

序号	装置名称	射线装置类别	数量	规格型号	加速粒子	最大能量	束流强度	工作场所	用途	备注
1	电子加速器辐	Ⅱ类	1台	DDLH2.0/50-1600	电子	2.0MeV	50mA	西电智慧产业	电线电缆的辐	新增

照装置							园东区 E-1#厂 房	照交联	
-----	--	--	--	--	--	--	-------------------	-----	--

### 1.2.3 项目工作负荷及劳动定员

#### (1) 工作负荷

根据建设单位提供的资料，，本项目加速器辐照装置采用连续作业方式，加速器年工作天数 250 天，每天工作（出束）10h，则电子加速器辐照装置年出束时间为 2500h。

#### (2) 人员配置

根据建设单位提供的资料，项目建成后，本项目拟配置辐射工作人员 6 名，辐射工作人员实行两班制，每班配置 3 人。

根据生态环境部《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），建设单位应尽快组织本项目所有辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行报名和参加“电子加速器辐照类”的培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

## 1.3 项目选址及周边环境环境关系

### 1.3.1 项目地理位置

本项目加速器辐照室位于西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房。本项目地理位置见附图 1。

### 1.3.2 工作场所周边环境

本项目位于西电智慧产业园东区 E-1#厂房，1#厂房北侧为西电智慧产业园东区厂内道路，隔路为西电智慧产业园东区宿舍、会议厅、食堂、货棚等；东侧为西电智慧产业园东区厂内道路，隔路为西电智慧产业园东区厂外道路；南侧为西电智慧产业园东区厂内道路，隔路为西电智慧产业园东区厂外空地；西侧为西电智慧产业园东区厂内道路厂内道路，隔路为西电智慧产业园西区；厂区总平面布局图示意图见附图 2。

西电智慧产业园东区 E-1#厂房（光电缆生产厂房）为局部地上二层建筑。辐照室北侧为 1#厂房外道路，东侧变配电室，西侧为 E-1#厂房（光电缆生产厂房）内生产作业区，南侧为控制室、E-1#厂房（光电缆生产厂房）内生产作业区，辐照室上方为加速器设备区，设备区上方为 E-1#厂房（光电缆生产厂房）二层生产作业区，辐照室下方为土层。

项目所在区域平面布局（局部）见附图 4。

### 1.3.3 项目选址的合理性分析

本项目服务于西安西电光电电缆有限责任公司主体项目，其建设地点位于公司生产厂区内，能够顺畅对接建设单位电线电缆产品的辐照加工，避开了人群较多的场所，且周围人员经过较少，尽可能减小对人群影响的范围。本项目拟建加速器辐照室周围 50m 范围内主要为西电智慧产业园东区内部建筑物、道路，部分涉及厂区外道路及空地，无居民区、学校等环境敏感目标。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响满足标准要求，故本项目的选址是合理的。

### 1.4 产业政策符合性

本项目的建设是为了开展工业辐照以改善电缆电线的化学稳定性和热稳定性，提高产品质量。公司使用辐照装置满足相关国家法律、法规和标准的要求，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术利用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业政策。

### 1.5 实践正当性

本项目是利用电子加速器辐照装置使电线电缆达到交联目的，提高电线电缆的使用寿命、耐温等级、抗过载能力、机械性能等指标。但是，由于在辐照过程中射线的应用可能会造成如下放射性环境问题：

- （1）给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响；
- （2）射线装置的使用及管理的失误可能会造成辐射安全事故；

建设单位在开展辐照加工过程中，应严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，建立相应的辐射安全管理规章制度并严格执行。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目利用射线装置带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

### 1.6 原有核技术利用项目许可情况

西安西电光电电缆有限责任公司在此项目之前未开展过核技术利用项目。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

**表 3 非密封放射性物质**

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	装置名称	类别	数量	型号	加速粒籽	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器辐照装置	II	1	DDLH2.0/50-1600	电子	2	50mA	电线电缆的辐照交联	西电智慧产业园东区 E-1#厂房	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (k)	最大靶电流 (μA)	中子强度	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	气体	/	/	少量	少量	/	/	经通风系统直接排入大气环境，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）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 24 号 2018 年修订，2018 年 12 月 29 日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（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 版）》（生态环境部令第 16 号，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 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部部令第 20 号修正，自 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&lt;射线装置分类&gt;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) 《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）；</p> <p>(12) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（环境保护部，国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 22 日起施行）；</p> <p>(13) 《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》（2019 年 11 月 6 日）；</p> <p>(14) 《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号，2018 年 6 月 7 日）。</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》 (HJ 10.1-2016) ；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002) ；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ 61-2021) ；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021) ；</p> <p>(5) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018) ；</p> <p>(6) 《辐照加工用电子加速器工程通用规范》 (GB/T25306-2010) ；</p> <p>(7) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》 (GBZ141-2002) ；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019) ；</p> <p>(9) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》 (GBZ 2.1-2019) ) ；</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) ；</p> <p>(11) 《大气污染物综合排放标准》 (GB16297-1996) 。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供的其他资料。</p>



## 7.2 保护目标

根据本项目外环境关系、加速器辐照室的平面布局，本项目加速器辐照室周围 50m 评价范围内均为厂区内部区域，无居民楼、学校、写字楼等特殊敏感目标。因此，本项目环境保护目标主要为本项目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，本项目加速器辐照室墙体外 50m 范围内无居民、学校、自然保护区、风景名胜区、水源保护区等敏感保护目标。评价范围内保护目标分布情况见表 7.2-1。

表 7.2-1 辐射环境保护目标一览表

评价项目	方位	区域功能	保护目标	规模	距离范围	年剂量约束值
西安西电光电电缆有限责任公司工业辐照电子加速器项目	东	变配电室	公众人员	约 1~2 人	0~10m	0.1mSv
		西电智慧产业园东区 E-1#厂房外部道路、西电智慧产业园东区 E-1#厂房厂区外道路	公众人员	流动人员	10~50m	0.1mSv
	南	西安西电光电电缆有限责任公司生产作业区	公众人员	约 10~20 人	0~50m	0.1mSv
		控制室	职业人员	6 人	0~3m	5mSv
	西	西安西电光电电缆有限责任公司生产作业区	公众人员	约 10~20 人	0~50m	0.1mSv
	北	西电智慧产业园东区 E-1#厂房外部道路	公众人员	流动人员	0~50m	0.1mSv
		西电智慧产业园东区宿舍	公众人员	约 50 人	35~50m	0.1mSv
上	西安西电光电电缆有限责任公司生产作业区	公众人员	约 10~15 人	14~50m	0.1mSv	

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 职业照射和公众照射

#### 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐照的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

#### 附录 B

##### B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a. 由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量，20mSv；
- b. 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c. 眼晶体的当量剂量，150mSv/a；
- d. 四肢（手和脚）或皮肤的年当量剂量，500 mSv/a。

##### B1.2 公众照射

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下述限值：

- a. 年有效剂量，1mSv；
- b. 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。

#### 《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

###### （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。

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。

个人年剂量约束值：职业人员个人年有效剂量不超过 5mSv/a；

公众成员个人年有效剂量不超过 0.1mSv/a。

### 7.3.2 工作场所辐射剂量率控制要求

#### 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）

##### 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达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ Sv/h。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。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），本项目电子加速器机房四侧屏蔽墙体外及顶部 30cm 处周围剂量当量率目标控制值为 2.5 $\mu$ Sv/h。

### 7.3.3 辐射安全管理与防护

#### 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

##### 6.4 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。

##### 6.4.1 控制区

6.4.1.1 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。

##### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 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。

#### 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）

##### 3 辐射防护设施的设计原则

##### 3.3 辐射安全系统

3.3.5 在高辐射区和辐射区，应该安装遥控辐射监测系统。该系统的数字显示装置应安装在控制台上或监测位置。当辐射超过预定水平时，该系统的音响和（或）灯光警

告装置应当发出警告信号。

3.3.6 每台加速器必须根据其特点配备其他辐射监测装置，如个人剂量计，可携式监测仪，气体监测仪等。

3.3.7 辐射安全系统的部件质量要好，安装必须坚实可靠。系统的组件应耐辐射损伤。

#### 3.4 通风系统

3.4.1 为排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。

3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。通风系统的进气口应避免受到排出气体的污染。

3.4.3 通风管道通过屏蔽体时，必须采取措施，保证不得明显地减弱屏蔽体的屏蔽效果。

### 4 运行中的辐射安全

#### 4.5 通风

4.5.1 加速器停机后，在人员进入有气载放射性的区域前，应先对该区域进行适当通风，使其浓度低于附录 C 所列导出空气浓度。但在符合内外照射低于年有效剂量当量限值的原则下，可容许 1 次或多次吸入空气中的放射性物质的浓度超过附录 C 所列的导出空气浓度。

#### 4.6 应急程序

4.6.1 根据加速器的实际情况，应制定出处理可能发生的重大事故（或失误）时所需的应急程序，包括人员的撤离，个人剂量的确定，医学追踪，环境评价等。

#### 4.7 可靠性检验

4.7.1 必须对辐射安全系统进行定期检查或维修，时间间隔不得超过 6 个月，并应做好检查记录。

### **《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）**

#### 4 一般要求

##### 4.1 辐射安全要求

###### 4.1.1 安全原则

###### 4.1.1.1 纵深防御

应对电子加速器辐照装置的应用及其潜在照射的大小和可能性采取相适应的多层防护与安全措施（即纵深防御），以确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，达到：

- （1）防止可能引起照射的事故；
- （2）减轻可能发生的任何类似事故的后果；
- （3）在任何这类事故之后，将装置恢复到安全状态。

#### 4.1.1.2 冗余性

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

#### 4.1.1.3 多元性

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

#### 4.1.1.4 独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时，不会造成其他安全部件的功能出现故障或失去作用。通过功能分离和实体隔离的方法使安全机构获得独立性。为提高系统的独立性，可采取下列措施：

- （1）保证冗余性（多道连锁）各部件之间的独立性；
- （2）保证纵深防御各部件之间的独立性；
- （3）保证多元性各部件之间的独立性；
- （4）保证安全重要物项和非安全重要物项之间的独立性。

#### 4.1.2 辐射工作场所的分区

按照 GB18871 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，如设备操作室、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。

4.1.3 在控制区出入口处和其它必要的地方，应设立醒目的、符合 GB18871 规定

的警告标志。

4.1.4 使用手册、操作规程和应急程序等文件以及关键的安全部件标识和安全标识都应使用中文。

## 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。对于既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

#### 6.3.1 电气系统

(1) 必须按加速器装置及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。

(2) 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。

(3) 各供电系统及相关设备有可靠的接地系统。

(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。

#### 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。

(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。

### 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。

(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环境与气象资料计算确定。

### 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。

## 7 日常检修（管理）及记录

### 7.1 装置的维护与维修

辐照装置运营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。

安全设施的变更，需经设计单位认可，并经监管部门同意后才能进行。

#### 7.1.1 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，发现异常情况必须及时修复。常规日检查项目应至少包括下列内容：

- (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。

#### 7.1.2 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。

### 7.1.3 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。

### 7.2 记录

辐照装置营运单位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) 辐照产品情况；
- (3) 发生故障及排除方法；
- (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) 检查和维修维护的内容与结果；
- (8) 其它。

### 《辐照加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）

#### 8.1.3 辐射防护安全要求：

- a) 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  $2.35\text{g/cm}^3$ 。
- b) 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。
- c) 监督区的辐射剂量水平应符合 GB18871-2002 和 GB5172-1985 中的职业照射剂量限值要求；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限值为  $5\text{mSv}$ ；公众成员个人年有效剂量限值为  $0.1\text{mSv}$ 。
- d) 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、紧急停机开关等设置。
- e) 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。

f) 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备。

g) 按照 GBZ2.2-2007, 有害气体职业接触限值如下: 臭氧最高容许浓度  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

g) 其他物理因素安全要求应满足 GBZ 2.2-2007 规定的标准要求。

### C.3 有害气体职业接触限值

按照 GBZ 2.1-2019, 有害气体职业接触限值如下

a) 臭氧, 最高容许浓度:  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

b) 二氧化氮, 时间加权平均容许浓度:  $5\text{g}/\text{m}^3$ , 短时间接触容许浓度:  $10\text{g}/\text{m}^3$ 。

注: 此项限值主要在辐射室, 在辐射室, 由于射线导致空气电离主要产生臭氧和二氧化氮这两种有害气体。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

本项目位于西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房，1#厂房北侧为西电智慧产业园东区厂内道路，隔路为西电智慧产业园东区宿舍、会议厅、食堂、货棚等；东侧为西电智慧产业园东区厂内道路，隔路为西电智慧产业园东区厂外道路；南侧为西电智慧产业园东区厂内道路，隔路为西电智慧产业园东区厂外空地；西侧为西电智慧产业园东区厂内道路厂内道路，隔路为西电智慧产业园西区；厂区总平面布局图示意图见附图 2。

西电智慧产业园东区 E-1#厂房（光电缆生产厂房）为局部地上二层建筑。本项目辐照室北侧为 1#厂房外道路，东侧变配电室，西侧为 E-1#厂房（光电缆生产厂房）内生产作业区，南侧为控制室、E-1#厂房（光电缆生产厂房）内生产作业区，辐照室上方为加速器设备区，设备区上方为 E-1#厂房（光电缆生产厂房）二层生产作业区，辐照室下方为土层。项目所在区域平面布局见附图 4。

### 8.2 辐射环境现状监测

为了解项目本项目加速器辐照室周围的 $\gamma$ 辐射环境现状水平，于 2023 年 11 月 13 日对拟建地的辐射环境进行了现状监测。

#### （1）监测目的

为了解项目拟建地周围辐射环境现状水平。

#### （2）监测项目

$\gamma$ 辐射剂量率。

#### （3）监测方法

依据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求和方法进行现场监测。

#### （4）监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点。监测点位图见图 8-1。

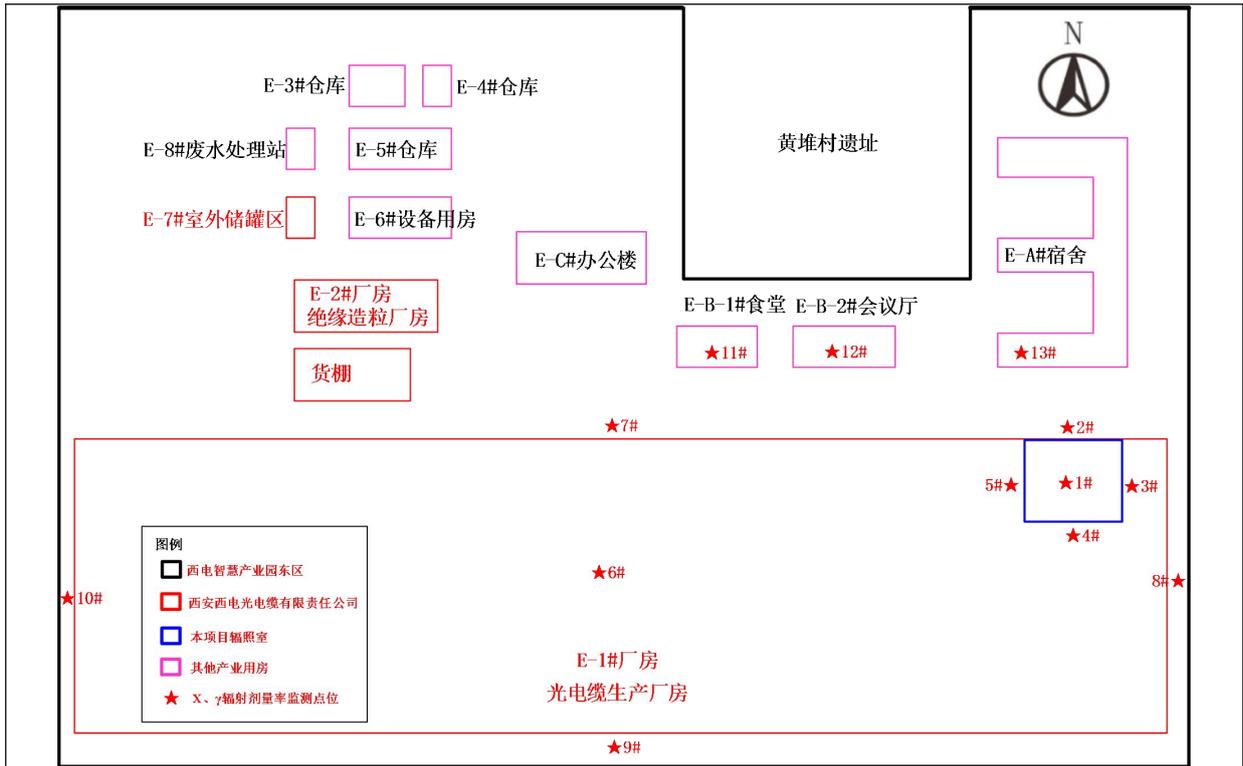


图 8-1 本项目辐照室周围辐射环境检测点位示意图

(5) 监测仪器

监测仪器的参数详见表 8.2-1。

表 8.2-1 监测仪器参数

仪器名称	仪器编号	生产厂家	检定单位	能量范围	量程	检定证书编号及有效期
RJ32-3602 型一体式 多功能辐 射巡检仪	SXLF-CL-139	上海 仁机 仪器 仪表 有限 公司	中国计 量科学 研究院	5keV-3.0Me V	0.01--600μSv /h	DLjl2023-07317、 DLjl2023-07678, 2024.6.4

(6) 监测单位

陕西立方环保科技服务有限公司。

(7) 监测时间

2023 年 11 月 13 日。

(8) 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- ③监测仪器每年定期经计量部门检定，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由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

(9) 监测结果

本项目辐射环境现状监测结果详见表 8.2-2。

表 8.2-2 本项目辐射环境现状监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果 (μGy/h)	标准差 (μGy/h)	备注
1#	拟建辐照室中心位置	0.079	0.06	/
2#	拟建辐照室北侧	0.080	0.03	/
3#	拟建辐照室东侧	0.077	0.08	/
4#	拟建辐照室南侧	0.080	0.05	/
5#	拟建辐照室西侧	0.083	0.06	/
6#	E-1#厂房内	0.080	0.07	/
7#	E-1#厂房北侧	0.079	0.05	/
8#	E-1#厂房东侧	0.087	0.07	/
9#	E-1#厂房南侧	0.084	0.07	/
10#	E-1#厂房西侧	0.081	0.03	/
11#	西电智慧产业园东区食堂	0.081	0.05	
12#	西电智慧产业园东区会议厅	0.083	0.05	
13#	西电智慧产业园东区宿舍	0.082	0.03	

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，以上监测结果均已扣除了仪器对宇宙射线的响应值。

由上表可知，本项目监测点位处的γ辐射剂量率在 77nGy/h~87nGy/h 之间，与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“西安市γ辐射剂量率调查结果（原野：50~117nGy/h，道路：52~121nGy/h，室内：79~130nGy/h）”相当，属于天然辐射本底水平。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期工艺分析

#### 9.1.1 工作原理

本项目施工期主要为西安西电光电电缆有限责任公司在西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房内新建辐照加速器辐照室施工及设备安装调试，施工期主要有噪声、废气、废水和固体废物对环境的影响。本项目施工工程量小，施工工艺简单、施工周期短，且施工产生的少量废水、生活垃圾和建筑垃圾，施工废水循环使用，生活污水产量较小，生活污水经化粪池处理后排入市政污水管网，建筑垃圾由建设单位施工结束后统一清运处置，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降低到最低程度。同时，由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响自动消除。

设备安装调试过程中主要污染物包括设备的包装废物和调试时产生的电子束和 X 射线。安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示标识，人员离开时辐照室上锁。

### 9.2 工艺设备和工艺分析

#### 9.2.1 工程设备

西安西电光电电缆有限责任公司拟购置 1 台 DDLH2.0/50-1600 型高频高压型电子加速器，用于电线电缆的辐照交联。

本项目 1 台电子加速器辐照装置设备参数见表 9.2-1。

表 9.2-1 本项目电子加速器辐照装置参数一览表

型号	DDLH2.0/50-1600
厂家	中广核达胜加速器技术有限公司
最大电子束能量	2.0MeV
最大束流强度	50mA
束流损失点能量	0.2MeV
束流损失率	1%
扫描宽度	1.6m
主射束方向	0°（垂直向下）
加速器工作方式	连续

注：以上设备参数由建设单位提供。

本项目拟使用的 1 台电子加速器自带屏蔽。与常规非自屏蔽加速器相比，本项目

加速器设备由于自带屏蔽，加速器设备无需进行辐射屏蔽防护。在工作原理、出束方向、摆放方式和使用流程上，自带屏蔽加速器和常规非自屏蔽加速器没有区别。

### 9.2.2 辐照交联

交联电缆通常是指电缆的绝缘层采用交联材料，是交联聚乙烯绝缘电缆的简称。其具有优异的电气性能，良好的运行安全性能和热过载机械特性，以及安装运行维修简便等优点。目前辐照交联是电缆行业生产交联电缆的三种工艺方式之一。

辐照交联是采用经过改性的聚乙烯绝缘料，通过 1+2 的挤出方式完成异体屏蔽层——绝缘层——绝缘屏蔽层的挤出后，将冷却后的绝缘线芯，均匀通过高能电子加速器的辐照扫描窗口完成交联过程。辐照交联电缆料中不加入交联剂，在交联时是由高能电子加速器产生的高能电子束有效穿透绝缘层，通过能量转换产生交联反应的，因为电子带有很高的能量，而且均匀地穿过绝缘层，所以形成的交联键结合能量高，稳定性好。表现出的物理性能为，耐热性能优于化学交联电缆。

电子辐照加速器是目前发达国家在轮胎硫化、高温线缆化学交联、汽车内饰化学发泡等行业中用物理法替代传统化学生产法的核心装置，具有环保清洁、高效节能等优点，可大大降低能源和原材料的消耗促进产业升级。

### 9.2.3 加速器工作原理

工业辐照加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。其工作原理可概括为：首先，将低压工频电能，用高频振荡器变成高频电能，输送给高压发生器；经过高压发生器内高频变压器的作用，变成升压的高频电压；再将此升压的高频电压加在空间耦合电容上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成高能电子束。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。

### 9.2.4 设备组成

辐照用电子加速器主要组成部分包括：直流高压发生器、束流加速系统、扫描引出系统、引出扫描系统、真空抽气系统、绝缘气体处理系统、冷却水循环系统、控制系统组成。高频高压型加速器按主体结构形式可分为直立型和角尺型（卧式），本项

目拟购置的电子加速器主体结构为卧式半自屏蔽，其结构特性如下：采用高压电源和电子加速器系统相分离的结构，前者为卧式，后者垂直安放。两者通过高压同轴圆管连接。其特点是：

a) 采用角尺形设计，只需对加速器部分及束流引出部分进行屏蔽，而高频高压电源部分一般不需要屏蔽；

b) 由于电源部分卧置，设备高度大大降低，节省厂房建造成本；

c) 躺下后的卧式高压电源筒内的倍压柱更便于检修；

d) 加速管置于独立的钢筒内，减弱了与倍压柱之间的相互干扰。检修调试时更便于判断故障点所在；

e) 当加速器能量不是很高时，辐射防护可以采用半自屏蔽设计。即以铁和铅构成紧凑的局部屏蔽。拟购加速器设备自屏蔽包括束流加速器组件和高压电源组件外壳屏蔽材料和嵌入顶棚处加速器管穿墙区域的铁屏蔽件。加速器组件穿顶棚处孔洞空隙屏蔽材料为 42cm 铁，用于封堵设备组件穿墙空隙，阻挡辐照室内射线通过设备周边空隙直接泄露至辐射顶棚设备区，该铁屏蔽区作为辐照室顶棚屏蔽的一部分。

本项目拟购加速器的结构如图 9-1 所示。

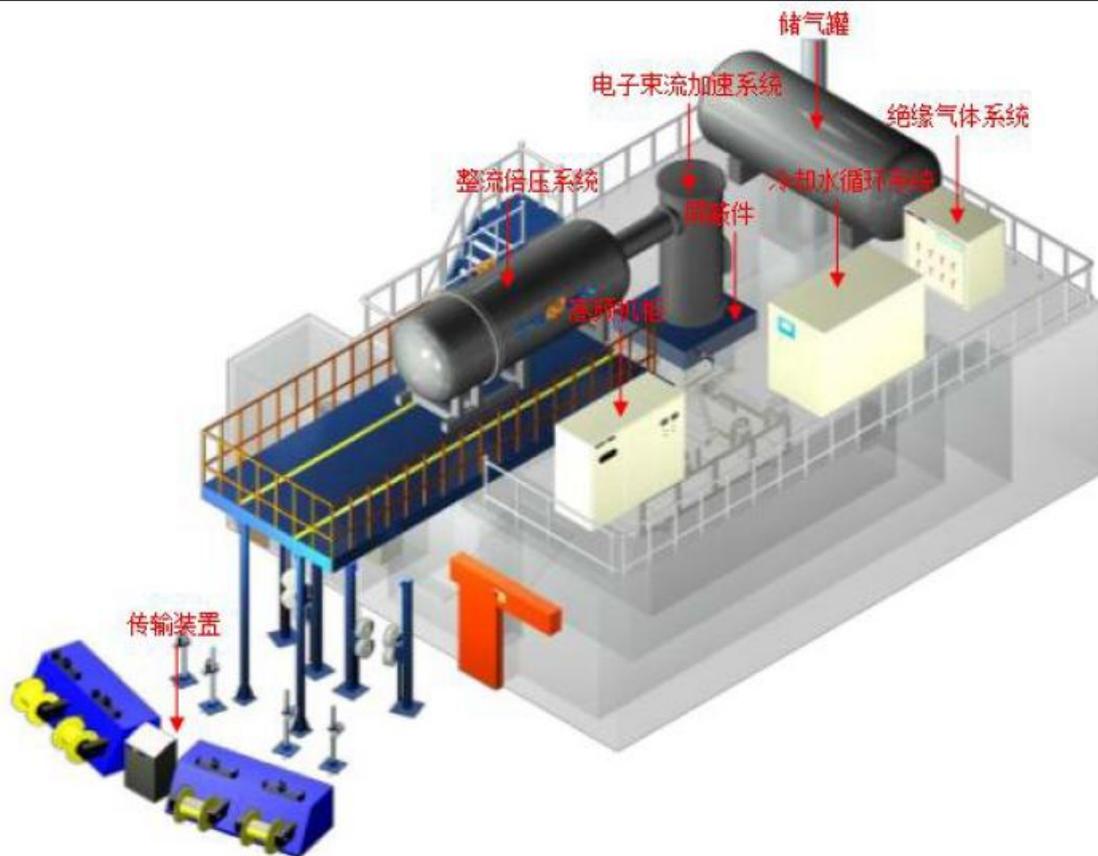


图 9-1 卧式半自屏蔽电子加速器结构示意图

### (1) 直流高压发生器

直流高压发生器由高频振荡器和整流倍压系统组成。

高频振荡器是高频高压型电子加速器的高频供电系统，它的主要作用是把电网的电能由工频转换为高频，再经并激耦合的倍压电路转换为加速器的直流高压，其性能决定着加速器的最大束功与束功转换效率。高频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。谐振回路由钢管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管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管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。钢管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，并对钢管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。

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。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 DD 型电子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 SF<sub>6</sub> 干燥绝缘气体，使得加速器具有足够安全的绝缘强度。

## (2) 束流加速系统

束流加速系统由加速器管和电子枪组成。加速管是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空里( $10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa)稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场(0~20kV/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 450mm 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，因此这种加速管机械强度高、真空性能好、电性能优越，使用寿命长。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院，以防止过电压冲击。

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,需经计算确定。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,达到调束流的目的。这样的供电方式,束流和频率单一对应,跟随快,便于和束下装置联动,有利于提高工作效率和辐照产品的质量。

### (3) 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。

### (4) 真空抽气系统

真空系统由涡轮分子泵机组和溅射离子泵机组组成。运行时先启动涡轮分子泵机组,在真空度达到溅射离子泵机组的运行条件后,再启动溅射离子泵机组。待溅射离子泵机组正常工作后,即可关闭涡轮分子泵机组。真空测量采用 B-A 规数显式真空计,真空计可向控制台输出联锁信号,以实现与真空度有关的联锁控制。

### (5) 控制系统

计算机控制系统的主要功能是:监控加速器的正常运行,实施安全联锁,并与束下装联动配合。

### (6) 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 SF<sub>6</sub> 气体用。  
②压缩机机组,由低压有油压缩机、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,由真空泵和一个油过滤器、一个油气吸附器、二个电动阀门以及管道部件等组成。它用于储气筒和主钢筒抽真空。在加速器检修打开钢筒前,它必须把钢

筒内的 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 的纯度。

#### (7) 加速器冷却水循环系统

加速器冷却恒温装置是用于冷却恒温加速器工作时关键零部件温度的专用设备。全程采用 PLC 加控制面板方式实现自动控制。并与主控制界面建立通讯，同时能在加速器主控制界面上实现控制及故障报警。

### 9.2.5 电子加速器辐照装置操作流程

①辐射工作人员作业前检查门-机联锁装置、信号警示装置等辐射安全防护措施是否正常；

②辐射工作人员进入辐照室内巡视清场，并按照顺序按下全部巡检按钮，巡查有无人员逗留，确认无异常情况后，关闭好防护门；

③调整好加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度；

④调整收放线系统，将电线电缆等产品放置传输系统上；

⑤在控制室开启冷却系统、通风系统等辅助系统；

⑥确认相关辅助系统运行正常并再次进入辐照室进行检查，确认无异常情况；

⑦启动辐照装置，进行电缆辐照交联。通过传输装置从加速器辐照室货物进口输送进入加速器辐照室，辐照对象通过束下传输装置从加速器辐照室出口传送出，收卷系统进行产品收放；

⑧辐照工作完成后，关闭电子加速器、束下传输装置，加速器停止出束。通风系统持续运行，通风结束后，工作人员方可进入。

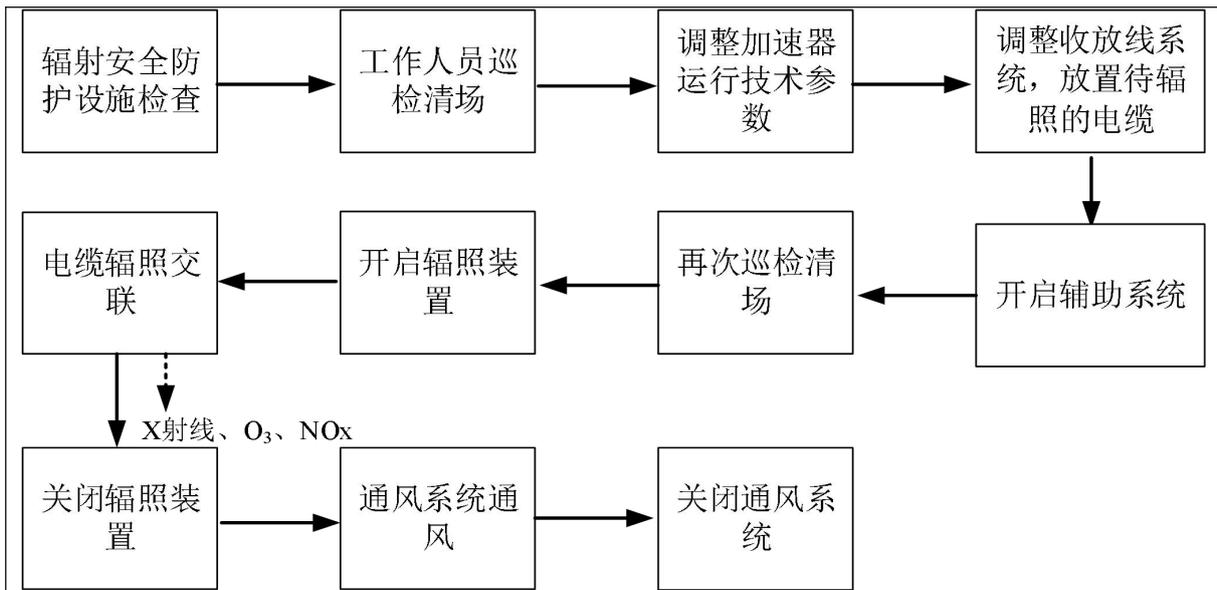


图 9-2 辐照加工工作流程及产污环节示意图

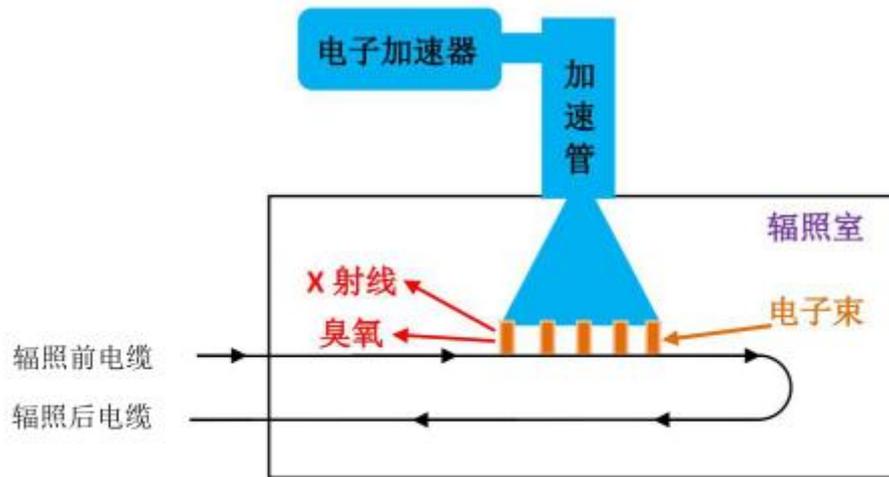


图 9-3 辐照工艺产污环节示意图

### 9.2.6 路径规划

**辐射工作人员路径：**本项目辐射工作人员在开机运行前，打开辐照室防护门，进入辐照室，沿迷道进入辐照室，并依次按下巡检按钮，确保辐照室内无人员逗留，然后原路退出加速器辐照室。

**电缆进出辐照室路径：**拟辐照的电缆放到待辐照区，连接放线机，电缆通过牵引机由产品走线穿墙进入辐照室，缠绕到束下辊筒，经电子束辐照后由产品走线穿墙出辐照室，然后收到收线机上。

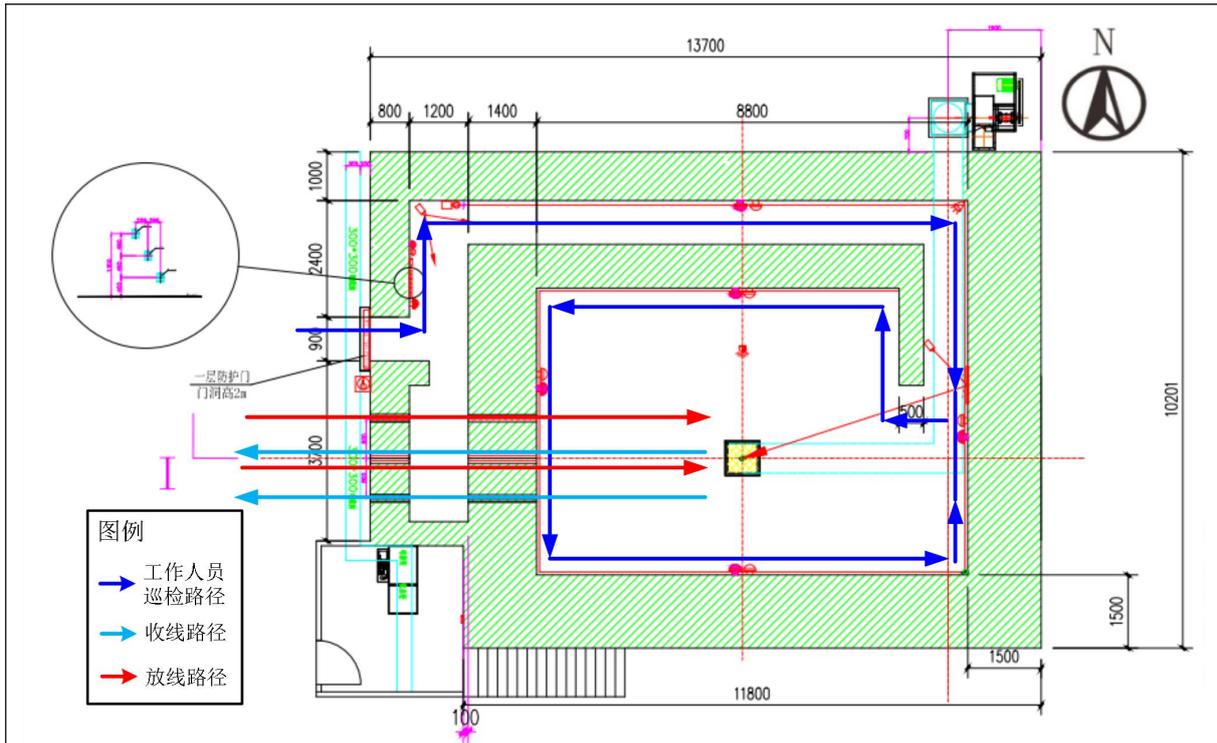


图 9-4 项目人流、物流路径示意图

## 9.3 污染源项描述

### 9.3.1 放射性污染

#### (1) X 射线

电子加速器产生的辐射可分为瞬时辐射和感生辐射两类。瞬时辐射包括初级辐射（指被加速电子）及其与靶材料或加速器的结构材料相互作用产生的 X 射线，瞬时辐射在加速器运行时产生，关机后即消失，它们是加速器辐射屏蔽、防护和监测的主要对象。

#### (2) 电子束

电子加速器辐照装置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。

### 9.3.2 非放射性污染

#### (1) 废气

本项目辐照加速器在工作状态时，高能电子束产生的韧致辐射（X 射线）会使辐

照室内空气电离从而产生一定量的臭氧和氮氧化物。本项目加速器辐照室拟安装机械通排风系统，当电子加速器辐照装置运行过程中，排风系统开启以降低辐照室内的臭氧浓度。在良好通风条件下， $O_3$  和  $NO_x$  很快弥散在大气环境中， $O_3$  在自然环境下分解成氧气。

#### (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。

本项目运行期废水主要为工作人员产生的生活污水，生活污水经化粪池处理后排入市政污水管网。

#### (3) 固废

本项目运行期固废主要为工作人员产生的生活垃圾，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。

### 9.3.3 事故工况

本项目可能发生的辐射事故如下：

(1) 电子加速器辐照装置最大可能事故通常是联锁系统失效，而加速器仍然处于工作状态时发生。此时如果职业人员或其他人员误入机房，或者当职业人员或其他人员尚未离开机房时，可能会造成这些人员受到意外照射。

(2) 当设备出现故障进行维修时，若发生意外出束，可导致维修人员受到不必要的剂量照射。

(3) 有人员滞留于辐照室内，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) 加速器辐照室通风设施发生故障或未按规定运行，辐射人员进入辐照室受到非辐射废气伤害。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 辐射工作场所布局

本项目工业电子加速器辐照室为地上混凝土结构，辐照室位于一层，电子加速器出束方向向下，辐照室建有迷道，入口处设有防护门。辐照室顶部为加速器设备区，设备区布置加速器罐体、气体系统、冷却水循环系统、高频机等设备辅助设施设备，设备区顶部为二层生产作业区。工业电子加速器辐照室控制室位于辐照室东南侧，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，受照产品收发人员位于辐照室西侧的上料、卸料区。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。辐照室人员出入口采用迷路设计，电缆传输进入辐照室采取专用电缆穿线孔，穿线孔位置分别设置在迷路内外墙。辐照室的整体设计能达到良好的屏蔽防护效果，便于辐照交联工作的开展。本项目人物分流，不存在路径交叉，本项目人流、物流路径示意图见图 9-4。

综上所述，本项目整体布局合理可行。

#### 10.1.2 辐射工作场所分区管理

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）的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。划分原则如下：

**控制区：**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：**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。

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：**辐照室（包括迷道）、辐照室顶设备区；

**监督区：**控制室、加速器辐照室周围辅助设施、二层设备平台上非设备安置区域及通往二层平台的楼梯、辐照室边界外 30cm 范围。

本项目辐射工作场所分区管理示意图见图 10-1 和图 10-2。

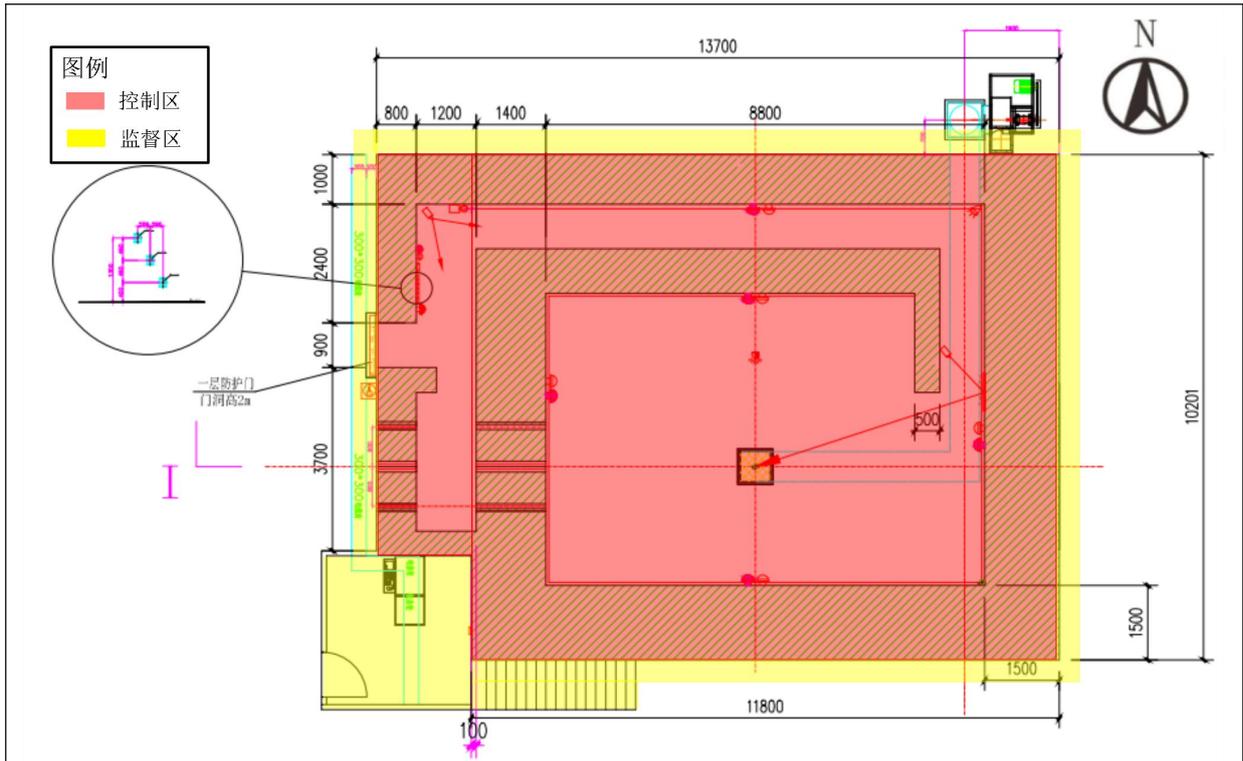


图 10-1 本项目加速器辐照室一层工作场所分区管理示意图

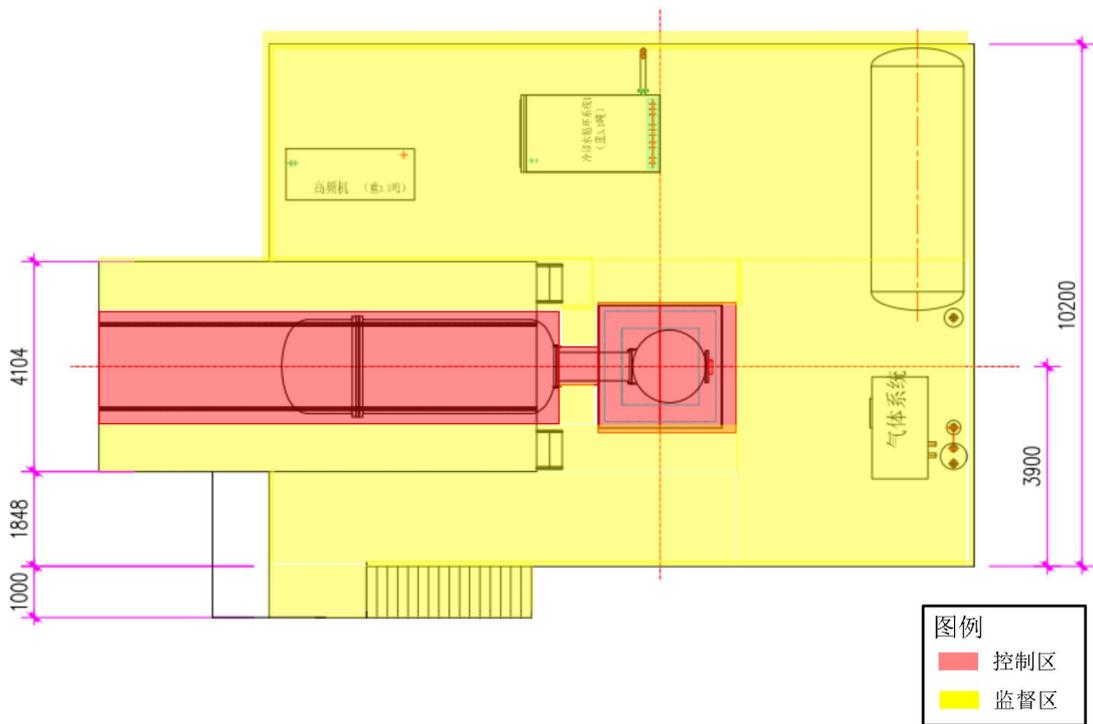


图 10-2 本项目加速器辐照室顶部（设备区）工作场所分区管理示意图

### 10.1.3 工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目 1 座电子加速器辐照室为地上一层混凝土结构，一层为辐照室，一层顶上为设备平台，一层、二层之间通过楼梯连接。本项目拟建的电子加速器辐照室的主体结构

均采用混凝土，辐照室的主体尺寸为 7.4m×5.9m×2.35m，北墙迷路宽为 0.9m，西墙迷路宽为 1.2m。

本项目所用加速器为半自屏蔽式加速器，本项目辐照室辐射屏蔽防护设计方案见表 10.1-1。

**表 10.1-1 本项目加速器辐照室屏蔽设计一览表**

项目		屏蔽材料及厚度	备注
设备		DDLH2.0/50-1600 型电子加速器加速管外水平方向的辐射防护设施为：12mm 钢板+30mm 铅板+3mm 钢板；水平方向检修口的辐射防护设施为：5mm 钢板+40mm 铅板+55mm 钢板；水平方向电子枪旁与主设备的连接筒辐射防护设施为：3mm 钢板+30mm 铅板+10mm 钢板；顶部的辐射防护设施为：20mm 钢板+60mm 铅板+80mm 钢板；底部与辐照室的连接区域为 420mm 钢板。	/
辐照室	东侧	外墙：1500mm 混凝土 内墙：500mm 混凝土	/
	南侧	辐照室南墙：1500mm 混凝土 迷道南墙：500mm 混凝土	/
	西侧	外墙：800mm 混凝土 内墙：1400mm 混凝土	/
	北侧	外墙：1000mm 混凝土 内墙：900mm 混凝土	/
	屋顶	辐照室顶部：1500mm 混凝土 迷道顶部：500mm 混凝土	/
	防护门	10mm 铅板	
注：表中混凝土密度为 2.35g/cm <sup>3</sup> ，铅密度不低于为 6g/cm <sup>3</sup> ，钢的密度为 7.8g/cm <sup>3</sup> 。			

#### 10.1.4 辐射安全与防护措施

为保障电子加速器安全运行,避免在加速器辐照期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故,本项目电子加速器辐照室拟设置如下辐射安全装置和保护措施,主要有:

##### (1) 钥匙控制

本项目的加速器辐照室设有控制室,控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有电子加速器的钥匙开关,只有该钥匙就位后才能开启电源,启动电子加速器进行出束作业;钥匙开关未闭合状态时,电子加速器无法开机出束。同时,电子加速器的开关钥匙也是该加速器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。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时,该工作人员必须携带该电子加速器的开关钥匙。因此,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,此情况下电子加速器必然无法开机出束。

##### (2) 门机联锁

本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

辐照室内的传输系统与该辐照室内的电子加速器进行联锁,建立可靠的接口和协议文件。电子加速器未出束时,当辐照室内的传输系统出现故障时,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,当辐照室内的传输系统出现故障,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

辐照室防盗门上方设计有工作状态显示器(开机、关机、准备),且带有报警装置;于辐照室内北侧迷道外墙安装1个语音报警装置,加速器开机、防护门关闭前会进行巡检语音提示仍停留在控制区的人员尽快离开。辐照室防盗门外明显位置处均设计有电离辐射警告标志。

##### (5) 巡检按钮

本项目辐照室内设有6个巡检按钮,各巡检信号均与加速器控制台联锁。工业电子加速器在开机出束前,辐射工作人员需先进入辐照室内进行巡视,巡查有无人员误留或

有无其他异常，并按序按下辐照室内的巡检按钮，全部巡检按钮按下后，防护门关闭后加速器方可启动；若中途停止或不按顺序执行，系统会提示巡检失败，加速器将不能进行出束作业，工作人员必须重新按序巡检。加速器在开机过程中，如辐照室内任一巡检按钮被触发，加速器会立即停止出束。

#### （6）防人误入装置

本项目在辐照室迷道入口紧邻防护门的位置，设计有3道相互独立不同高度的光电装置(红外光电感应装置)，且并分别与加速器联锁。光电装置安装高度距离地面分别为0.4m，0.85m和1.3m处，当有人员或者动物误入电子加速器辐照室身体将任意一处红外线挡住后，若加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。

#### （7）急停装置

本项目在辐照室迷道出口处（防护门旁）设计有拉线开关，拉线开关距地面高度约1.3m；拉线开关的拉线沿内部墙体围绕一圈布置，在辐照室内的任何位置均可以立即拉动拉线开关。当急停按钮或急停拉线开关动作时，切断加速器主电源断路器，整个加速器系统立即停机。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。

#### （8）剂量联锁

本项目拟安装固定式辐射监测仪，与辐照室的出入门等联锁，监测探头位于辐照室迷道内，显示面板位于控制室内。本项目共设置三个剂量探头，分别位于控制室、迷道、加速器设备平台钢桶位置。当辐照室内辐射水平高于仪器设定阈值时，辐照室的门无法打开。当加速器设备发生射线泄漏超过阈值时，进行剂量报警。

#### （9）通风联锁

辐照室的通风装置与控制系统进行了联锁，风机不开，加速器无法启动；当加速器停机后，只有达到预设的时间，辐照室的门才能打开，以保证臭氧浓度降到允许值才能入内，同时与门口的工作状态显示器进行联锁。

#### （10）烟雾报警

本项目加速器辐照室内顶部，拟安装烟雾报警装置。电子加速器将与火灾烟雾报警

系统联锁。在加速器正常出束时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将立即停止出束，通风系统将立即停止运行。在加速器停机状态时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将无法启动进行出束，通风系统将无法开启进行通风换气。

(11) 监控装置

本项目拟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。

本项目辐射安全装置详见表 10.1-2，本项目辐射安全防护设施布局示意图见图 10-3。

表 10.1-2 本项目辐射安全设施一览表

名称	图标	数量	位置	作用
巡检按钮		6	1.2	开机前工作人员进入迷宫内巡视是否清场，并按顺序按下开关，否则无法开启加速器
门内开关		1	1.2m	突发紧急情况，停止加速器运行，强制打开防护门
烟雾报警		1	一层天花板	烟雾报警响起，设备紧急停机
拉线开关		1	1.3m	听到警铃声、仍停留在加速器辐照室内的人员拉下可以终止设备开启
摄像头		2	2m	实时监控束下装置运作状态
语音报警		1	2m	开机关门前巡检语音提示
剂量探头		3	1.2m	显示当前位置剂量情况
急停		6	1.2m	人员触发任意一处急停，设备都无法开启
光电		3	0.4m、0.85m、1.3m	加速器运行时，有人、动物经过红外开关，即会立刻停止加速器运行
钥匙开关		1	1m	进入迷宫需要插上钥匙方可打开门
状态显示器		1	2.7m	工作状态中屏幕显示(开机、关机、准备)带报警装置



加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中有关钥匙控制、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、烟雾报警等安全设施的要求,项目设计安全可行。项目建设过程中应核实各项辐射安全和防护措施,确保辐射安全和防护措施正常运行。

### 10.1.5 管线穿墙

#### (1) 拟辐照电缆穿墙设计

本项目加速器辐照室北墙设置电线电缆输送孔道,用于被辐照电线电缆的进出本项目加速器辐照室均在西墙设置电线电缆输送孔道,用于被辐照电线电缆的进出。加速器辐照室输送孔道直径约 100mm,在西侧内墙采用约 30°斜穿墙设计,出口距地面约 0.95m,在西侧外墙采用约 140°斜穿墙设计,出口距地面约 0.9m,整个输送孔道呈“V型”型设计。

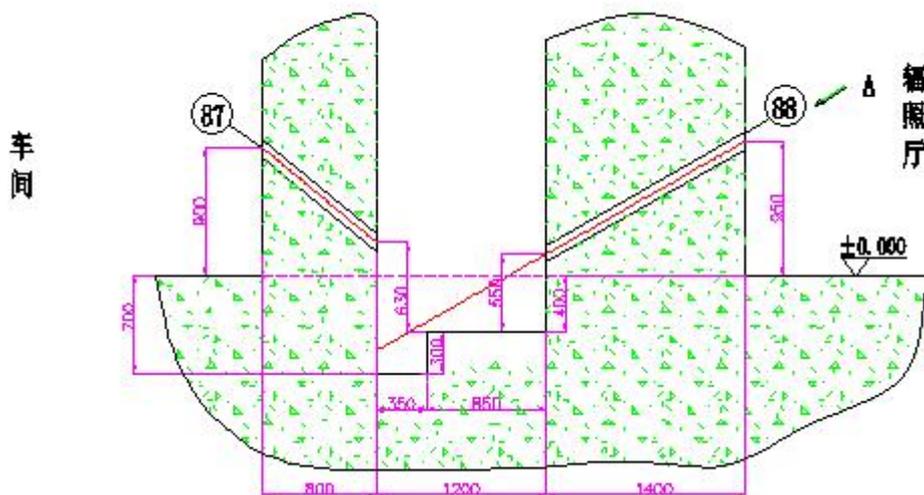


图 10-5 辐照线缆进出口辐射防护屏蔽设计示意图

#### (2) 加速器控制室电缆穿墙设计

本项目设有电缆沟,控制电缆穿墙穿墙采用“U”型路径设计,埋深约为 300mm,电缆穿墙方式增加了泄漏射线的散射次数和衰减,有效控制了管线孔的辐射泄漏,能够满足辐射防护的要求。

#### (3) 通风管线穿墙设计

本项目加速器辐照室通风方式为地下式排风管道排风。辐照室设计有机械排风系统,通风方式为地下式排风管道排风,在辐照室底部设置“U”型排风管道,下沉后穿越屏蔽墙后经预埋通风管道引至室外(E-1#号厂房外)排放。

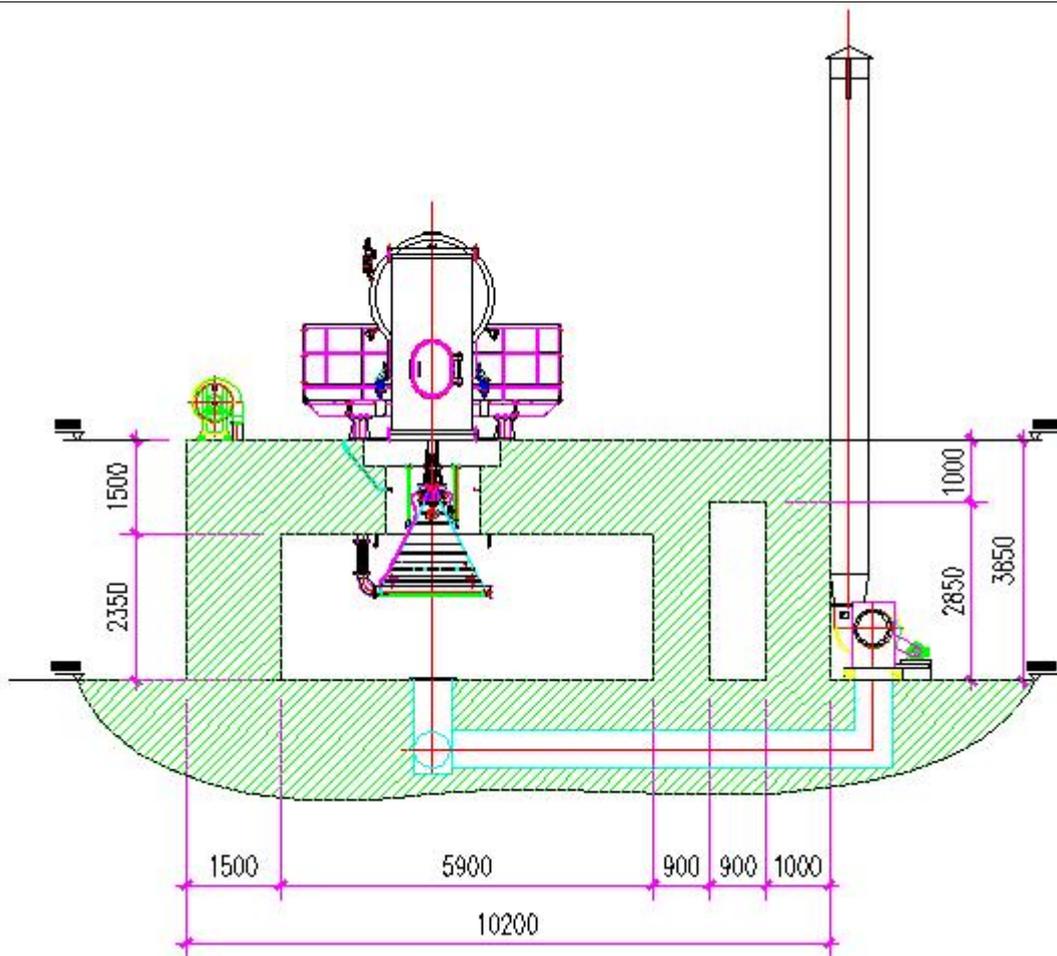


图 10-6 本项目排风管道示意图

### 10.1.6 安全管理措施

(1) 拟制定各项规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙，严格按照相关制度进行管理。

(2) 公司拟配置相应的管理人员及操作技术人员，上述工作人员经过考核合格后方可上岗。对辐射工作人员进行管理，定期开展辐射防护知识培训、个人剂量监测和职业健康体检。辐射工作人员需正确佩戴个人剂量计。公司拟配备 6 台个人剂量报警仪，个人剂量计 6 支（辐射工作人员每人 1 个）。

(3) 公司拟配置 1 台便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪，进行辐射环境日常监测。

(4) 操作人员应遵守各项辐射安全管理制度，按照操作规程正确操作。

(5) 在辐照完成后，利用便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪对辐照室进行检测，再次确定加速器是否处于非照射状态，同时定期对便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪的维护并定期检定。

## 10.2 三废的治理

### 1、放射性三废

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水、放射性固废产生。

## 2、非放射性三废

### (1) 废气

本项目辐照加速器在工作状态时，高能电子束产生的韧致辐射（X 射线）会使辐照室内空气电离从而产生一定量的臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下极不稳定，会自动分解为氧气。辐照室设计有机械排风系统，通风方式为地下式排风管道排风，在辐照室底部设置“U”型排风管道，下沉后穿越屏蔽墙后经预埋通风管道引至室外（E-1#号厂房外）排放。本项目加速器辐照室设计通风量最小为 7487m<sup>3</sup>/h，加速器辐照室容积约 206m<sup>3</sup>，通风次数达到 36 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。

### (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。

本项目运行期废水主要为工作人员产生的生活污水，生活污水经化粪池处理后排入市政污水管网。

### (3) 固废

本项目运行期固废主要为工作人员产生的生活垃圾，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。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设阶段主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘。

#### 11.1.1 声环境影响

本项目建设阶段的噪声来自辐射工作场所内部的墙体建设、相关设施的安装调试等阶段中，但该评价项目的建设期较短，对周围环境影响较小，且噪声会随施工结束而消失。因此，只要合理安排施工时间，对周围环境影响不大。

#### 11.1.2 环境空气影响分析

在整个建设阶段，扬尘来自材料运输和装卸等施工活动，由于扬尘多且分散，属无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大，但土建工程结束后即可恢复。

#### 11.1.3 水环境影响分析

本项目建设阶段污水来自施工人员的生活污水和少量施工废水。对此，施工废水循环使用，生活污水产量较小，生活污水经化粪池处理后排入市政污水管网。

#### 11.1.4 固体废物的影响分析

建设阶段固体废物主要为施工人员的生活垃圾和建筑垃圾。生活垃圾和建筑垃圾应分别堆放，并委托环卫部门妥善处置，及时清运或定期运至环卫部门指定的地点安全处理，可以使建设阶段的固体废物处于可控状态。

综上所述，本项目在建设阶段的环境影响具有暂时性、可逆性的特点。且因本项目工程量较小，对室外环境和周边人群的影响较小。

#### 11.1.5 设备安装调试阶段环境影响分析

本项目设备的安装应请专业人员进行，建设单位不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。

在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其他固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

## 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

根据《辐射防护技术与管理》，电子在物质中最大射程可由下式计算：

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

式中：d——最大射程，cm；

$\rho$ ——防护材料的密度，g/cm<sup>3</sup>；

$E_{\beta\max}$ ——电子最大能量，MeV；

本项目电子加速器辐照装置最大能量为2MeV，在空气中（1.29×10<sup>-3</sup>g/cm<sup>3</sup>）的最大射程约为775cm，在混凝土中（2.35g/cm<sup>3</sup>）的最大射程约为0.43cm。由于辐照室混凝土厚度均在100cm以上，而且电子束方向固定朝向地面，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

本项目加速器为卧式半自屏蔽，电子束通过加速管引向一楼的辐照室内。由于加速器电子束朝下，不直射向四周屏蔽墙，因此辐照室内韧致辐射主要为与电子束入射方向成90°的X射线。

#### (1) 估算模式

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），计算加速器辐照室（2.0MeV）周边辐射剂量率。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。

#### (1) 直射X射线的屏蔽计算

#### X射线发射率

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：

Q—X射线发射率（Gy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>）；

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。

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录A表A.4, 2.0MeV电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量为1.3MeV。

本项目电子加速器辐照室X射线发射时相关参数见表11.2-1。

表 11.2-1 X 射线发射时相关参数

参数	2.0MeV				来源
X 射线发射率 Q (90°)	1.6Gy·m <sup>2</sup> ·mA <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>				HJ979-2018
电子束流强度 I	50mA				建设单位提供
发射率修正系数 $f_e$	0.5				HJ979-2018
1m 处最大吸收剂量率 D <sub>10</sub> (90°)	2400Gy/h				计算
等效能量 (90°)	1.3MeV				HJ979-2018
什值层 (TVL) cm	类别	铁	混凝土	铅	HJ979-2018 (1.3MeV 数据通过 内插法计算)
	T <sub>1</sub>	6.28	19.64	2.16	
	T <sub>e</sub>	5.72	16.98	3.23	

#### 透射比 $B_x$ 的计算

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

式中:

$B_x$ —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 ( $1 \times 10^{-6}$ ) 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 ( $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ )。

#### 屏蔽厚度计算

屏蔽厚度可以保守估算为:

$$B_x = 10^{-n} \quad \text{式 (11-4)}$$

$$n = \log_{10}(1/B_x) \quad \text{式 (11-5)}$$

$$S = T_1 + (n - 1)T_e \quad \text{式 (11-6)}$$

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）；

$n$ —为十分之一层值的个数。

结合式11-3、11-4、式11-5和式11-6可倒推出关注点的辐射剂量率计算公式：

$$H = \frac{B_x D_{10} T}{d^2} (1 \times 10^6) \quad \text{式 (11-7)}$$

关注点的选取详见图11-2.1、图11-2.2，计算结果见表11-2.2。

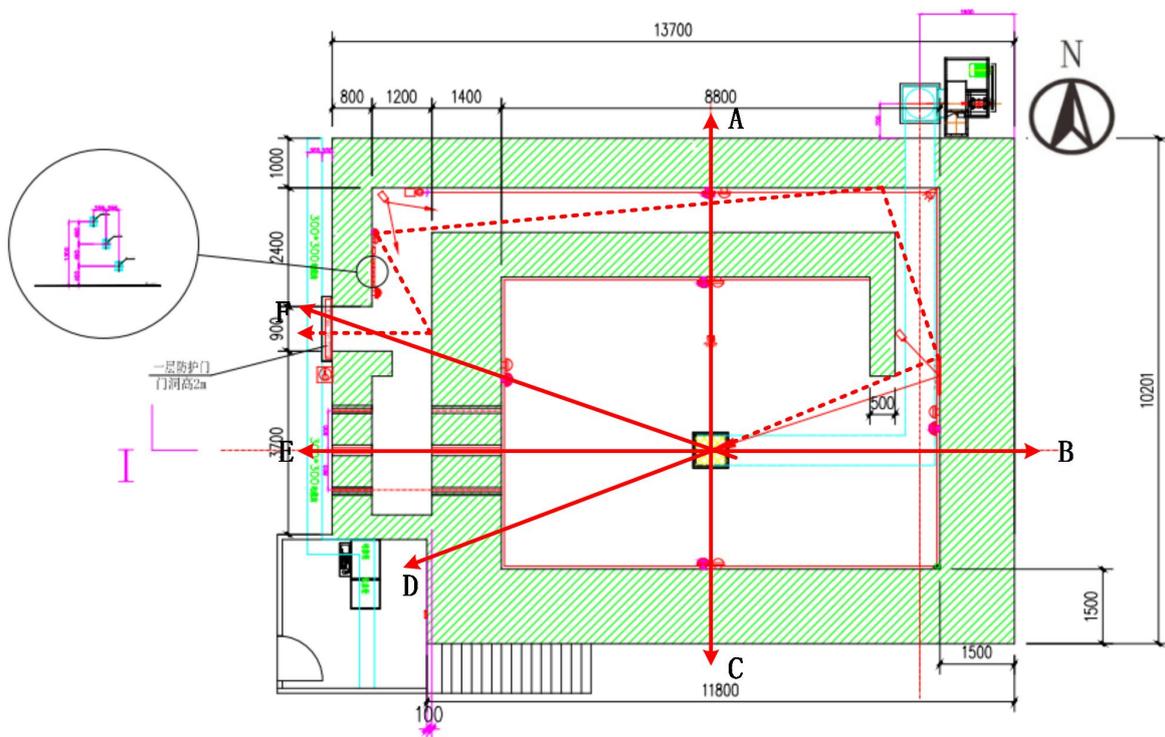


图 11.2-1 辐照室平面目标关注点

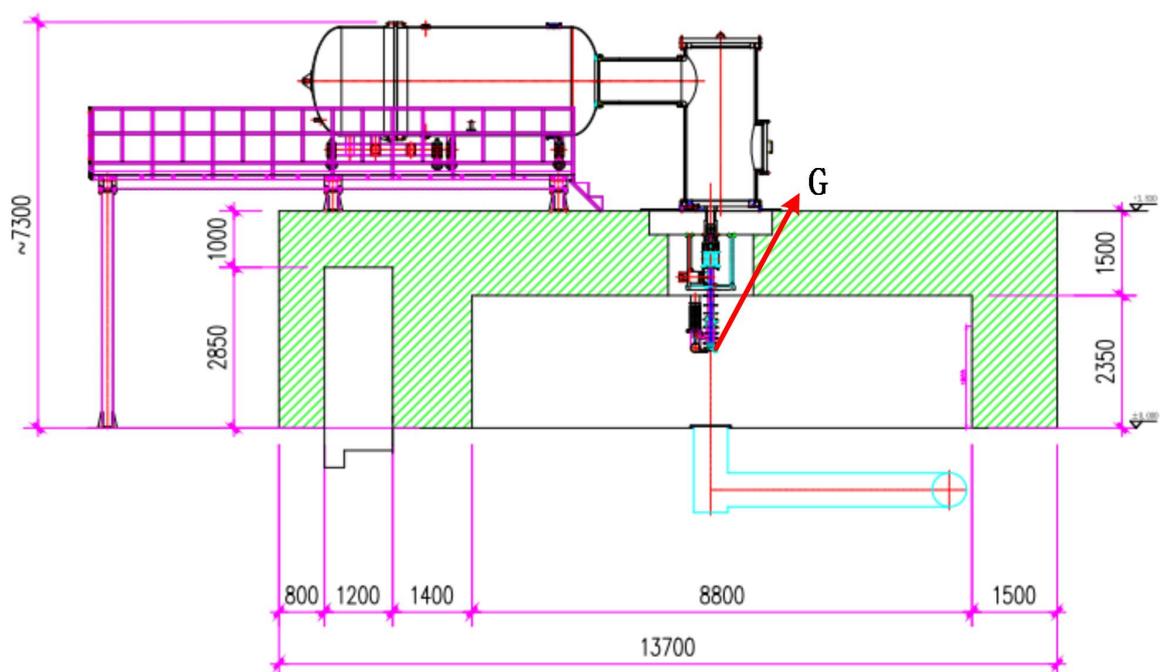


图11.2-2 辐照室剖面目标关注点

表 11.2-2 加速器辐照室屏蔽辐射剂量率估算表

关注点	$D_{10}$ (Gy/h)	S (mm)	$T_1$ (cm)	$T_e$ (cm)	n	Bx	d (m)	T	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A 辐照室北墙外30cm处	2400	混凝土 1000mm +900mm	19.64	16.98	11.03	$9.27 \times 10^{-12}$	6.6	1	$5.11 \times 10^{-4}$
B 辐照室东墙外30cm处	2400	混凝土 1500mm	19.64	16.98	8.68	$2.10 \times 10^{-9}$	6.4	1	$1.23 \times 10^{-1}$
C 辐照室南墙外30cm处	2400	混凝土 1500mm	19.64	16.98	8.68	$2.10 \times 10^{-9}$	4.2	1	$2.86 \times 10^{-1}$
D 控制室内	2400	混凝土 1500mm	19.64	16.98	8.68	$2.10 \times 10^{-9}$	6.4	1	$1.23 \times 10^{-1}$
E 辐照室西墙外30cm处	2400	混凝土 1400mm +800mm	19.64	16.98	12.80	$1.59 \times 10^{-13}$	7.9	1	$6.10 \times 10^{-6}$
F 辐照室防护门外30cm处	2400	混凝土 1400mm (未考虑防护门)	19.64	16.98	8.09	$8.16 \times 10^{-9}$	8.3	1	$2.84 \times 10^{-1}$
G 辐照室顶棚设备区	2400	混凝土 1500mm	19.64	16.98	8.68	$2.10 \times 10^{-9}$	3.1	1	$5.25 \times 10^{-1}$

由计算结果可知，加速器辐照室屏蔽体外30cm处的辐射剂量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，

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

(2) 迷道外入口剂量率

迷道入口剂量率计算公式如下：

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10}\alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 d_{r1} d_{r2} \dots d_{rj})^2} \quad \text{式 (11-8)}$$

式中：

$\alpha_1$ ——X射线发生第一次散射的散射因子，无量纲，取 $5 \times 10^{-3}$ ；

$\alpha_2$ ——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是相同的），取 $2 \times 10^{-2}$ ；

$A_1$ ——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）；

$d_1$ ——第一次散射时，辐射源与散射点的距离（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。

辐照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。

表 11.2-3 加速器辐照室迷道散射辐射剂量率估算结果一览表

场所	参考点	$D_{10}$ (Gy/h)	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$A_1$	$A_2$	$d_1$	$d_{r1}, d_{r2}, d_{r3}, d_{r4}$	$H_{1,rj}$ (μSv/h)
辐照室	(迷道出口)	2400	$5 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-2}$	14.3 1	4.02	4.32	4.96, 3.65, 10.23, 2.19, 2.3	0.103

迷道入口处辐射剂量率应同时考虑加速器侧向X射线的影响，入口处的侧向X射线散射剂量率如下：

表 11.2-4 加速器辐照室迷道入口叠加剂量率

场所	参考点	侧向直射辐射剂量率 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv/h)	叠加辐射剂量率 (μSv/h)
辐照室	F	0.284	0.103	0.387

由表11.2-4可知，加速器辐照室迷道入口处叠加剂量当量率为0.387μSv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处以及外区域周围剂量当量率不能超过2.5μSv/h”的要求，所以本项目机房迷道的设计是合理的。

本项目辐照室的迷道设计使射线至少经过三次以上散射后能到达迷道口。根据《辐射防护导论》（方杰主编，P189）：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。本项目辐照室迷道外安装普通6mm铅门可满足辐射防护的要求。

### （3）天空反散射剂量率计算

电子加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏，再经过天空中大气的反散射，返回至加速器周围的地面附近，形成附加的辐射场，这种现象称为天空反散射。

本项目拟建加速器辐照室位于西电智慧产业园东区E-1#厂房一层，辐照室设备区顶部为厂房内二楼生产作业，因此可不考虑辐射源通过屋顶泄漏，再经过天空中大气的反散射产生的辐射影响。

### （4）辐照电缆辐射防护及影响分析

本项目加速器辐照室北墙设置电线电缆输送孔道，用于被辐照电线电缆的进出。本项目加速器辐照室均在西墙设置电线电缆输送孔道，用于被辐照电线电缆的进出。加速器辐照室输送孔道直径约100mm，在西侧内墙采用约30°斜穿墙设计，出口距地面约0.95m，在西侧外墙采用约140°斜穿墙设计，出口距地面约0.9m，整个输送孔道呈“V型”设计。专用狭缝位置均避开主束方向，做斜坡设计，射线经几次散射后，专用狭缝处的辐射剂量在控制范围内，能够满足辐射防护要求。

### （5）通风管道射防护及影响分析

本项目加速器设有1套机械排风系统和1根单独的排气筒，设计风量最小为7487m<sup>3</sup>/h。由于采用地埋式排风设计，电子加速器产生的射线经过地下管道多重反射吸收和削减后辐射能量急剧下降，不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。

综上所述，本项目加速器辐照室外参考点处辐射剂量率均能够满足本项目辐射环境剂量率控制水平：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2.5μSvh。

## 11.2.3 人员年有效剂量估算

### （1）估算公式

根据各关注点辐射剂量率计算结果及公式11-9可估算本项目对辐射工作场所辐射工作人员及周围公众受到的附加年有效剂量。

$$H = H_0 \times t \times U \times T \times 10^{-3} \quad \text{式 (11-9)}$$

式中：H——关注点处的年剂量当量，mSv/a；

H<sub>0</sub>——参考点处剂量率，μSv/h；

U——使用因子；

t——年照射时间，h/a。

T——居留因子。

## (2) 辐射工作人员、公众年有效剂量

本项目辐射工作人员、公众的剂量计算结果见下表。

**表 11.2-5 人员年有效剂量估算结果**

人员类别	关注点位置	辐射剂量率 (μGy/h)	时间 (h/a)	使用因子	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
工作人员	D 控制室	1.23×10 <sup>-1</sup>	1250	1	1	1.54×10 <sup>-1</sup>
公众	A 辐照室北墙外 (E-1#厂房外部道路)	5.11×10 <sup>-4</sup>	1250	1	1/8	7.98×10 <sup>-5</sup>
	B 辐照室东墙外 (变配电室)	1.23×10 <sup>-1</sup>	1250	1	1/16	9.61×10 <sup>-3</sup>
	C 辐照室南墙外 (E-1#厂房生产作业区)	2.86×10 <sup>-1</sup>	1250	1	1/4	8.94×10 <sup>-2</sup>
	E 辐照室西墙外 (E-1#厂房生产作业区)	6.10×10 <sup>-6</sup>	1250	1	1/4	1.91×10 <sup>-6</sup>
	F 辐照室防护门外	0.387	1250	1	1/8	6.05×10 <sup>-2</sup>

注：加速器年工作天数 250 天，每天工作（出束）10h，则电子加速器辐照装置年出束时间为 2500h。本项目拟配置辐射工作人员 6 名，辐射工作人员实行两班制，每班配置 3 人，每班辐射工作人员年工作时间为 1250h。辐照室周边其他非辐射工作人员也是两班倒，照射时间按年出束时间的 1/2 考虑。

根据上表，本项目运行后，辐射工作人员的最大年附加有效剂量为 1.54×10<sup>-1</sup>mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员≤5.0mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；公众人员的最大年附加有效剂量为 8.94×10<sup>-2</sup>mSv/a，小于本次评价项目年剂量约束值（公众成员≤0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值的要求（公众成员≤1.0mSv/a）。

### 11.2.4 其他影响分析

#### (1) 废气

辐照加速器在开机运行过程中因射线强辐射作用，在辐射照射下空气电离会产生极少量臭氧（O<sub>3</sub>）和微量氮氧化物（NO<sub>x</sub>）等有害气体。这些气体浓度过高会影响人体健康。氮氧化物的产额为臭氧的 1/3，且以臭氧的毒性最高，所以主要考虑臭氧的产生及其防护。

a、臭氧产生情况分析

参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B，臭氧的产生采用计算公式如下。

①臭氧的产生

平行电子束所致的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P = 45dIG \dots\dots\dots (11-10)$$

式中：

P—单位时间电子束产生 O<sub>3</sub> 的质量（mg/h）；

I—电子束流强（mA）；

d—电子在空气中的行程（cm），应结合电子在空气中的阻值本领  $s=2.5keV/cm$  和辐照室尺寸选取；实际电子束向下引出扫描窗时，距离受照射的辐照材料距离约 10-15cm，具体和导轮的安裝及线缆的直径有关，本项目取常用设计的 12cm 进行估算。

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O<sub>3</sub> 分子数，保守值取 10。

臭氧的产生率见下表。

表 11.2-6 电子加速器辐照装置臭氧产生率

参数	d (cm)	I (mA)	G	P (mg/h)
加速器 (2.0MeV)	12	50	10	2.7×10 <sup>5</sup>

②辐照室臭氧的平衡浓度

在加速器正常运行期间，臭氧不断产生，考虑到室内连续通风和臭氧自身的化学分解（有效化学分解时间约为 50 分钟），辐照室空气中臭氧的平衡浓度随辐照时间 t 变化。

臭氧有效清除时间的计算公式为：

$$T_e = \frac{T_v \cdot T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots (11-11)$$

其中，T<sub>v</sub>—辐照室换气一次所需时间（h），本项目风机风量最小为 7487m<sup>3</sup>/h，辐照加速器辐照室体积均约为 206m<sup>3</sup>，平均每次换气需要 0.028h；

$T_d$ — $O_3$ 的有效分解时间,取 0.83h;

由上式计算可得,加速器辐照室臭氧的有效清除时间为 0.027。

当  $T_v \ll T_d$  时,因而  $T_e \approx T_v$ 。辐照室内臭氧平衡浓度计算公式为:

$$C_s = \frac{PTe}{V} \dots\dots\dots (11-12)$$

式中:

$V$ —辐照室体积 ( $m^3$ )。

辐照室臭氧的平衡浓度见表 11.2-7。

表 11.2-7 电子加速器辐照装置辐照室臭氧的平衡浓度

参数	P (mg/h)	$T_e$ (h)	V ( $m^3$ )	$C_s$ (mg/ $m^3$ )
加速器 (2.0MeV)	$2.7 \times 10^5$	0.027	206	35.39

③臭氧的排放

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。关闭加速器后风机运行的持续时间公式为:

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \dots\dots\dots (11-13)$$

式中:

$C_0$ —《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)规定的臭氧的最高容许浓度,  $0.3mg/m^3$ ;

$T$ —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间(h)。

表 11.2-8 电子加速器辐照装置臭氧影响分析计算结果表

参数	$T_e$ (h)	$C_0$ (mg/ $m^3$ )	$C_s$ (mg/ $m^3$ )	T (h)	T (min)
加速器 (2.0MeV)	0.12	0.3	35.39	0.13	7.73

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  $7487m^3/h$  的最小通风量进行通风工作,加速器辐照室通过 7.73min 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》(GBZ2.1-2019)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 7.73min 后方可进入辐照室。

(2) 废水

本项目无放射性废水的产生。运行期产生的生活污水经化粪池处理后排入市政污水管网,对周围水环境影响很小。

### (3) 固废

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，产生的生活垃圾统一收集后，交给环卫部门清运。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 射线装置类别及风险因子

根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会发布的《关于发布<射线装置分类>的公告》（公告2017年第66号）对射线装置的分类，本项目拟新建的电子加速器为工业辐照用电子加速器，属于II类射线装置，风险因子为X射线。

### 11.3.2 风险事故识别

本项目电子辐照加速器是一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，关机时没有射线产生。在加速器开机运行期间，主要可能发生的事故有：

（1）电子加速器辐照装置最大可能事故通常是联锁系统失效，而加速器仍然处于工作状态时发生。此时如果职业人员或其他人员误入机房，或者当职业人员或其他人员尚未离开机房时，可能会造成这些人员受到意外照射。

（2）当设备出现故障进行维修时，若发生意外出束，可导致维修人员受到不必要的剂量照射。

（3）有人员滞留于辐照室内，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）加速器辐照室通风设施发生故障或未按规定运行，辐射人员进入辐照室受到非辐射废气伤害。

（5）电子束使空气电离，产生臭氧等有害气体，辐照室内的通风系统故障或者通风换气次数不足，易造成辐照室内臭氧浓度积累，使辐照室内臭氧浓度过高。工作人员进入后，将受到非辐射有害气体的伤害。

### 11.3.3 风险防范措施

（1）为避免误照射事故发生，建设单位应该加强管理，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，职业人员应该在确保工作场所内无人停留后，方可开机作业；并在辐照室内应设置急停拉线开关及开门按钮，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，本项目加速器辐照室内各自设置

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。建设单位应定期对安全联锁装置、报警装置、急停装置等进行检查，确保其正常运行。

(3) 定期对划定的警戒线进行刷新，提醒周围人员勿在警示线内停留，严格限制无关人员进入控制区。

(4) 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电子加速器辐照装置。

(5) 为防止通风系统故障或者通风换气次数不足而造成辐照室内臭氧浓度积累，建设单位将定期对通风系统进行巡检，出现故障时应停止相应加速器的辐照工作，及时联系厂家进行维修。此外，在加速器停止照射后，职业人员将等待一段时间再进入辐照室内，防止室内臭氧浓度过高造成伤害。

(6) 本项目电子加速器辐照装置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。

(7) 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。

## 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 辐射防护与安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。

建设单位拟成立辐射安全领导小组，安排1名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确辐射安全领导小组的人员及职责。辐射安全领导小组职责如下：

1.认真贯彻执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规以及各级生态环境部门的管理规定。

2.制定公司辐射安全与防护管理的各项规章制度、应急预案、操作规程、辐射工作场所监测计划等，并严格执行。

3.按照环境保护主管部门要求，组织辐射工作人员和管理人员参加辐射安全与防护考核并取得合格成绩报告单，组织公司辐射方面相关知识的培训。

4.加强辐射作业现场各类报警装置、警示标识、个人剂量计、辐射防护用品、门机联锁装置的监管和环境监测工作，确保辐射工作场所人员和环境安全。

5.组织辐射工作人员定期进行职业健康体检，进行个人剂量定期监测，建立并维护个人剂量档案。

6.负责射线装置的日常维护和安全保卫工作防止丢失或被盗。

7.定期开展辐射事故应急演练，并做好记录。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

##### (1) 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》、《放射性同位素与射线装置安全和管理办法》、《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）、《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第2021年第9号）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，必须到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行报名和参加相应类别的培训考核并取得成绩单，经考核合格后方可上岗，且每5年进行一次再学习和考核。

建设单位拟组织辐射管理人员和辐射操作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行报名和参加培训考核，取得合格成绩报告单后方可上岗。

### (2) 辐射工作人员职业健康体检

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。

建设单位拟组织新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并建立个人健康档案。

### 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 辐射安全管理制度

西安西电光电电缆有限责任公司依照《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》及陕环办发〔2018〕29号，结合公司情况和实践，应制定《全国核技术利用辐射安全系统运行管理制度》、《射线装置管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《电子直线加速器操作规程》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员职业健康体检管理制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》、《辐射事故应急预案》等管理制度，并按照规章制度执行。

辐射安全管理标准化建设：根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）的相关要求，建设单位应进行辐射安全管理标准化建设。辐射安全管理与标准化建设的具体要求见下表。

表 12.2-1 辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

管理内容	管理要求
------	------

人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺,并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。
		年初工作安排和年终工作总结,应包含辐射环境安全管理工作内容。
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证,持证上岗;熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。
		负责编制辐射安全年度评估报告,并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。
		建立健全辐射安全管理制度,跟踪落实各岗位辐射安全职责。
		建立辐射安全管理档案。
	直接从事放射工作的作业人员	对辐射工作场所定期巡查,发现安全隐患及时整改,并有完善的巡查及整改记录。
		岗前进行职业健康体检,结果无异常。
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证,持证上岗。
		了解本岗位工作性质,熟悉本岗位辐射安全职责,并对确保岗位辐射安全做出承诺。
	机构建设	熟悉辐射事故应急预案的内容,发生异常情况,能有效处理。
设立辐射环境安全管理机构和专(兼)职人员,以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人。		
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度,指定专人负责系统使用和维护,确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。	
	建立放射性同位素与射线装置管理制度,严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定,并建立放射性同位素、射线装置台账。	
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程,严格按照规程进行操作,并对规程执行情况进行检查考核,建立检查记录档案。	
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划,并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核,建立相关检查考核资料档案。	
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度,每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测,对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门,保证个人剂量监测档案的连续有效性。	
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度,定期对辐射工作人员进行职业健康体检,对体检异常人员及时复查,保证职业人员健康监护档案的连续有效性。	
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度(包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等),并建立维护与维修工作记录档案(包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间)。	
	建立辐射环境监测制度,定期对辐射工作场所及周围环境进行监测,并建立有效的监测记录或监测报告档案。	
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度,定期对监测仪器设备进行检定,并建立检定档案。	
应急管理	结合本单位实际,制定具有可操作性的辐射事故应急预案,定期进行辐射事故应急演练。	
	辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容:①可能发生的辐射事故及危害程度分析;②应急组织指挥体系和职责分工;③应急人员培训和应急物资准备;④辐射事故应急响应措施;⑤辐射事故报告和处理程序。	

### 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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）及相关管理要求，建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，包括个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪等。

### 12.3.1 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。

西安西电光电电缆有限责任公司依据相关规定开展个人剂量监测工作，为从事辐射工作的人员配备个人剂量计，个人剂量监测周期不超过 3 个月，并委托有资质的机构开展个人剂量监测。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55 号）的要求，应建立放射工作人员个人剂量档案并终生保存。

### 12.3.2 工作场所辐射水平检测

#### ①年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

#### ②日常自行监测

建设单位应配备1台X- $\gamma$ 剂量率仪，定期对对工作场所周围的辐射水平开展自行监测。本项目投入使用后，应制定各工作场所的定期监测制度，利用配备的X- $\gamma$ 剂量率仪定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），监测数据应存档备案。

#### ③竣工环境保护验收监测

根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施在调试期间进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、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。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、环境保护设施落实情况、环境保护设施调试

效果、工程建设对环境的影响、验收结论和后续要求等内容，验收结论应当明确该建设项目环境保护设施是否验收合格。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。验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。验收报告公示期满后5个工作日内，医院应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

综上所述，本项目监测计划见下表。

**表 12.3-1 本项目辐射环境监测方案**

监测内容	监测区域及点位	监测频次
X-γ吸收剂量率	辐照室出入口、穿墙管线处、门缝搭接处、各面屏蔽墙和屏蔽顶外 30cm 处、控制室及与辐照室相邻的辅助区等	每月自检一次，每年由有资质的单位监测一次，竣工验收监测一次
个人剂量	辐射工作人员个人剂量监测	有资质的单位每三个月监测一次

环评要求：公司应配备辐射剂量率监测仪器，应定期进行检定，确保仪器处于有效的范围之内。按照监测计划定期对加速器辐照室屏蔽墙体及防护门表面、操作位置及周边环境进行日常监测，将监测结果与参考控制水平进行比较，做好日常监测记录，存档备查。当测量值高于参考控制水平时，终止工作并向辐射防护负责人报告。

## 12.4 辐射事故应急

《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）第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。”辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （一）应急机构和职责分工；
- （二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （三）辐射事故分级与应急响应措施；
- （四）辐射事故的调查、报告和处理程序；
- （五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

西安西电光电电缆有限责任公司应按要求制定辐射事故应急预案，成立辐射安全领导小组，明确辐射安全领导小组的工作职责，规定应急处理程序，平时需做好放射事故应急准备工作，一旦有事故发生时能按照程序启动辐射事故应急预案。

一旦发生辐射事故时，须立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健部门报告。

环评要求：为确保在发生事故时能够及时启动辐射事故应急预案，公司应不定期组织相关部门开展辐射事故应急演练，总结演练中存在的问题，及时修订事故应急预案，确保应急预案能及时、有效得到应用。今后在应急预案实施过程中，应根据国家发布的最新法律法规、标准内容，结合公司实际情况，不断对应急预案补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性，提高事故应急处置能力。

## 12.5 竣工环境保护验收

建设单位在取得本项目环评批复，且具备辐射安全许可证申请条件后，应及时申请辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）第十二条“除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。”的规定时限要求开展竣工环境保护验收工作。建设单位可自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、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。

本环评建议自主验收内容及要求见表 12.5-1。

**表 12.5-1 项目竣工环境保护验收内容一览表**

序号	验收内容	验收内容	验收要求
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、辐射安全许可证、辐射事故应急预案备案表。	齐全。
2	建设项目情况	项目建设规模及射线装置使用情况。	建设项目严格按照环评报告及环评批复规模建设。
3	环境管理制度、应急预案	成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度和辐射事故应急预案，具有可操作性，有相应的操作规程。	有专门的辐射安全管理机构，制定并落实各项制度及辐射事故应急预案。
4	辐射工作人员管理	1、每季度对工作人员进行个人剂量监测，每2年进行放射人员健康体检并将资料存档管理。 2、辐射工作人员全部通过辐射安全与防护考核。	辐射工作人员通过辐射安全与防护考核合格后上岗。辐射工作人员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。辐射工作人员

			定期进行体检，一般每两年一次，并建立职业健康档案。
5	防护用品	配备6个人剂量计、6台个人剂量报警仪。	配备6个人剂量计、6台个人剂量报警仪。
6	监测仪器	配备1台X-γ剂量率仪。	配备1台X-γ剂量率仪。
7	辐射屏蔽设计及辐射安全防护措施	辐照室屏蔽防护按环评报告表的要求落实到位；本项目设置钥匙控制、门机联锁装置、视频监控装置、束下装置联锁、信号警示装置、急停装置、巡检按钮、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警器、等。	辐射屏蔽设计及安全防护措施符合要求。辐照室周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中相关要求。
8	辐射监测	1、每年委托有资质的单位对工作场所周围环境进行常规监测，有资质单位出具的年度评估报告。 2、制定辐射监测计划，定期自行对工作场所进行监测。 3、配备X-γ剂量率仪，定时进行自检。	制定辐射监测计划，配备X-γ剂量率仪，并定期检定，对工作场所定期监测。每年委托有资质的单位对工作场所周围环境进行常规监测。
9	剂量限值	满足本项目的剂量约束值：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。	公众、职业人员剂量满足要求。
10	废气	辐照室设置动力通风装置，保持辐照室内通风良好。	通风装置运行良好。

## 12.6 环保投资一览表

本项目总投资1000万元，主要用于设备购置和辐射防护屏蔽和设施，其中安排用于环保方面的投资为41万元，占项目总投资的4.1%。本项目环保投资估算详见表12.6-1。

表 12.6-1 本项目环保投资概算一览表

项目	环保及安全防护措施名称	内容	投资额
辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构	成立辐射安全管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作	/
辐射安全防护措施和环保治理措施	安全措施	联锁装置、监控设施、警示标志、工作指示灯等	10
	防护用品	配置6个人剂量计、6个人剂量报警仪等	5
	废气治理	机房设置动力排风装置，保持良好通风	3
人员配备	辐射防护与安全培训和考核、个人剂量监测和职业健康检查	辐射工作人员均应参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，并在通过考核后方可从事相关工作；辐射工作人员应定期健康检查，定期进行个人剂量监测，建立个人职业健康体检档案和个人剂量档案	5
辐射安全管理制度		结合项目实际情况，制定和完善操作规程、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、台账管理制度、监测方案和辐射事故应急预案	5
监测仪器		配置X-γ剂量率仪1台	3

环境影响评价及竣工环保验收	10
合计	41

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

西安西电光电电缆有限责任公司在西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房新建 1 间加速器辐照室，安装 1 台 2.0MeV 电子加速器辐照装置，用于开展电缆的辐照交联。电子加速器辐照装置为 II 类射线装置。

#### 13.1.2 实践的正当性

本项目在采取了相应的辐射防护措施后，所产生的辐射危害可得到有效控制，本项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

#### 13.1.3 产业政策的相符性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术利用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业政策。

#### 13.1.4 选址合理性分析

本辐射项目位于陕西省西安市高新区西电智慧产业园东区 E-1#厂房，不新增土地。项目 50m 评价范围内无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感目标，无环境制约因素，选址合理可行。

#### 13.1.5 环境影响分析评价

##### （1）辐射环境质量现状评价结论

本项目监测点位处的 $\gamma$ 辐射剂量率在 77nGy/h~87nGy/h 之间，与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“西安市 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果（原野：50~117nGy/h，道路：52~121nGy/h，室内：79~130nGy/h）”相当，属于天然辐射本底水平。

##### （2）辐射环境影响评价结论

按照设计单位给出的屏蔽设计方案，通过对拟建核技术利用项目的预测分析，本次评价项目在正常运行后，加速器辐照室屏蔽设计满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ Sv/h 的规定。辐射工作人员和公众最大年

附加有效剂量均满足根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的剂量管理约束值：辐射工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众的年有效剂量不超过 0.1mSv。

### **13.1.6 辐射安全防护措施**

本项目加速器辐照室、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 3 次及以上，根据理论预测可知，加速器辐照室屏蔽设计均满足本项目“电子加速器辐照装置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 $\mu$ Sv/h”的防护要求；加速器辐照室电缆管线、通风管线管道设置合理。加速器设置有多重安全联锁装置、视频监控、报警装置、急停装置、巡检按钮等安全设施，各安全措施满足“纵深防御、冗余性、多元性、独立性”的辐射安全原则。

### **13.1.7 辐射安全管理**

建设单位应成立辐射安全与环境保护管理领导小组，明确相关职责，并将加强监督管理。同时应制定包括《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。建设单位应根据本单位核技术应用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；建设单位应按要求安排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。建设单位应对辐射工作人员进行职业健康检查和个人剂量监测，建立个人职业健康检查档案和个人剂量档案。

### **13.1.8 环保可行性结论**

综上所述，西安西电光电电缆有限责任公司在落实本报告提出的各项污染防治措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

## **13.2 建议和承诺**

### **13.2.1 建议**

(1) 辐射监测仪器和其他辐射防护设备要落实专人负责定期检查、维护，确保其状况良好，以确保监测数据的可靠，为单位辐射防护提供可靠依据；

(2) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，进行核与辐射安全知识宣传，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。

### **13.2.2 承诺**

为了保护环境，保障人员健康，建设单位郑重承诺：

（1）项目严格按照本次报批的设备类型、数量、设计方案建设加速器辐照室，项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快进行竣工环境保护验收。

（2）落实辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训并通过考核，考核合格后才能上岗，辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，定期送检，建立个人计量档案。

（3）该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对辐射工作人员的培训，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，使对环境的影响降至最低。

## 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