

核技术利用建设项目
合威电子加速器辐照技术服务项目
环境影响报告表
(公示版)



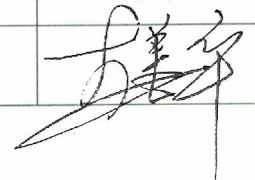
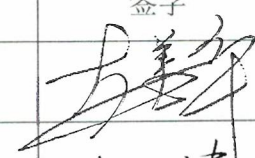

建设单位：重庆合威辐照技术有限公司

编制单位：重庆昌步环保科技有限公司

编制时间：二〇二二年十一月

生态环境部监制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	db30rx		
建设项目名称	合威电子加速器辐照技术服务项目		
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)	重庆合威辐照技术有限公司		
统一社会信用代码	91500117HUBUTE65XB		
法定代表人 (签章)	于建平		
主要负责人 (签字)	朱鹏飞		
直接负责的主管人员 (签字)	朱鹏飞		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆昌泰环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91500108MA60BA7TX9		
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
李姜华	2014035550350000003507550187	BH004055	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李姜华	环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH004055	
杨蓉	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护	BH031757	

关于《合威电子加速器辐照技术服务项目环境影响报告表》的公示说明

重庆市生态环境局：

我公司委托重庆昌步环保科技有限公司编制的《合威电子加速器辐照技术服务项目环境影响报告表》目前处于上报审批阶段。环境影响报告表（公示版）中不涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私，不涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环境影响报告表（公示版）全文公开。本单位愿意承担由该环评文件带来的一切后果和法律责任。



重庆合威辐照技术有限公司

年 月 日

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封性放射物质	9
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	27
表 10 辐射安全与防护	41
表 11 环境影响分析	67
表 12 辐射安全管理	104
表 13 结论与建议	114

表 1 项目基本情况

建设项目名称		合威电子加速器辐照技术服务项目			
建设单位		重庆合威辐照技术有限公司			
法人代表	于**	联系人	朱**	联系电话	133*****82
注册地址		重庆市合川区合阳城街道金尊街 340 号（自主承诺）			
项目建设地点		重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路			
立项审批部门		重庆市合川区发展和改革委员会	批准文号	22095001170401710547	
建设项目总投资（万元）		4000	项目环保投资（万元）	200	投资比例（环保投资/总投资） 5%
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 ²)	6200
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>1.1 建设单位简介</p> <p>重庆合威辐照技术有限公司（以下简称“合威公司”或“公司”）成立于 2022 年 7 月，经营范围主要为：辐射监测；消毒器械销售。一般项目：技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；核子及核辐射测量仪器制造；农副产品销售；食品销售（仅销售预包装食品）。</p> <p>1.2 项目由来</p> <p>合威公司为满足业务开展需要，拟在重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路（合川工业园区渭沱组团 B 区）建设“合威电子加速器辐照技术服务项目”（以下简称“本项目”），该项目新建 1 栋综合楼和 1 栋生产厂房，生产厂房内设辐照加工厂房 1 座，为客户提供食品果蔬保鲜、医用卫生用品灭菌等辐照加工，并配套建设综合楼。该项目已取得了重庆市合川区发展和改革委员会《重庆市企业投资项目备案证》（项目代</p>					

续表 1 项目基本情况

码：22095001170401710547）。

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。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》以及《建设项目环境保护管理条例》的相关规定，本项目应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的分类管理要求，本项目属于“172 核技术利用建设项目使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，合威公司委托重庆昌步环保科技有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了《合威电子加速器辐照技术服务项目环境影响报告表》。

1.3 项目概况

1.3.1 项目组成

项目名称：合威电子加速器辐照技术服务项目

建设单位：重庆合威辐照技术有限公司

建设地址：重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路

建设性质：新建

建设工期：6 个月

项目投资：总投资约 4000 万元，其中环保投资约 200 万元，占总投资 5%

建设内容：新建生活办公用综合楼和生产厂房各 1 栋（生产厂房中部、北部均为仓储，南部建设辐照加工厂房 1 座），并配套建设公用工程与环保工程等。该辐照加工厂房为 2F 钢筋混凝土结构，布置 2 座电子加速器辐照室，辐照室主要包括 1F 辐照厅、2F 主机室及其控制室、水冷与电气设备室等辅助用房，并配置加速器、束下传输系统、水冷系统、安全设施及控制系统等设施设备。

建设规模：项目总占地面积约 6200m²，总建筑面积约 5066.2m²，其中：生产厂房为单层建筑，总建筑面积 4172.64m²（其中：辐照加工厂房共 2F，钢筋混凝土结构，总建筑面积约 1126.4m²）；综合楼共 3F，总建筑面积约 893.56m²。拟配置 2 台 IS1020 型

续表 1 项目基本情况

电子加速器（II类射线装置，其最大电子束能量、最大电子束流强与最大功率均分别为10MeV、2mA与20kW），开展食品果蔬保鲜、医用卫生用品灭菌等辐照加工，建成后达到年辐照食品果蔬2.8万吨、医用卫生用品1.2万m³。本项目组成情况见下表。

表 1-1 项目组成一览表

序号	项目组成	建设内容	备注		
1	主体工程	生产厂房	1栋,1F,南北向布置,长约63m,宽约48m,高9m,占地面积约3046.24m ² ,总建筑面积4172.64m ² (其中:辐照加工厂房共2F,总建筑面积约1126.4m ²),布置辐照加工厂房及配套仓储区域等。	新建	
		辐照加工区	辐照加工厂区布置在生产厂房南端,包括2个待辐照货物暂存区、2个已辐照货物堆放区(货物暂存区占地面积约475.2m ²)、2个上下货区(占地面积约90m ²)及1座辐照加工厂房(2F钢筋混凝土结构,占地面积约609.6m ²),总占地面积约1367m ² ,总建筑面积约1126.4m ² ,辐照加工厂房内布置2座电子加速器辐照室,其中每座辐照室包括1F辐照厅、2F主机室及其控制室、水冷与电气设备室等辅助用房;并配置加速器、束下传输系统、水冷系统、安全设施及控制系统等设施设备。		
		其中	辐照厅		1#、2#辐照厅分别位于1#、2#辐照室1F,2个辐照厅南北轴东西向镜像对称建设(辐照厅东、西侧墙局部厚度不同),其建筑面积、楼层、平面布置、屏蔽措施等均相同,单个辐照厅(不含迷道)内净空为:长15m、宽8.6m、高2m,辐照厅出入口设置倒“T”型迷道墙。
		其中	主机室		1#、2#主机室位于分别位于1#、2#辐照室2楼,2个主机室南北轴东西向镜像对称建设,其建筑面积、楼层、平面布置、屏蔽措施等均相同,单个主机室内(不含迷道)净空为:长7.4m,宽3.6m,高3.6m,设置“Z”型迷道墙。
			设备		拟配置2台电子直线加速器(电子束能量8~10MeV、电子束流强0~2mA连续可调、扫描宽度400~800mm,属于II类射线装置。项目电子直线加速器设备主机部分安装在二楼主机室内。
2	辅助工程	水冷设备室	建筑面积约74.1m ² ,介于2座主机室之间。	新建	
		工具室	建筑面积约24.9m ² ,位于水冷设备室北侧,介于2座控制室主机室之间。		
		电气设备室	1#、2#加速器各配置一间,分别位于2座主机室外北侧,对称布置,建筑面积相同,单个建筑面积约45.9m ² 。		
		控制室	1#、2#加速器各配置一间,分别位于2座电气设备室北侧,对称布置,单个面积建筑约27.6m ² 。		
		综合楼	共3F,总建筑面积约893.56m ² ,其中1F布置厨房及食堂,2F布置办公室,3F为预留用房。		

续表 1 项目基本情况

3	储运工程	货物暂存区、堆放区	生产厂房内西北侧设待辐照货物堆放区、东北侧设已辐照货物堆放区，在辐照加工厂房外北侧分区临时存放待辐照货物和已辐照货物。	新建
		束下传输系统	需辐照加工的货物通过自动传输系统，传送至辐照厅内进行辐照。传送带距地面高度为 0.7m，钛窗到束下传输带（不锈钢板）距离约 0.7~1.2m。	
4	公用工程	供配电系统	来源于市政供电。	新建
		给水系统	由厂区西北侧市政给水管网引入给水管道供厂区使用。	新建
		排水系统	员工食堂废水经隔油池处理后与生活污水一起经新建的生化池收集处理后进入园区污水管网；加速器均自带冷却水循环系统，冷却水循环利用，不外排。	新建
		通风系统	每座电子加速器辐照室均布设 1 套独立的机械排风系统。每座辐照厅扫描孔正下方设置 1 个抽风槽（2.8m×1.0m），与辐照厅混凝土筏板（筏板厚度 0.25m~0.7m）下方设置的“Z”型混凝土通风管（1000×1000mm）连接，将废气引至 15m 高的排气筒高空排放。	新建
5	环保工程	污水处理	新建生化池 1 座（处理能力 10m ³ /d），位于厂区西北侧，员工食堂废水经隔油池处理后与生活污水一起经生化池收集处理后进入园区污水管网。	新建
		废气处理	加速器辐照厅设置机械排风系统，每间辐照厅设置 1 台风量约 14000m ³ /h 的风机，两辐照厅的废气经辐照厅抽风槽引至排风管道内，最终引至 15m 高的排气筒高空排放；油烟废气经油烟净化器处理后引至屋顶排放。	新建
		屏蔽防护	设置足够厚度的混凝土屏蔽墙体、迷道，对本项目电子加速器产生的电离辐射进行屏蔽防护。	新建
		固废	生活垃圾收集后交市政环卫部门处理；餐厨垃圾及废浮油收集后交有资质单位处理；加速器维修更换的主要部件由厂家回收处置。	新建

1.3.2 劳动定员和工作制度

劳动定员：全厂劳动定员 32 人，其中：辐射工作人员 18 人（包括辐照装置运行 12 人以及运行维护和质量管理 6 人），主要负责加速器操作、工艺、剂量等辐照装置的正常运行，以及安检、质量管理等工作；其他非辐射人员 14 人（包括辐照物品搬运人员与后勤、管理人员等），主要负责搬运货物、货物调配和仓储管理等。

工作制度：项目加速器每年运行 300 天、每天最多运行 24h；生产岗位工人按三班运转制，其中加速器操作人员每班 4 人；其他岗位人员按日班制，每天工作 8 小时。

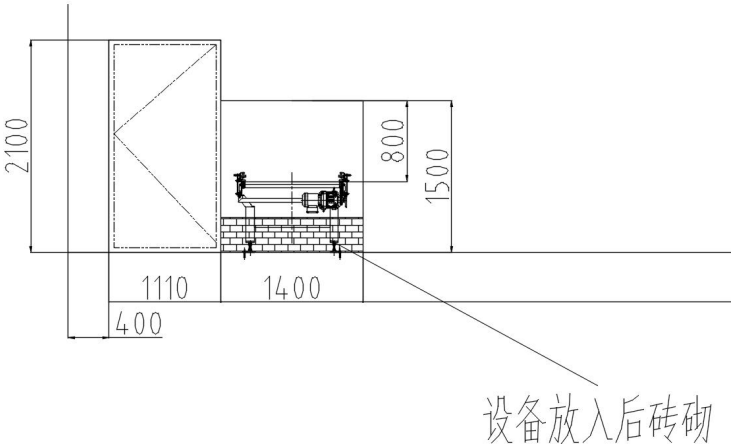
1.3.3 屏蔽防护设计

本项目辐照加工厂房内南北轴东西向镜像对称布置 2 座电子加速器辐照室 2 个辐照厅南北轴东西向镜像对称建设（辐照厅东、西侧墙局部厚度不同），2 座主机室平面布

续表 1 项目基本情况

置、屏蔽体材质、厚度等设计均一致、屏蔽措施等均相同，主机室以 1#为例进行说明。

表 1.2-2 辐照室屏蔽设计情况一览表

项目	辐照室		
	1#辐照厅	2#辐照厅	1#主机室
长×宽×高	内空尺寸（不含迷道）： 15m×8.6m×2.0m	内空尺寸（不含迷道）： 15m×8.6m×2.0m	内空尺寸（不含迷道）： 7.4m×3.6m×3.6m
四周屏蔽墙厚度	东侧墙 e1: 2m~2.8m 混凝土 南侧墙 a1: 3.0m 混凝土 西侧墙 b1: 2.7m 混凝土（属于 2 辐照厅共用墙体）	东侧墙 e1': 2.7m 混凝土（属于 2 辐照厅共用墙体） 南侧墙 a1': 3.0m 混凝土 西侧墙 b1': 0.3m~2.6m 混凝土	南侧墙 a2: 2.4m 混凝土 北侧墙 c2: .2.4m 混凝土 西侧墙 b2: 2.2m 混凝土 东侧墙 h2: 0.3m~0.7m 混凝土
迷道墙厚度	迷道内墙 g1: 2.6m~3.9m 混凝土 迷道中墙 f1: 1.4m “ ”墙 i1: 0.5m 混凝土 迷道外墙 h1: 0.5m 混凝土 迷道入口东墙处的 d1: 0.3m 混凝土 迷道出口西墙 c1: 0.3m 混凝土	迷道内墙 g1': 2.6m~3.9m 混凝土 迷道中墙 f1': 1.4m “ ”墙 i1': 0.5m 混凝土 迷道外墙 h1': 0.5m 混凝土 迷道入口西墙处的 d1': 0.3m 混凝土 迷道出口东墙 c1': 0.3m 混凝土	迷道内墙 e2: 1.4~1.8m 混凝土 迷道外墙 g2: 0.6m 混凝土 迷道北墙 d2: 1.4~4.1m 混凝土 迷道入口南墙处的 f2: 0.6m 混凝土
筏板厚度	两辐照厅（含迷道）筏板均为 0.25m~0.7m 厚混凝土，其中：线缆槽单独所在线性区域的筏板厚 0.45mm，通风管所在的线性区域筏板厚 0.5m，线缆槽及通风管重叠的线性区域筏板厚 0.25mm。		
顶棚厚度	一层与二层之间楼板厚度为 1.0m（扫码盒所在位置局部厚度 0.3m），束流中心位置二层楼顶厚度为 1500mm，为钢筋混凝土结构。		
人员通道/货物进出门	1#辐照厅（2#辐照厅人员通道/货物进出门与 1#呈镜像布置）	 <p>货物进出门洞尺寸均 1.4（宽）×1.5（高）m，传送带下方 0.35m 砖砌挡墙，传输带上方尺寸为 1.4（宽）×0.8（高）m。</p> <p>人员通道门洞尺寸均为 1.11（宽）×2.1（高）m，采用普通铁门。</p>	

续表 1 项目基本情况

	1#主机室	人员通道门洞尺寸为 1.6（宽）×2.7（高）m，采用普通铁门。
备注	混凝土密度≥2.35g/cm ³ 。	

1.3.4 相关设备配置

本项目主要设备情况见表 1.3-3 所示。

表 1.3-3 项目主要设备一览表

序号	名称	数量	规格型号	用途	参数	放置位置
1	电子直线加速器	2 套	IS1020	杀菌保鲜、消毒灭菌	II类射线装置电子束能量 10MeV、电子束流强 0~2mA 连续可调、扫描宽度 400~800mm	设备主要组件安装在二楼主机室，电子束流加速部分穿过顶棚，下接束流引出组件
2	束下传输系统	2 套	/	货物自动传输	加速器配套系统	辐照厅
3	水冷系统	2 套	/	加速器各组件冷却		位于 2 座主机室之间
4	风机	2 台	/	辐照室排风	每台风量均约 14000m ³ /h	位于 2 座主机室之间，位于水冷设备南侧
5	叉车	2 辆	/	转运货物	/	生产车间

1.4 环境概况

本项目环境概况包括项目所在地块外环境及辐照加工厂房外环境。

(1) 项目所在地块外环境

合威公司位于重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路，厂区东侧、南侧均为规划工业用地；厂区西侧红线外约 5m 为云邦集团；北侧为市政绿化及五思路，项目所在地块外环境见表 1.4-1。

表 1.4-1 项目所在地块外环境关系一览表

序号	名称	方位	红线距周边环境最近距离（m）	高差（m）	环境特征
1	规划工业用地	东	紧邻	0	规划工业用地
2	规划工业用地	南	紧邻	0	规划工业用地
3	云邦集团	西	5	0	已建工业厂房
4	五思路	北	8	0	园区道路

(2) 辐照加工厂房外环境

辐照加工厂区布置在生产厂房南端，包括临时堆放区、待辐照货物堆放区、已辐照货物堆放区、上下货区及 1 座辐照加工厂房（2F 钢筋混凝土结构），辐照加工厂房内

续表 1 项目基本情况

建设 2 座电子加速器辐照室。辐照加工厂房外环境关系见表 1.4-2。

表 1.4-2 辐照加工厂房外环境关系一览表

序号	名称		方位	辐照加工厂房外墙距周边环境最近距离 (m)	高差 (m)	环境特征
1	厂房内通道		东	紧邻	0	厂房内通道
2	厂区道路			6.4	0	厂区通道
3	规划工业用地			10.9	0	规划工业用地
4	夹缝		南	紧邻	0	辐照加工厂房与生产厂房之间夹缝（夹缝宽 1.5m，其中烟道宽 1.4m，不通行）
5	厂区道路			5.9	0	厂区通道
6	规划工业用地			10.4	0	规划工业用地
7	厂房内通道		西	紧邻	0	厂房内通道
8	厂区道路			8.1	0	厂区通道
10	云邦集团	砂石料仓		22.3	0	已建工业厂房，1F
		食堂	37.1	0	已建食堂，1F	
11	上下货区		北	4.6	0	辐照加工区，1F
12	临时堆放区			7	0	厂区，1F
13	货物堆放区			20	0	仓储区，1F
14	综合楼			61.7	0	厂区用房，1-3F
15	停车场		东北	55.3	0	厂区内停车场

1.5 选址合理性

本项目位于重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路的公司厂区内，拟建场址的辐射剂量背景监测结果表明，其辐射环境质量现状良好，能满足项目的建设需求。项目评价范围均在合川工业园区内，辐照加工厂房周边不涉及医院、学校、集中居住区等环境敏感区，辐照加工厂房东侧、南侧均为规划工业用地，西侧为云邦集团(砂石料仓)，北侧为公司生产厂房(辐照产品仓储区)和综合楼；拟建项目距离公司厂区北侧生活、办公活动场所等公众成员停留时间较长的区域相对较远，辐照加工厂房周围人员活动相对较少，有利于减少项目运行对公众成员的辐射影响。

综上所述，从辐射防护与环境保护角度，项目的选址合理可行。

1.6 项目相关环保手续情况及辐射安全许可证情况

本项目主要新建生活办公用综合楼和生产厂房各 1 栋（生产厂房中部、北部均为仓

续表 1 项目基本情况

储，南部建设辐照加工厂房 1 座），并配套建设公用工程与环保工程等，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本项目新建综合楼和厂房工程无需单独进行环境影响评价，其产排污及对外环境的影响均纳入本次环评做简要分析。

合威公司成立于 2022 年 7 月，建设单位为首次从事核技术利用等建设项目，未涉及过辐射工作场所和相关环保手续，未办理过辐射安全许可证。

另外，本项目为新建项目，现有场地原为农荒地，不存在与项目有关的原有环境保护问题。

表 2 放射源

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

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 非密封性放射物质

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
本项目不涉及。										

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	电子加速器	II 类	1 台	IS1020	电子	10	2mA	杀菌保鲜、消毒灭菌	1#辐照室	新建
2	电子加速器	II 类	1 台	IS1020	电子	10	2mA	杀菌保鲜、消毒灭菌	2#辐照室	新建

(二) X 射线，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
本项目不涉及。									

(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	
本项目不涉及。													

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	排放口活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	排入大气（臭氧在常温常压下可自行分解为氧气）
生活污水	液态				972m ³ /a		间接排放	经生化池处理后排入园区污水处理管网
生活垃圾	固态				2.5t/a		垃圾桶	环卫部门统一处理
餐厨垃圾及废浮油	固态				1.8t/a		垃圾桶	收集后交有资质单位处理
加速器维修更换的主要部件					0.5t/次		不暂存	每 3~5 年更换一次，由厂家回收处置

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，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 709 号，2019 年 3 月 2 日实施修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(8) 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，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日修订实施；</p> <p>(9) 《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》国家环境保护总局，环发（2006）145 号，2006 年 9 月 26 日起实施；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》原总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号第四次修订施行；</p> <p>(11) 《重庆市辐射污染防治办法》，渝府令〔2020〕338 号，2021 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(12) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版；</p> <p>(13) 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。</p>
------	--

续表 6 评价依据

<p>技 术 标 准 技 术 规 范</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 环境影响评价文件的内容和格式》 (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) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》 (GBZ141-2002)</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) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018) ;</p> <p>(7) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》 (GBZ2.1-2019) ;</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) ;</p> <p>(9) 《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>(10) 《电子辐射工程技术规范》 (GB50752-2012) ;</p> <p>(11) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) ;</p> <p>(12) 《餐饮业大气污染物排放标准》 (DB50/859-2018) ;</p> <p>(13) 《声环境质量标准》 (GB3096-2008) ;</p> <p>(14) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011);</p> <p>(15) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) ;</p> <p>(16) 《大气污染物综合排放标准》 (DB50/418-2016) ;</p> <p>(17) 《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) ;</p> <p>(18) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》 (GB18918-2002)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 委托书;</p> <p>(2) 项目备案证;</p> <p>(3) 项目辐射环境监测报告;</p> <p>(4) 项目设计等相关资料;</p> <p>(5) 《2021 年重庆市环境状况公报》。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目射线装置为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，确定以加速器辐照室为边界外 50m 区域作为辐射环境影响的评价范围。同时根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）试行》，确定以厂界外 50m 区域作为本项目声环境影响评价范围；以厂界外 500m 区域作为本项目大气环境影响评价范围。

7.2 环境保护目标

7.2.1 声环境保护目标

根据现场调查和区域规划，本项目 50m 范围内无声环境保护目标。

7.2.2 大气环境保护目标

拟建项目位于合川工业园区城北拓展区五思路（合川工业园区渭沱组团 B 区），项目厂界外 500m 范围内大气环境保护目标见表 7.2-1。

表 7.2-1 大气环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	坐标		保护对象特征	环境功能区	相对方位	相对厂界最近距离/m
		X	Y				
1	1#居民点	-223	-4	约 15 户，53 人	大气环境 二类区	西侧	180
2	2#居民点	-458	-316	约 13 户，46 人		西南侧	276
3	3#居民点	-72	-337	约 42 户，150 人		南侧	485
4	4#居民点	182	-360	约 28 户，100 人		东南侧	337
5	5#居民点	116	115	约 11 户，40 人		东北侧	105
6	6#居民点	261	362	约 34 户，120 人		东北侧	395
7	7#居民点	-119	141	约 26 户，90 人		北侧	116
8	8#居民点	-332	132	约 28 户，100 人		西北侧	268

注：本项目以场址中心为原点，东西向为 x 轴，南北向为 y 轴。

7.2.2 辐射环境保护目标

辐照加工厂房内建设 2 座电子加速器辐照室，其中每座辐照室包括 1F 辐照厅、2F 主机室及其控制室、水冷与电气设备室等辅助用房；并配置加速器、束下传输系统、水冷系统、安全设施及控制系统等设施设备。待辐照货物堆放区位于生产厂房西北侧；已

续表 7 保护目标与评价标准

辐照货物堆放区位于生产厂房东北侧，并在辐照厅外北侧分区临时存放待辐照货物和已辐照货物临时堆放区，货物通过设置的传输带自动送至辐照厅进行辐照加工，上下货物由工作人员在两座辐照室辐照厅外的上下货物区工位处手动搬运；辐照加工厂房南侧外依次为夹缝、厂区道路、园区规划工业用地（目前空置，有杂草覆盖）；辐照加工厂房西侧依次为车间通道、厂区道路、云邦集团砂石料仓；辐照加工厂房西北侧为云邦集团食堂；辐照室 1F 以下为地面、2F 以上为屋顶无建筑，本项目环境保护目标主要有辐射工作人员、非辐射工作人员及厂房西侧的云邦集团工作人员，本项目外环境关系及环境保护目标见附图 5。

以加速器辐照室为边界外 50m 区域作为辐射环境影响评价范围，目辐射环境影响评价范围内主要关注对象见表 7.2-2。

表 7.2-2 辐射环境影响评价范围内主要关注对象一览表

序号	环境保护目标名称	方位	距离辐照加工厂房外墙最近距离/m	距离靶点最近距离/m	环境特征及受影响人群基本情况	主要影响因素
1	1#、2#控制室	2F，分别位于 1#、2#电气设备室北侧	位于辐照加工厂房内	8.7	辐射工作人员，每班 4 人（每台加速器各 2 人）	电离辐射
2	1#、2#电气设备室	2F，分别位于 1#、2#主机房北侧		4.3		
3	工具室	2F，位于 2 个控制室之间		9.7		
4	水冷设备室	2F，位于 2 个主机房之间		5.4		
5	1#、2#室外平台	2F，分别位于 1#、2#主机房两侧		8.5		
6	1#、2#爬梯	1F~2F，分别位于 1#、2#辐照厅迷道入口两侧	紧邻	13.4		
7	1#、2#上下货区、货物暂存区、堆放区	辐照加工厂房北侧	4.6	16.4	厂房内，1F，非辐射工作人员，约 5 人	
8	夹缝	辐照加工厂房南侧	紧邻	4.7	辐照加工厂房与生产厂房之间的夹缝，宽 1.5m（其中烟道 1.4m，人员不通行）	
9	厂房内通道	1#辐照厅东侧	紧邻	10.6	厂房内，1F，非辐射工作人员，约 2 人	
		2#辐照厅西侧	紧邻	10.4		
10	厂区道路	生产厂房东外侧	6.4	17.7	厂区通道，公众成员，	

续表 7 保护目标与评价标准

		生产厂房外西侧	8.1	19.2	约 5 人
		生产厂房外南侧	5.9	10.2	
11	云邦集团砂石料仓	用地红线外西侧	22.3	33.1	公众成员，约 2 人
12	云邦集团食堂	用地红线外西北侧	37.1	53.2	公众成员，3 人（食堂工作人员）
13	规划工业用地	用地红线外南侧	10.4	14.8	公众成员
14	规划工业用地	用地红线外东侧	10.9	22.3	公众成员
15	1#、2#吊装钢梁	1#、2#爬梯上空	/	11.9	初次设备安装后续设备维修或更换零部件时使用，公众成员，1 人

注：①靶点与序号 1~ 9 中的距离，均为靶点到环境保护目标所在最近墙体外 30cm 的距离；②靶点与序号 10~ 11 中的距离，为辐照加工厂房外墙及辐照厅靶点与道路边界的最近距离；③靶点与序号 12~ 13 中的距离，为辐照加工厂房外墙及辐照厅靶点与本项目地块红线的最近距离；④表中与云邦集团砂石料仓和食堂距离为辐照加工厂房外墙及辐照厅靶点与砂石料仓外墙和食堂外墙最近距离；⑤吊装钢梁位于 1#、2#室外平台上空，11.9m 均为吊装钢梁与主机室束流损失点和辐照大厅靶点最近的距离。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射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当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过标准的附录 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。

B1 剂量限值（标准的附录 B）

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

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），以 20mSv 作为职业工作人员的剂量约束限值；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述控制值 1mSv。

7.3.2 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）

续表 7 保护目标与评价标准

本标准适用于辐照加工用能量不高于 10MeV 的电子束辐照装置和能量不高于 5MeV 的 X 射线辐照装置。自屏蔽辐照装置不适用于本标准。

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限值规定为：

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外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处级以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。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。

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

续表 7 保护目标与评价标准

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；

(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应有可靠的接地系统。

(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

续表 7 保护目标与评价标准

(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。

7.3.3 《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)

本标准适用于各种类型的 γ 源辐照装置和能量小于或等于 10MeV 的电子加速器辐照装置。

第 3.2 条 电子束辐照装置

按人员可接近辐照装置的情况分为:

II 类 安装在屏蔽室(辐照厅)内的辐射装置, 运行期间借助于入口控制系统防止人员进入辐照厅。

5.1.4 II、IV 类 γ 射线辐照装置和 II 类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测。

5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下:

①距辐照室各屏蔽墙和出入口外 30cm 处。

②对于单层建筑的辐照装置, 过辐射源中心垂直于辐照厅屏蔽墙的任一垂线上, 自屏蔽墙外表面至距其 20m 范围内人员可以到达的区域。

③对于单层建筑的辐照装置, 当距其 50m 内建有高层楼房且高层位于辐射源照射位置至辐照装置室顶所张的立体角区域内时, 在辐照装置室顶和(或)相应的建筑物高层

续表 7 保护目标与评价标准

测量。

5.1.4.2 运行中的定期测量应选定固定的检测点，它们必须包括：贮源水井表面、辐照室各入口、出口，穿过辐照室的通风、管线外口，各屏蔽墙和屏蔽顶外，操作室及与辐照室直接相邻的各房间等。

5.1.4.3 测量结果应符合 GB 17279 第 5 条（即“对监督区，在距屏蔽体的可达界面 30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ”）。

7.3.4 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）

本标准适用于能量为 0.15MeV~15MeV 的各类辐射加工用电子加速器工程。

8.1.3 辐射防护安全要求

辐射防护安全要求如下：

- a) 辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应高于 C20，密度不低于 2.35g/cm^3 ；
- b) 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商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 GB5172-85 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 5mSv，公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv；

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；

7.3.5 《粒子加速器辐射防护标准》（GB5172-1985）

3.3 辐射安全系统。

3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。

3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装连锁装置，只有门关闭后才能产生辐射。

3.3.3 在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点，应安装紧急停机或紧急断束开关，并且这种开关应当有醒目的标志。

3.3.4.在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或螺旋式红色警告灯及

续表 7 保护目标与评价标准

音响警告装置，在通往辐射区的走廊，出入口和控制台上须安装工作状态指示灯。

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。

E.2.1 加速器设施内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

7.3.6 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

室内：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： $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本环评主要是评价和分析电子加速器辐照工作中产生的电离辐射影响，相关评价标准及要求见表 7.3-4 所示。

表 7.3-4 辐射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	20mSv/a	1mSv/a	GB18871-2002
剂量约束值	5mSv/a	0.1mSv/a	HJ979-2018 等
环境剂量控制			执行依据
电子加速器辐照装置	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 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$		HJ979-2018 等
通风要求			执行依据
加速器辐照室	室内臭氧浓度的接触限值： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$	室内氮氧化物的接触限值： $5\text{mg}/\text{m}^3$	GBZ2.1-2019

续表 7 保护目标与评价标准

7.3.7 其他评价标准

7.3.7.1 环境质量标准

(1) 大气环境质量标准

本项目所在地大气功能区为二类区，环境空气主要污染物基本项目执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)表 1 二级标准：臭氧 1 小时平均限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.2\text{mg}/\text{m}^3$)；二氧化氮 1 小时平均限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.2\text{mg}/\text{m}^3$)。

(2) 声环境质量标准

项目所在区域声功能区为 3 类区，声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 3 类标准限值：昼间 65dB (A)、夜间 55dB (A)。

7.3.7.2 污染物排放标准

(1) 废气

废气执行《大气污染物综合排放标准》(DB 50/418-2016) 大气污染物最高允许排放浓度：氮氧化物限值为 $240\text{mg}/\text{m}^3$ (影响区)，排气筒高度应按环境影响评价要求执行，至少不低于 15m。食堂油烟执行《餐饮行业大气污染物排放标准》(DB50/859-2018) 要求，见表 7.3-1。

表 7.3-1 评价标准及相关参数

序号	污染物名称	最高允许浓度 (mg/m^3)
1	油烟	1.0
2	非甲烷总烃	10.0
3	臭气浓度	80 (无量纲)

(2) 废水

本项目无生产废水，生活污水经生化池处理后达《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准后进入涪沱组团污水处理厂进一步处理后，达《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准后排入方溪支流后汇入涪江。

表 7.3-2 污水综合排放标准 (GB 8978-1996)

序号	项目	一级标准	三级标准
1	pH	6~9	6~9
2	SS	≤ 70	≤ 400
3	BOD ₅	≤ 20	≤ 300
4	COD	≤ 100	≤ 500

续表 7 保护目标与评价标准

5	氨氮	≤15	≤45*
注：氨氮三级标准值来自污水排入城镇下水道水质标准。			
<p>(3) 噪声</p>			
<p>项目施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准：昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）；项目营运期厂界噪声排放限值执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）：3 类标准限值：昼间 65dB（A）、夜间 55dB（A）。</p>			
<p>(4) 固废</p>			
<p>一般工业固废：其贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求。</p>			
<p>危险废物：危险废物管理执行《国家危险废物名录》（2021 年版）、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）以及 2013 年修改单中相关要求，危险废物转移执行《危险废物转移联单管理办法》中相关要求。</p>			

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路，项目地理位置见附图 1；辐射加工区位于项目场址南侧，项目总平面布置图见附图 2-1。

8.2 辐射环境质量

为了掌握本项目拟建辐照加工厂房及周边的辐射环境背景水平，为辐射环境影响评价提供基础数据，委托重庆渝久环保产业有限公司对本项目区域的环境地表（辐射环境剂量率背景值进行了监测。

(1) 监测时间：2022 年 10 月 28 日

(2) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率

(3) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8.1-1。

表 8.1-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021

(4) 监测点位：共设 5 个点。具体监测布点见附图 4。

根据监测布点情况，5 个监测点位分别布置在项目所在拟建辐照室处、拟建综合楼处、敏感目标处及厂房外空坝处，因此，监测布点能够反映本项目所在地及其周围的辐射环境背景水平。

(5) 监测仪器

监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8.1-2。

表 8.1-2 监测仪器情况

监测仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
高灵敏度 X、 γ 剂量率仪 SC70+SC80	+20191028	2022030904305	20230322	1.24

(6) 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。

续表 8 环境质量和辐射现状

- 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，并用检验源对仪器进行校验。
- 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，经校核、审核，最后由授权签字人签发。

(7) 监测结果

监测结果统计见表 8.1-3。

表 8.1-3 本项目区域环境 γ 辐射剂量率背景值监测结果

检测点编号	检测点位置	环境 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
△1	拟建 2#辐照厅处	0.088
△2	拟建综合楼处	0.098
△3	厂界东侧外空坝	0.093
△4	厂界西侧外云邦集团砂石料仓旁	0.095
△5	厂界南侧外窝棚处	0.090

备注： 监测时项目均未建设，监测结果未扣除宇宙射线。

(8) 现状监测评价

根据《2021 年重庆市生态环境状况公报》，重庆市 2021 年环境地表 γ 空气吸收剂量率平均值为 94.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值），根据监测统计结果可知，本项目所在位置环境 γ 辐射剂量率的监测值在 88nGy/h~98nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），项目场址环境 γ 辐射剂量率背景值在正常掌握范围内。

8.2 其他环境质量现状

8.2.1 大气环境质量现状

根据《重庆市环境空气质量功能区划分规定》（渝府发[2016]19 号规定），本项目所在地环境空气功能区划为二类区，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。

本项目所在区域环境空气质量达标情况判定采用《2021 年重庆市环境状况公报》中合川区的数据。监测年均值数据见表 8.2-1。

表 8.2-1 环境空气现状监测结果统计表

评价因子	年评价指标	现状浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	占标率 (%)	达标 情况
------	-------	--------------------------------------	-------------------------------------	------------	----------

续表 8 环境质量和辐射现状

SO ₂	年平均质量浓度	11	60	18.3	达标
NO ₂	年平均质量浓度	23	40	57.5	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	53	70	75.7	达标
PM _{2.5}	年平均质量浓度	40	35	114.3	超标
O ₃	日最大 8h 平均浓度的第 90 百分位数	141	160	88.1	达标
CO	日均浓度的第 95 百分位数	1000	4000	25.0	达标

根据表 8.2-1，项目所在合川区 PM_{2.5} 浓度不满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，合川区属于不达标区。

目前，合川区已制定区域环境空气质量达标规划，根据《合川区大气环境质量限期达标规划》（发布稿）（2019 年 12 月），在合川区范围内执行相应的整治措施后，可满足区域大气环境质量达标情况。

8.2.2 地表水环境质量现状

本项目不产生生产废水，生活污水经生化池处理后达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后进入涪沱组团污水处理厂进一步处理，达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准后排入方溪支流后 1.0km 汇入涪江，涪江为 III 类水域，根据《重庆市人民政府批转重庆市地表水环境功能类别调整方案的通知》（渝府发〔2012〕4 号），方溪无水域功能，涪江为 III 类水域功能，执行《地表水环境质量标准》（GB3838—2002）中 III 类水质标准。结合合川区人民政府公众信息网发布的 2021 年水环境质量状况，合川区涪江太和国控考核断面水质均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类水质标准。因此，项目所涉及区域水环境质量满足《地表水环境质量标准》（GB3838—2002）中 III 类水质标准。

8.2.3 声环境质量现状

本项目位于合川工业园区，厂界外 50 米范围内无声环境保护目标，根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》，本项目可不进行声环境质量现状评价。

8.2.4 生态环境质量现状

本项目位于合川工业园区涪沱组团 B 区，为区域规划的工业园区，属于城镇生态系统。项目所在园区已入驻部分企业，周边人为活动较频繁，所在地周边无自然保护区、无重要文物保护单位，经调查，项目场址现状主要为杂草、灌木，未发现珍稀动植物、

续表 8 环境质量和辐射现状

名木古树，无珍稀保护动物分布，生态功能基本完善，生态环境质量较好。

8.2.5 地下水、土壤环境现状

本项目辐照加工项目，项目场址原为农荒地，无工业迹地，根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》，本项目不存在土壤、地下水污染途径，不开展相关现状调查。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目为新建项目，项目施工期主要包括生产厂房、综合楼及辐照加工厂房建设、内部装修、加速器设备安装，以及生化池等建设，施工期的主要污染因子有：施工噪声、扬尘、废水(施工废水及少量生活污水)、建筑垃圾、装修垃圾及少量施工人员生活垃圾等。其工艺流程及产污环节见图 9.1-1。

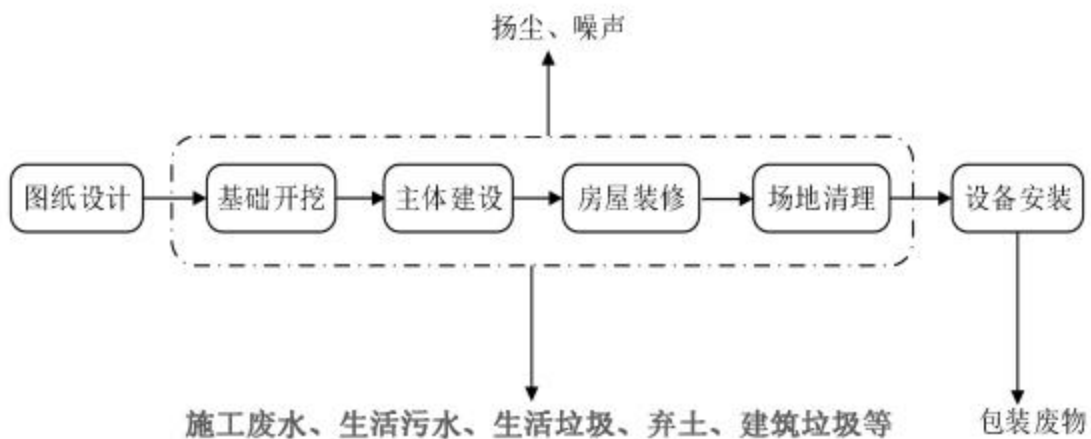


图 9.1-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

①废水

项目施工期废水主要为施工废水与生活污水。

施工废水主要为砂石料系统冲洗废水、基坑开挖排放水、施工机械养护冲洗废水、施工材料被雨水冲刷形成的污水。施工期生活污水主要为施工人员生活产生的污水。

②废气

施工期的主要大气污染物为施工扬尘。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。

③噪声

施工过程中的噪声主要是各种施工机械、设备产生的噪声。

④固体废物

续表 9 项目工程分析与源项

项目固体废物主要包括建筑垃圾、装修垃圾、施工人员生活垃圾。

弃方：厂房及综合楼等建设过程中基础开挖产生的挖方就地平整，少量弃方运至园区指定弃土场。

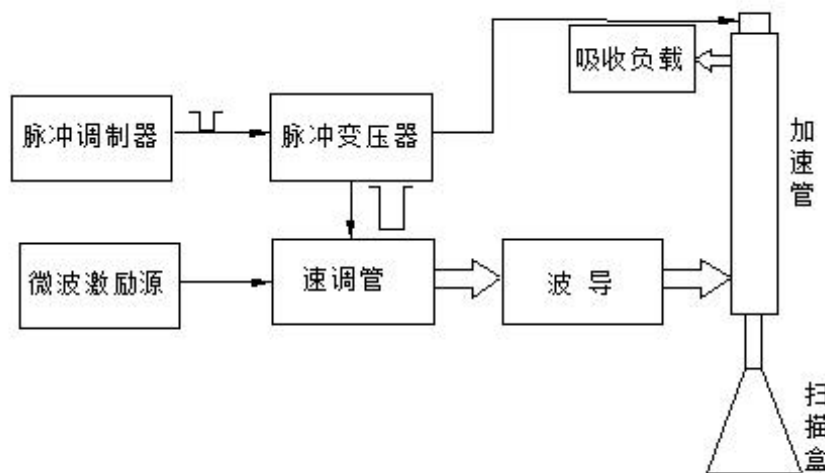
建筑垃圾、装修垃圾：主要为废弃的沙土石、水泥、弃砖、水泥袋、纤维、塑料泡沫、碎玻璃、废金属、废瓷砖等。

生活垃圾：主要为施工期施工人员产生的生活垃圾。

9.2 运营期工艺流程及产污环节

9.2.1 工作原理

IS1020 型电子直线加速器原理：IS1020 型电子直线加速器属于高频谐振型加速器，是带电粒子在高频电场加速下，沿直线轨道传输的加速器装置。高频加速电场可以分为行波场和驻波场，加速电场为横磁波 TM01 模，在轴线上存在较强的电场分量，因此可以与沿 Z 轴方向运动的电子束交换能量，使电子加速。高频变压器和高频电极及其对钢筒、倍压器芯柱之间形成的分布电容组成振荡器，高频振荡器与装在加速器内的槽路线圈、射频电极、反馈电容等所构成的外振荡槽路一起构成高频震荡，产生加速器所需要的高频功率。振荡器工作时，槽路线圈的次级可将高频电压升到 300kV。这一高频电压通过高频电极与芯柱上的半圆电晕环间的分布电容和芯柱内的整流硅堆组成的并联耦合串联倍压系统，在高压电极上产生所需的直流电压。从高压电极内的电子枪产生的电子流在此负极性电压作用下通过加速管时得到加速，从加速管中出来的高能电子束由磁扫描器在垂直方向进行扫描，实现灭菌的目的。电子加速器工作原理流程见图 9.2-1。



续表 9 项目工程分析与源项

图 9.2-1 电子加速器工作原理示意图

9.2.2 设备情况

(1) 设备情况

本项目共配备 2 台 10MeV 电子加速器辐照装置，主要由 2 台高能电子加速器分系统、传输带型束下装置系统、安全设施和控制系统等组成，其中高能电子加速器系统主要由辐照机头机柜、扫描盒、脉冲变压器、速调管及线圈、调制器、控制与电源柜、恒温水系统等等构成。本项目加速器设备参数见表 9.2-1。

表 9.2-1 电子加速器主要性能参数

型号	IS1020
电子束流能量	8~10MeV
束流强度	0~2mA（脉冲束流）连续可调
额定电流	2mA
平均束流功率	1~20kW，连续可调
最大束流功率	20kW
束流扫描频率	5~20Hz
扫描宽度	400~800mm
束流不稳定性	≦5%
能量不稳定性	≦5%
扫描方向剂量不均匀度	≦5%
钛窗距辐照物体距离	0.7~1.2m
工作方式	可长时间满功率运行

电子加速器辐照加工系统是以电子加速器技术为核心，集辐射防护技术、电子技术、精密机械、物流输送、软件与控制技术于一体的新型高科技装备。

加速器产生高能电子束并将其扫描成一均匀分布的线性束后引出，传输装置承载被检物以辐照工艺需要的相应速度通过辐照区域，经过电子束的辐照，实现辐照工艺所需的处理。

本项目电子加速器由电子枪、加速管、微波系统、高压脉冲调制器、加速器控制系统、束流输运系统、安全联锁系统、真空系统、充气系统、恒温水冷系统以及供配电系统等装置组成。电子加速器主要由束流分系统、电子束流监测系统、真空系统、充气系统、水冷分配系统和控制系统等构成。

电子加速器辐照装置由以下主要部分组成：

续表 9 项目工程分析与源项

①束流分系统

包括电子枪、加速管、闸板阀、五通管、陶瓷管、束流互感器、波纹管、漂移管、限束法兰、扫描磁铁、扫描盒、转换靶（选配）等。高能电子束的产生、加速和最终引出都是在束流分系统中完成，它虽然是一个整体，但跨越上下两个楼层进行安装和使用，其中电子束产生及加速的部分安装在楼上，通过辐照机头机架进行安装，电子束的扫描和引出部分等安装在下层，它们之间通过穿越楼板的漂移管进行连接。

②电子束流监测系统

大功率辐照加速器需要对其输出电子束流进行实时监测，作为反映加速器工作状态是否正常的重要信号反馈给加速器主控系统，以便控制系统对加速器的运行状态进行实时调控，同时也将加速器输出电子束流的指标进行实时显示。

电子束流输出强度监测由脉冲电流感应器和分析电路板组成。脉冲电流感应器安装在漂移管陶瓷段外侧，电子束穿过脉冲电流互感器，互感器产生一个与电流大小对应的感应电压信号，本系统中设计的电流电压对应关系为 1A 对于 1V。分析电路则将互感器输出的电压信号进行转换，输出到 PLC 中，以便加速器控制系统进行识别、显示。

③真空系统

为了使电子枪能够发射电子，而且电子能够在加速管中沿轴线加速，加速管内必须是真空状态。电子枪阴极表面材料在高温（工作时 1050℃）状态下很容易受气体污染而中毒，中毒则丧失电子发射能力，所以电子枪对真空的要求优于 10⁻⁵Pa。如果加速管的真空度提高一个量级，可以使电子枪寿命成倍增加。加速管内部微波电场的强度高达 2×10⁵V/cm，必须通过高真空来保障不会出现打火击穿；另一方面，电子束流在加速时必须处于高真空中，不然就会与气体粒子碰撞而损失掉，所以加速管对真空的要求优于 10⁻⁵Pa。漂移段和扫描盒主要是用作电子束流的通道及引出装置，其真空要求主要是防止电子因碰撞而损失，其真空要求没有加速管高，但整个真空系统是连通的，扫描盒内部真空也至少要达到 10⁻⁴Pa。真空系统与束流系统紧密结合在一起，形成一个全密封高真空结构，包括电子枪、加速管、漂移段、扫描盒。真空系统通过加速管上、下微波陶瓷窗与波导中六氟化硫（SF₆）气体隔离；通过扫描下面的钛膜与大气隔离。在加速器工作的过程中，加速管内部还会有气体分子释放出来，这是需要使用钛离子泵来对

续表 9 项目工程分析与源项

高真空进行维持。

真空系统包括分布在束流系统上的多个溅射离子泵、真空阀、闸板阀、钛泵电源等组成。溅射离子泵是由一个不锈钢薄壁圆筒阳极和钛板阴极组成，所以又称钛泵。阴极和阳极间加有几 kV 的直流高压，泵体外包有永久磁铁，它把管内的一些气体分子电离后高速打进阴极被淹埋掉，形成抽气能力。

④充气系统

大功率辐照加速器系统的微波传输系统内部传输的微波功率很大，脉冲功率 5MW，平均功率 45kW。波导内部必然会建立较强的电场，为防止大功率微波传输系统内的击穿打火，需在波导系统内充高压绝缘气体，以增强耐压能力。

微波传输系统内部所充的绝缘气体为六氟化硫（SF₆）气体，其压力必须维持在一个适当的范围，通常在 0.2MPa 左右，如果压强太小，不能起到绝缘效果，如果压强太多又可能损坏波导等微波传输系统器件。充气系统给微波传输系统内部提供绝缘气体并对气压进行实时监测和控制，包括：SF₆ 高压气瓶、压力调节器、截止阀、干燥器、电接点压力表及监测和连锁保护电路板等，充气系统结构如图 9.2-2 所示。

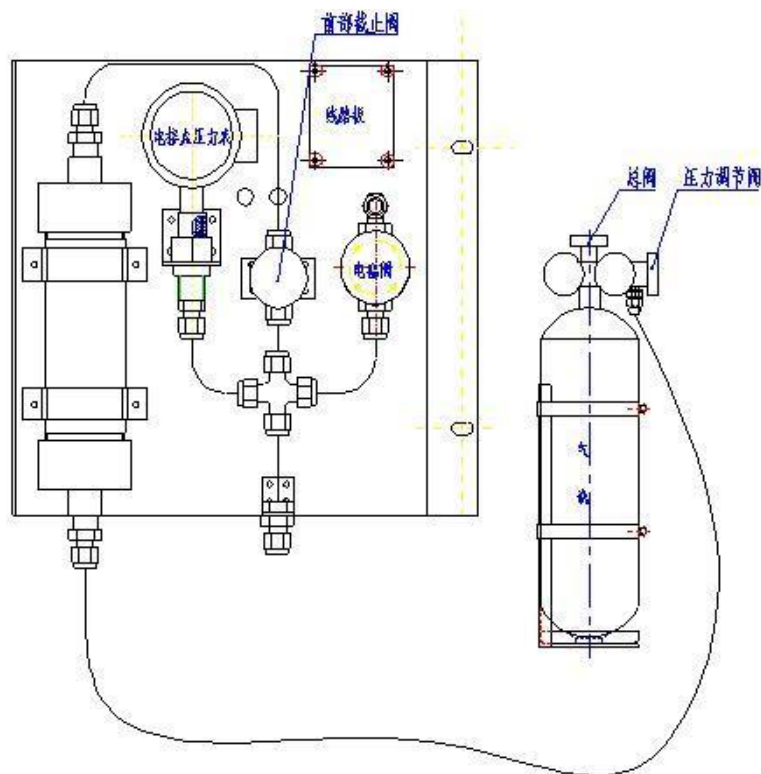


图 9.2-2 充气系统结构图

续表 9 项目工程分析与源项

本系统正常工作时气压表指示应为 0.2MPa。当系统工作压力高于 0.22MPa 时，电磁阀开启，系统放气至正常工作压力，电磁阀关闭。当系统工作压力低于 0.18MPa 时，控制台指示“气压”故障，需进行人工充气。初始安装时，波导内有空气，为防止空气中水汽对波导的腐蚀，应先预抽真空，再充气。

⑤水冷分配系统

大功率水冷机组主要由水箱、水泵、压缩机、热交换器、控制装置等组成。水冷机组用来提供合乎加速器系统要求（温度、流量、压力）的冷却水，冷却水系统是闭路循环系统，通过压缩机来冷却。本系统要求冷却水使用纯净水或去离子水（外购），冷却水循环使用不外排，只定期补充损失水量。

⑥束下传输系统

本项目束下装置为传输带型束下装置，束下装置的组成：

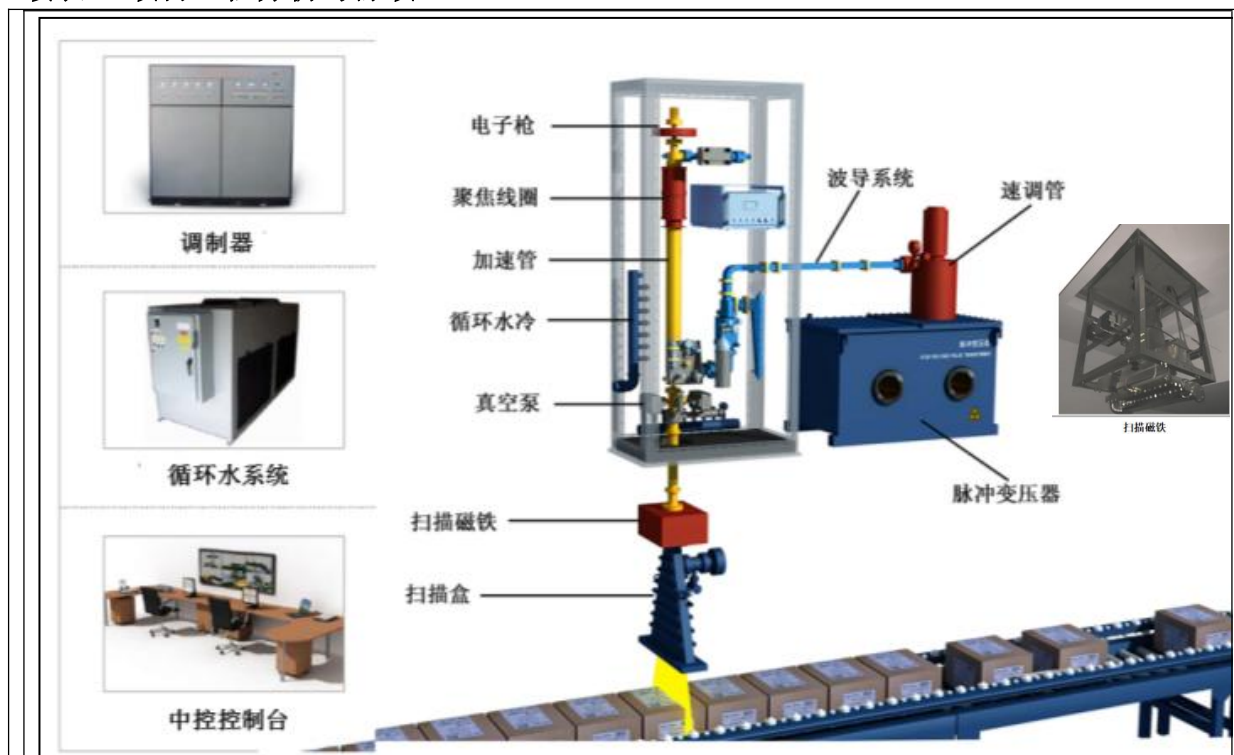
- a) 传输装置，包括物料承载机构、物料传输机构、物料装卸机构；
- b) 适配装置，包括物料定位机构、工艺条件保证机构、传输稳定机构；
- c) 计量及监控系统。

⑦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，并与束下装置联动配合。

同型号加速器的总体结构见图 9.2-3。

续表 9 项目工程分析与源项



电子加速器装置示意图

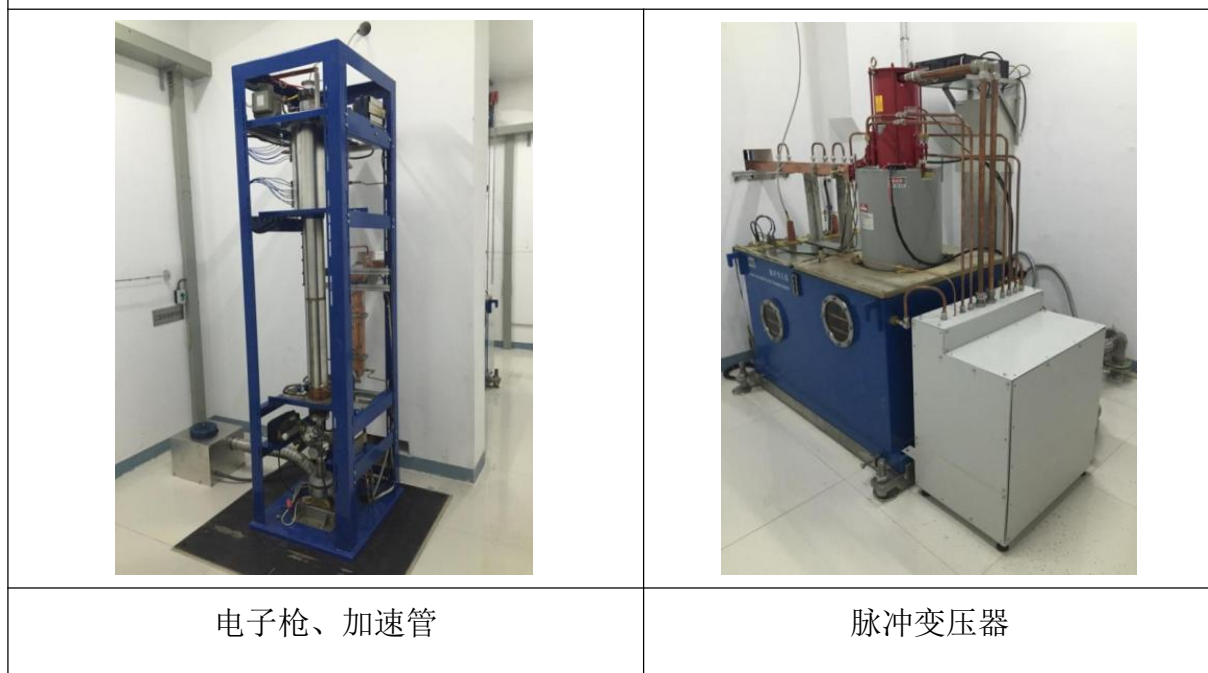


图 9.2-3 同型号加速器的总体结构见图

工作方式:

本项目加速器可长时间满功率运行，工人将货物从堆放区转运至 1F 辐照厅物流进口外传输系统传输带上，货物经传输系统自动传输进入辐照厅，传输至电子束下方辐照

续表 9 项目工程分析与源项

区域进行辐照，货物照射后经传输系统自动传输出辐照厅，在货物暂存区由搬运工作人员下货，辐射工作人员在 2F 控制室操作。

9.2.3 工艺流程及产污环节

(1) 辐照加工流程

项目待辐照货物由装卸工人运输至待辐照货物堆放区，辐照前由叉车工将货物转运至待辐照货物暂存区，再由工人将货物搬运至辐照厅物流进口外传输系统传输带上；根据操作流程经确认，符合开机条件后，进行辐照；货物经传输系统传输至电子束下方辐照区域，经辐照后，自辐照厅迷道经出货口传出，完成一轮辐照消毒灭菌工作。搬运工人将货物从传输带搬下，搬运至已辐照货物暂存区，再转运至货物堆放区。辐照加工流程图见图 9.2-2。

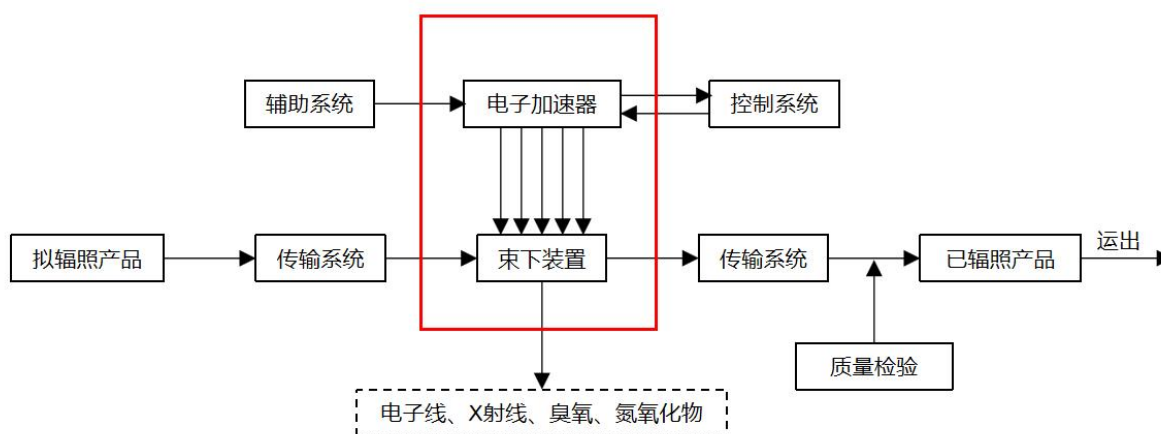


图 9.2-2 辐照工艺流程示意图

(2) 电子加速器操作流程

1) 开机准备

①真空系统检查

检查速调管、电子枪、加速管、输出盒各离子泵电流在正常范围之内。

②排风系统检查

确认排风系统为开启状态。

③水冷系统检查

A、确认恒温水柜和冷却水柜各空开处于正确位置；

续表 9 项目工程分析与源项

B、确认恒温水柜和冷却水柜为远程控制状态；

C、检查恒温水柜和冷却水柜水位视窗不低于正常水位线。

④束下运输系统检查

A、确认束下系统控制柜、变频器通电；

B、检查束下机械传动部分具备运转条件。

⑤辅机系统检查

检查辅机房内空调处于制冷状态，保障各电源的正常运行。

2) 主控系统开机

①开启配电柜“主控台上电”按钮，此时各风扇启动；

②旋开主控台“设备供电”钥匙，操作软件启动；

③打开显示视频监控和加速器控制界面，打开网络射线剂量仪，此时监控画面全面、清晰显示。

3) 辅机系统开机

①开启操作软件，预热各控制电源；

②检查辅机系统、主机系统各水压及全部管路，查看管路各流量开关显示压力是否正常；

③检查主机系统压力，打开主机房空调；

④启动水机组及启动预热，约 15min；

⑤预热完成后，复位各控制电源，此时，欠流、过流指示灯灭。

4) 束下运输系统开机

输入束下线所需的传动速度，启动束下运输系统。

5) 安全巡检

①巡检主机房，确认无人员后，关闭屏蔽门；

②巡检辐照厅、迷道、束下运输系统，检查钛膜状态，复位安全联锁配电箱，锁闭进出口屏蔽门。

6) 出束

①检查控制界面所有参数处于正常状态；

续表 9 项目工程分析与源项

②核查监控视频，再次确认电离辐射区域无人、无异常；

③开启配电柜上“充电模块通电”按钮；

④旋开主控台“高压出束”钥匙，确认声光报警启动；

⑤报警结束，按主控台“复位”键；

⑥设定重复频率为 10 次，按主控台“出束”键，加速器出束；

⑦观察示波器速调管高压，调节 PFN 电压旋钮至设定值；

⑧缓慢增加重复频率至设定值，要分次加，每次增加幅度不宜超过 50 次。随时监测出束声音及视频监控的正常；

⑨出束过程中，视水温情况开启二次水系统，以调节控制稳定一次水温，保证恒温水进水温度控制在 $31\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

7) 停束

①顺序、缓慢降低重复频率至 10 次；

②按下主控台“停束”键，加速器停止出束；

③旋闭主控台“高压出束”钥匙；

④操作软件将各控制电源停止预热，除各离子泵电源外，其他各电源确定关闭；

⑤关闭主控台，关闭配电柜的两个按钮；

⑥停止二次水，确保二次水能完全回流到储水箱（冬天时一定要确保冷却塔内无存水）。

9.2.4 辐照加工厂房人流物流路径规划

(1) 人流路径规划

本项目辐照加工厂房为 2 层建筑，辐照厅布置在一楼，主机室和控制室等辅助用房布置在二楼。

辐照厅拟设置人员出入口，设置门禁，辐射工作人员进入辐照厅进行巡检等工作时，自辐照厅入口处进入，检查是否有人员误留并依次有序按下巡检开关，直至辐照厅出口处完成巡检复位；辐射工作人员经南侧楼梯上二楼，经过二楼平台进入主机室进行巡检等工作，再原路返回进入控制室。

(2) 物流路径规划

续表 9 项目工程分析与源项

的电子束，在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题。

(2) X 射线

电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，经加速管加速，在横向扫描磁场的作用下，电子束扩展成为均匀扫描宽度的电子束，利用电子束对产品进行辐照。电子加速过程中，部分电子会丢失，打在加速管壁上，可产生 X 射线。此外，电子束打到高原子序数物质时也会产生高能 X 射线。X 射线的贯穿能力极强，可对周围环境辐射造成辐射污染，但关机后 X 射线影响即消失。此外，在加速器运行过程中，除了由电子束在靶上产生的韧致辐射外，还可能由于其他原因产生某些次级辐射如泄漏辐射、散射、反流电子引起的韧致辐射等。由于电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X 射线），X 射线是电子加速器辐照装置辐射防护设计中的主要辐射源。

本项目电子加速器电子束能量为 10MeV，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A 中表 A.1 可知，10MeV 入射电子在距高 Z（原子序数 $Z > 73$ ）厚靶 1 米处侧向 90° 的 X 射线发射率为 $13.5\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

因此，加速器开机辐照期间，X 射线为本项目主要污染因子。

9.3.2 放射性废物

本项目不产生放射性废物。

9.3.3 非放射性废物

(1) 废气

电子加速器开机运行时，产生的电子束与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)，其中，臭氧的危害大，产额高，毒性大，而氮氧化物的产率仅为臭氧产率的三分之一，且国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此，在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 B.1 可知，平行电子束所致 O_3 的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P=45dIG \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中：

P：单位时间电子束产生 O_3 质量 (mg/h)；

续表 9 项目工程分析与源项

I: 电子束流强度, mA;

d: 电子束在空气中的行程 (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; 本项目钛窗到束下传输带 (不锈钢板) 距离约 1.2m, 本评价 d 取 150m);

G: 空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数, 保守估算取为 10。

根据公式, 可以估算出本项目辐照室臭氧的产生率为 $1.35 \times 10^5 \text{mg/h}$ 。

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, 因此本项目氮氧化物 (NO_x) 的产生率为 $0.45 \times 10^5 \text{mg/h}$ 。

(2) 废水

本项目加速器冷却水循环装置使用外购去离子水, 对加速器零部件进行循环冷却, 不外排, 故本项目无生产废水排放, 运营期废水主要为生活污水。

本项目加速器工作时需用循环冷却水: 加速器开机工作时, 机器内部件产生大量的热量, 通过冷却水进行冷却。本项目加速器冷却系统使用冷却水为市场采购的蒸馏水, 冷却水循环使用, 不外排, 损失主要来自于自然蒸发, 只定期补加, 故本项目无生产废水排放。

运营期废水主要为生活污水, 本项目劳动定员 32 人, 其中食宿人员约 20 人, 用水量按 150L/人.d 计, 非食宿员工 12 人, 用水定额 50L/人.d 计, 则项目用水量为 $3.6\text{m}^3/\text{d}$ ($1080\text{m}^3/\text{a}$), 排水系数取 0.9, 则项目生活废水排水量为 $3.24\text{m}^3/\text{d}$ ($972\text{m}^3/\text{a}$)。

(3) 噪声

每座辐照室各设置 1 台风机, 工作时将产生一定的噪声, 拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机, 噪声源强在 60~75dB (A)。

(4) 固废

本项目运营期各生产工艺环节均无固体废物产生, 固废主要为餐厨垃圾及废浮油和员工生活垃圾。

餐厨垃圾及废浮油: 餐厨垃圾产生量按每人每天 0.3kg/计, 项目食堂为 20 人提供一日三餐, 则餐厨垃圾产生量为 $6\text{kg}/\text{a}$ ($1.8\text{t}/\text{a}$); 项目食堂废水年产生量少, 废水经隔油

续表 9 项目工程分析与源项

池处理后产生少量废浮油。

生活垃圾：生活垃圾产生系数取 0.5kg/人·d，则年产生生活垃圾约 4.8t/a。

本项目加速器维护保养均由设备厂家负责，每 3~5 年更换一次，0.5t/次。

综上所述，本项目产生的污染因子情况见表 9.3-1。

表 9.3-1 项目污染源强一览表

污染物	污染因子	备注
电离辐射	电子束	电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，经加速管加速，在横向扫描磁场的作用下，电子束扩展成为均匀扫描宽度的电子束，其贯穿能力远弱于 X 射线
	X 射线	10MeV 电子辐照加速器 X 射线发射率为 $13.5\text{Gy}\cdot\text{m}^2\ \text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
废气	O ₃	10MeV 电子辐照加速器所致 O ₃ 的产生率为 $1.35\times 10^5\ \text{mg/h}$
	NO _x	10MeV 电子辐照加速器所致 NO _x 的产生率为 $4.5\times 10^4\ \text{mg/h}$
生活污水	pH、COD、SS、NH ₃ -N 等	污水量 972m ³ /a，经生化池处理后排入园区管网
固体废物	餐厨垃圾及废浮油	1.8t/a，收集后交有资质单位处理
	生活垃圾	4.8t/a，交环卫部门统一处置
	加速器维修更换的主要部件	0.5t/次，每 3~5 年更换一次，由厂家回收处置
噪声	等效连续 A 声级	60~75dB (A)，选用低噪声设备，建筑隔声

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

(1) 布局

本项目辐照加工厂房布置在生产厂房内靠南部分，1#及 2#辐照室均为 2 层建筑，南北轴东西镜像布置（辐照厅东、西侧墙局部厚度不同）；1 楼为辐照厅、货物传输与储存区，辐照货物传输与储存区位于辐照厅北侧，2 楼主要为主机室、控制室、电气设备室、水冷设备室等，其上方为厂房内空间、无其他建筑物；辐照室下方均为混凝土+实土层，辐照室内部均拟设置迷道墙，辐照货物通过自动传输系统进行收发，并通过迷道进出辐照厅；货物进出口旁拟设置人员进出通道门，用于工作人员进入辐照厅巡检、检修等工作；加速器电子束产生、束流加速系统等主体设备(以下简称加速器主机)拟布置于 2 楼主机室，主机室拟设计迷道墙。辐照室四周活动人员较相对少，主机室上方人员无法到达。

本项目布局与《电子辐射工程技术规范》（GB50752-2012）符合性分析见表 10.1-1。

表 10.1-1 与《电子辐射工程技术规范》（GB50752-2012）符合性

规范要求	本项目布局情况	符合性
<p>4.2.2 工程的平面布局和竖向布置应根据工艺流程完成，并应符合下列规定：</p> <p>1 总平面布置在满足工艺流程的基础上,应结合场地地形、工程地质、风向等因素因地制宜进行设计。</p> <p>2 总平面布置应紧凑合理,并应有效利用平面和空间。</p> <p>3 辐射室宜设在多层厂房的底层。</p>	<p>本项目平面布局和竖向布置根据工艺流程布置，总平面布置充分考虑结合场地地形、工程地质、风向等因素涉及，布局紧凑合理，能有效利用平面和空间。本项目辐射室位于生产厂房内，且辐照厅布置在辐射室 1F。</p>	符合

综上所述，项目布局利于辐射防护安全控制，从辐射防护与环境保护角度，项目的布局较合理。

(2) 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：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，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

续表 10 辐射安全与防护

监督区：这种区域未被确定为控制区，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。

②本项目分区

根据《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）要求，项目拟将辐射工作场所划分为控制区和监督区，实行辐射安全分区管理，并采取相应的辐射防护安全措施。本项目两座辐照厅及主机室布置为对称布置，以下以 1#机房为例说明本项目分区情况。

A、控制区：项目拟将 2 座辐照厅（含迷道）、2 座主机室（含迷道）及各自辐照货物、人员出入口以内的区域设置为控制区，在此区工作的人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，辐照厅、主机室的出入口处设置醒目的声光报警、工作状态指示器及电离辐射警告标志，以及门机联锁等防止人员误入辐照厅、主机室的控制措施。

B、监督区：拟将 2 座辐照厅、2 座主机室屏蔽墙体外的相邻区域划为监督区，包括 2 座控制室、2 处爬梯、2 个上下货区、2 个室外平台、2 个电气设备室、夹缝、工具室、水冷设备室等，加速器正常运行状态下，在此区工作的人员受到的照射剂量较低，能满足项目对职业人员照射剂量的控制要求，在监督区边界处拟设置电离辐射警示标志，并按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。

本项目辐射工作场所分区管理示意图见图 10.1-1~图 10.1-2。本项目控制区和监督区划分表见表 10.1-2。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。

表 10.1-2 本项目辐射工作场所控制区和监督区划分

分区类型	区域划分
控制区范围	1F 辐照厅（包括迷道）、2F 主机室（包括迷道）
监督区范围	1F 辐照厅外相邻区域（爬梯、夹缝以及上下货区等）；2F 主机室外区域（控制室、电气设备室、工具室、水冷设备室、室外平台等）

项目分区情况见下图。

续表 10 辐射安全与防护

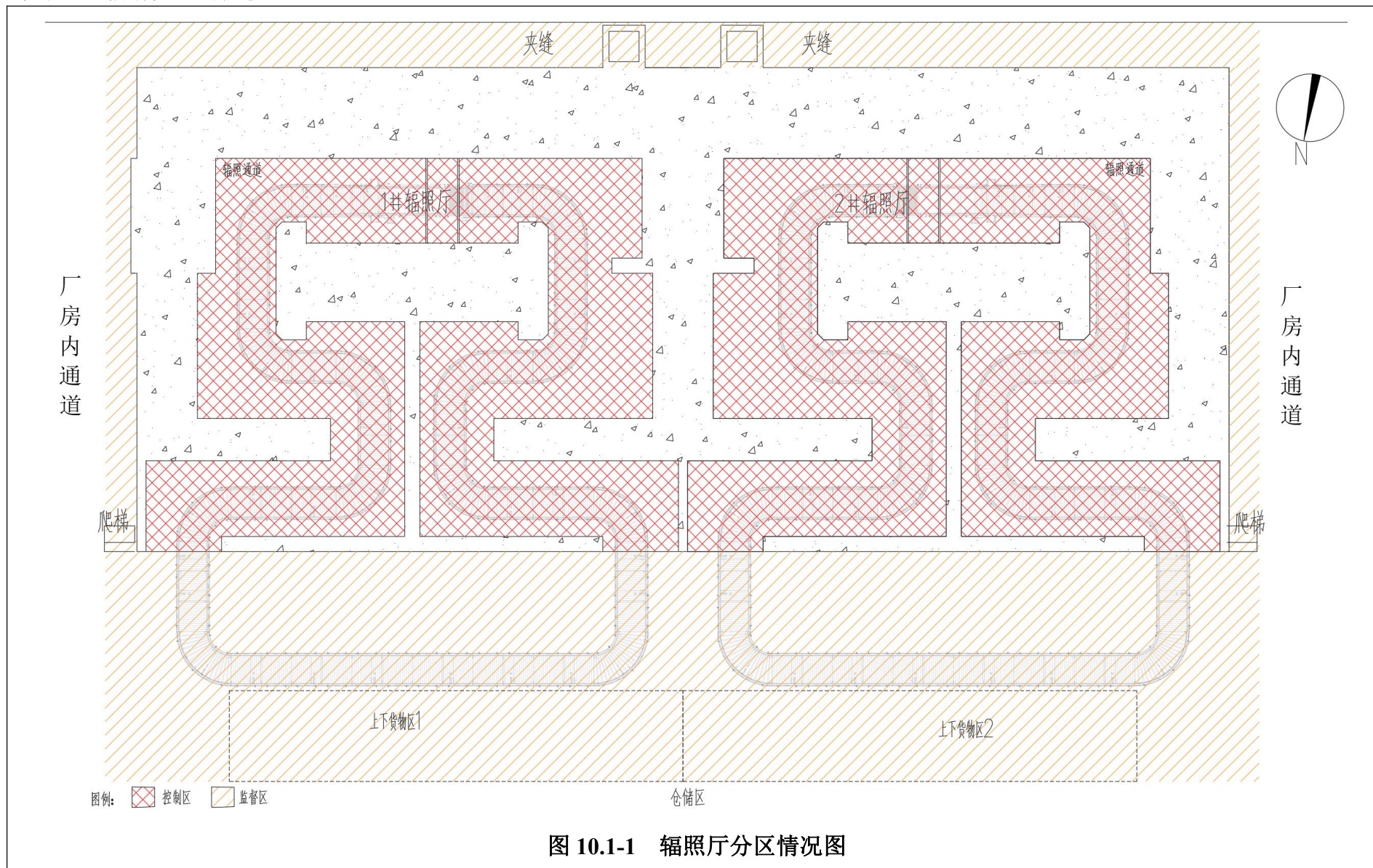
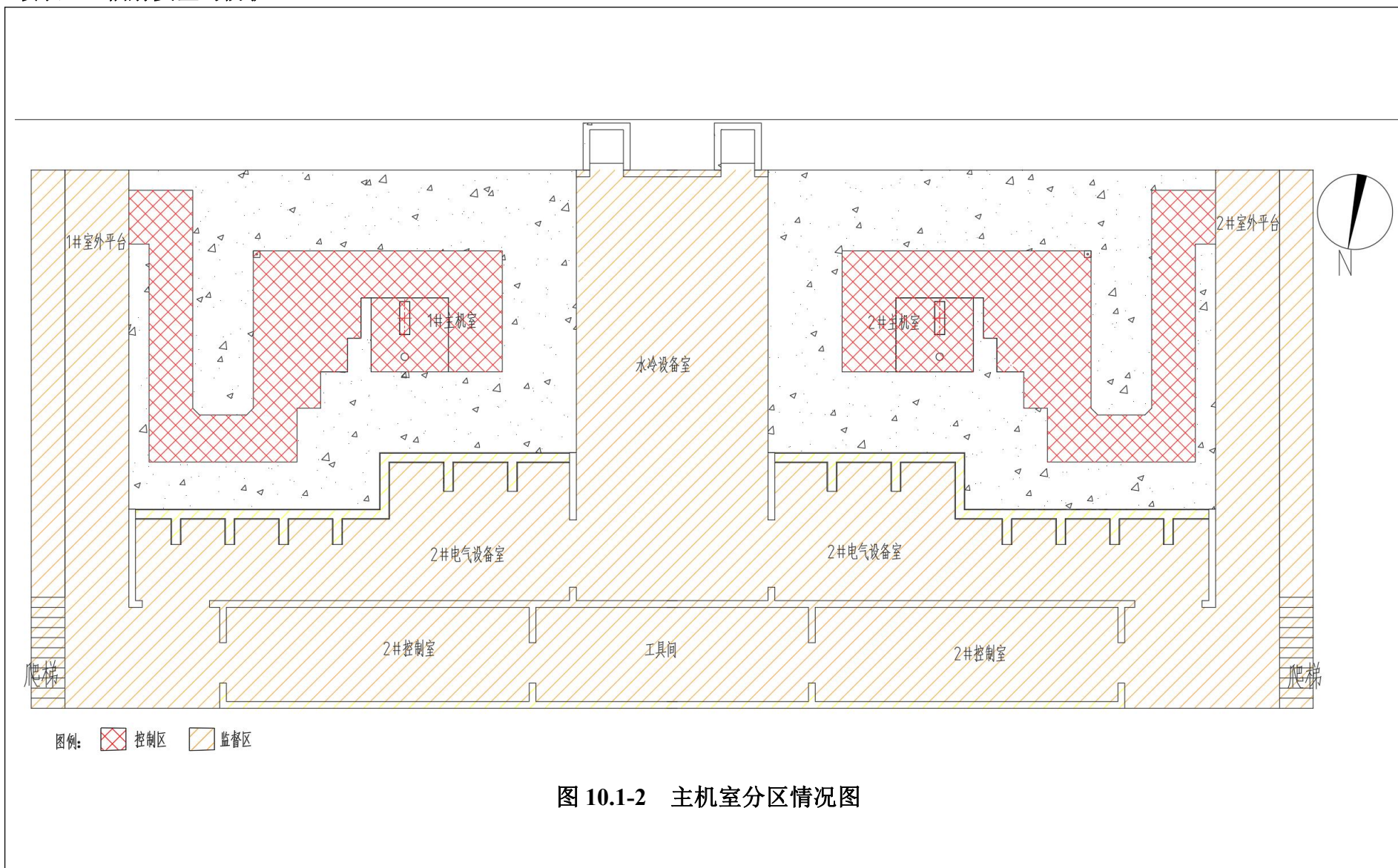


图 10.1-1 辐照厅分区情况图

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 辐照加工厂房辐射防护屏蔽设计

(1) 屏蔽体设计情况

辐照室一楼辐照厅内部拟设置进口迷道及倒“T”型迷道墙，室内呈镜像双“弓”型环形通道，弓型南侧中间位置（扫描孔正下方）为加速器出束辐射区。辐照厅各墙体及迷道墙均为混凝土(密度为 2.35g/cm^3 ，下同)结构，辐照厅南侧墙体 a1 厚度为 3.0m，东侧墙体 e1 厚度为 2.0m~2.6m，西侧墙体 b1 厚度为 2.7m，辐照厅顶厚度为 1.0m(局部厚度 0.3m)；迷道内墙 g1 厚度为 2.6m~3.9m、迷道中墙 f1 厚度为 1.4m，迷道外墙 h1 厚度为 0.5m，迷道入口东墙处的 d1 为 0.3m，迷道入口西墙 c1 为 0.3m，辐照厅内束下装置（传送带）为不锈钢材质；辐照厅出入口设置人员出入口拟设为普通铁门。

二楼主机室内部拟设置迷道及“Z”型迷道墙，各墙体及迷道墙均为混凝土结构，主机室南侧墙体 a2 厚度为 2.4m，北侧墙体 c2 厚度为 2.4m，东侧墙体 h2 厚度为 0.3m~0.7m，西侧墙体 b2 厚度为 2.2m，主机室顶棚的厚度为 1.5m；迷道内墙 e2 厚度为 1.4m~1.8m，迷道外墙 g2 厚度为 0.6m，迷道北墙 d2 厚度为 1.4m~4.1m，迷道入口南墙 f2 厚度为 0.6m，主机室防护门辐射防护设计为普通铁门。

本项目辐照室屏蔽防护方案表 10.2-2，见图 10.2-1~图 10.2-4。

续表 10 辐射安全与防护

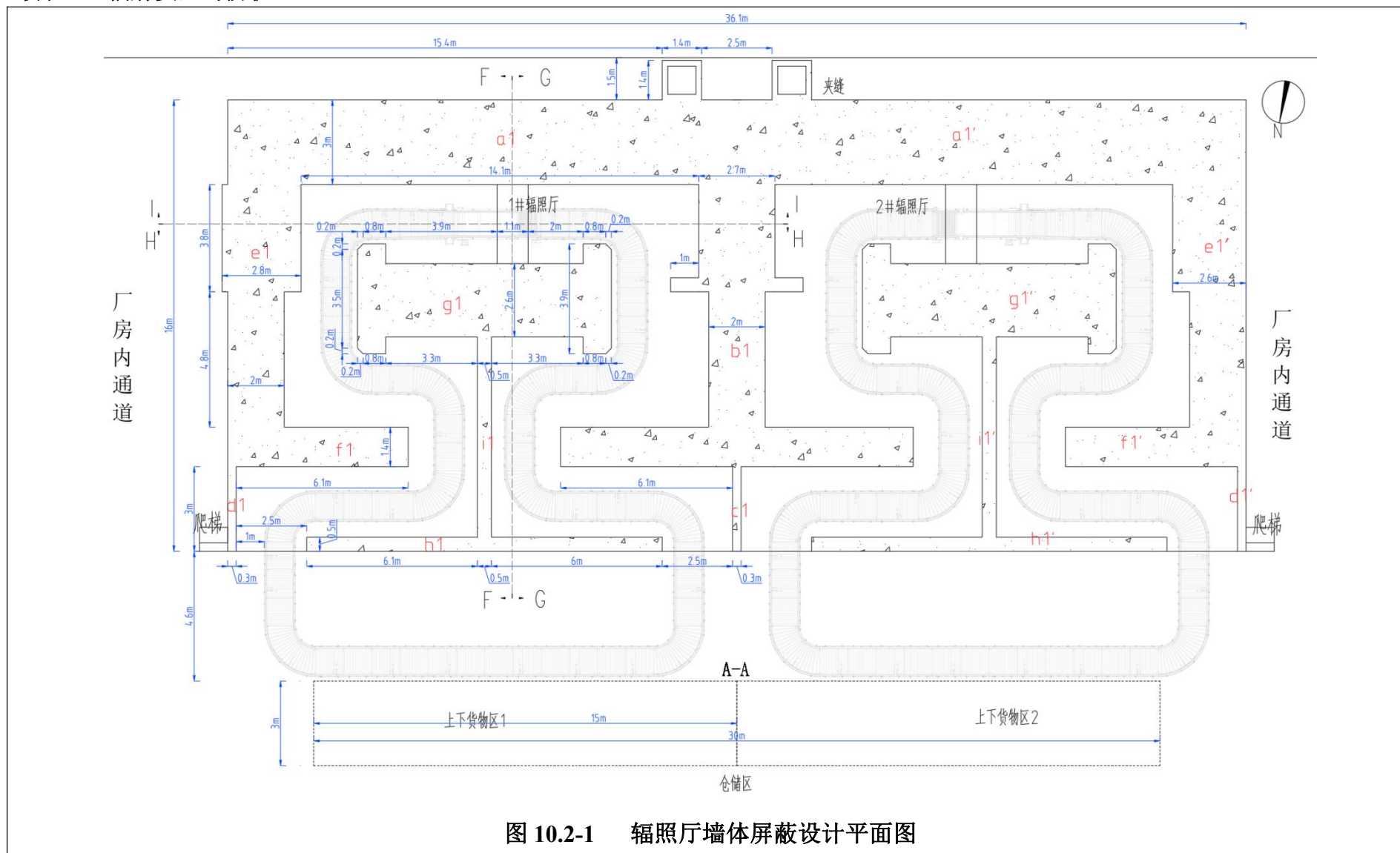


图 10.2-1 辐照厅墙体屏蔽设计平面图

续表 10 辐射安全与防护

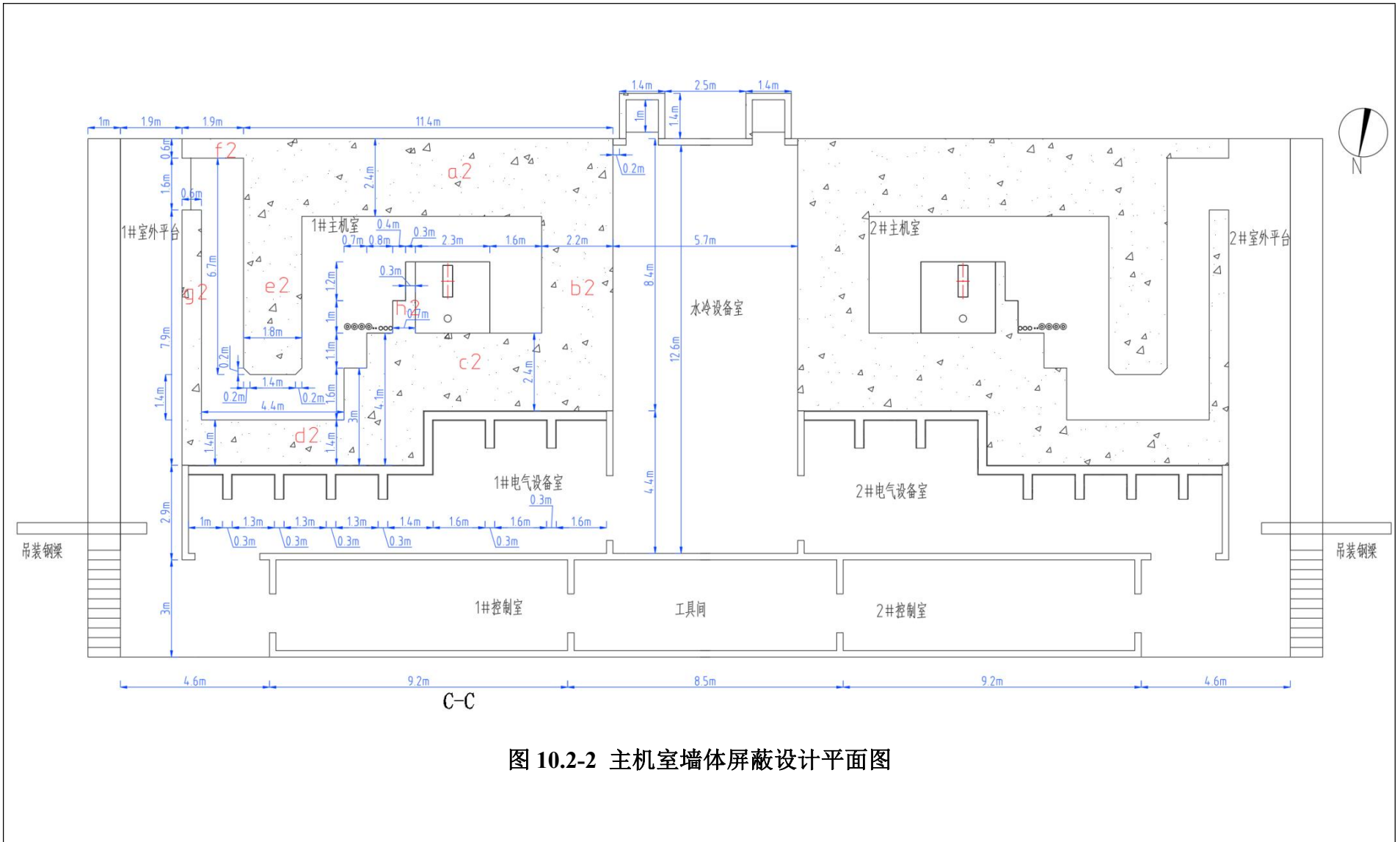


图 10.2-2 主机室墙体屏蔽设计平面图

续表 10 辐射安全与防护

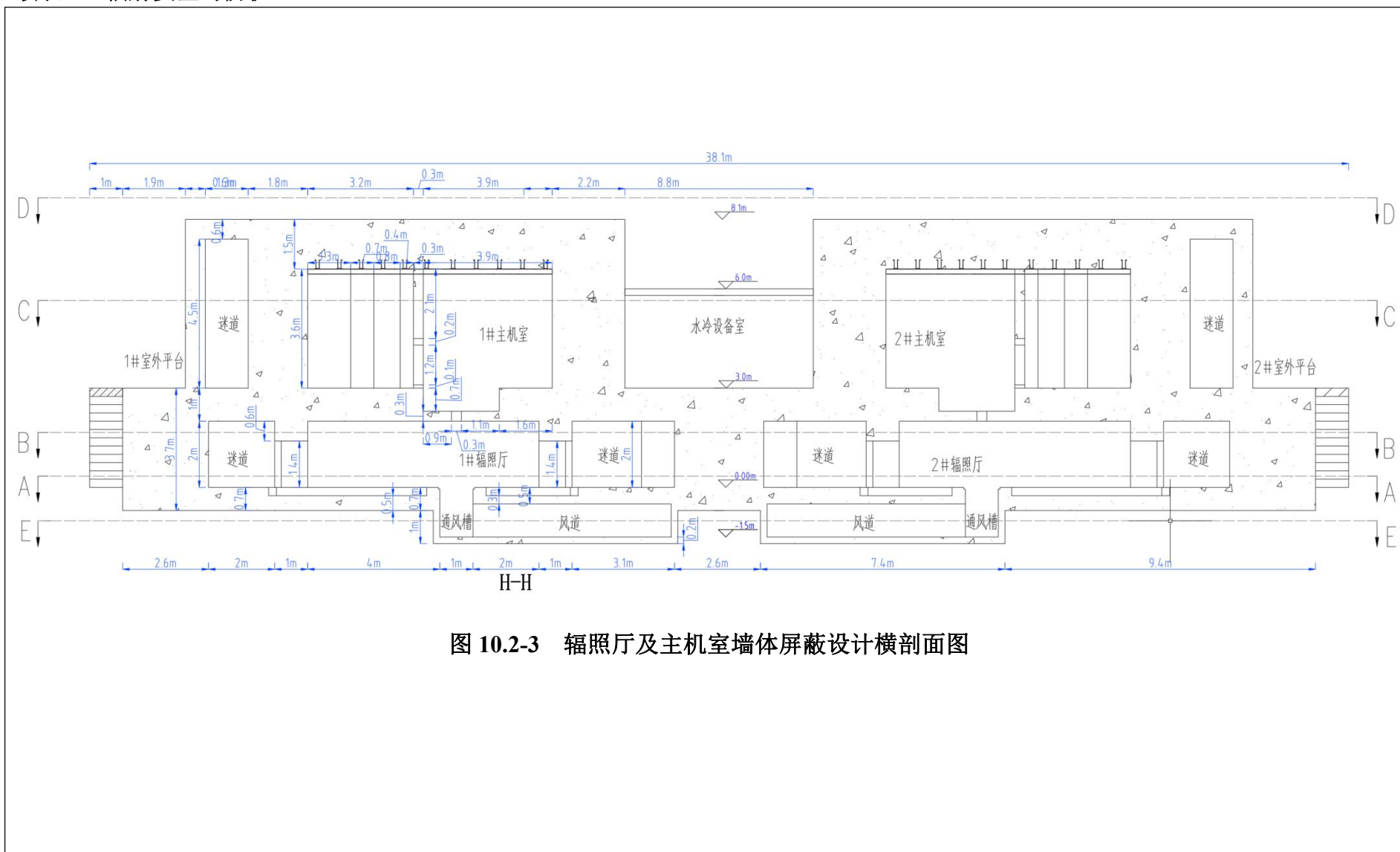
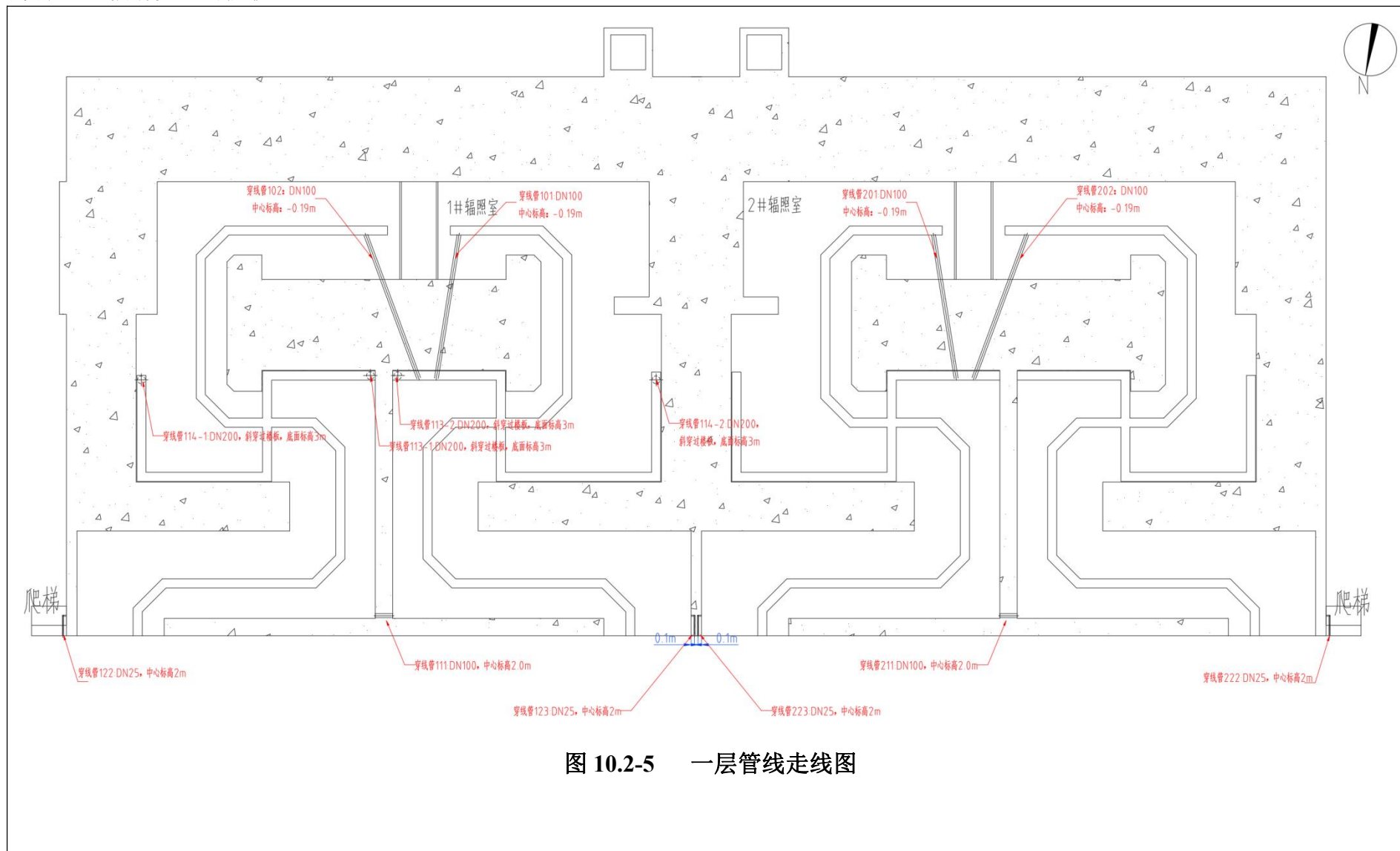


图 10.2-3 辐照厅及主机室墙体屏蔽设计横剖面图

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

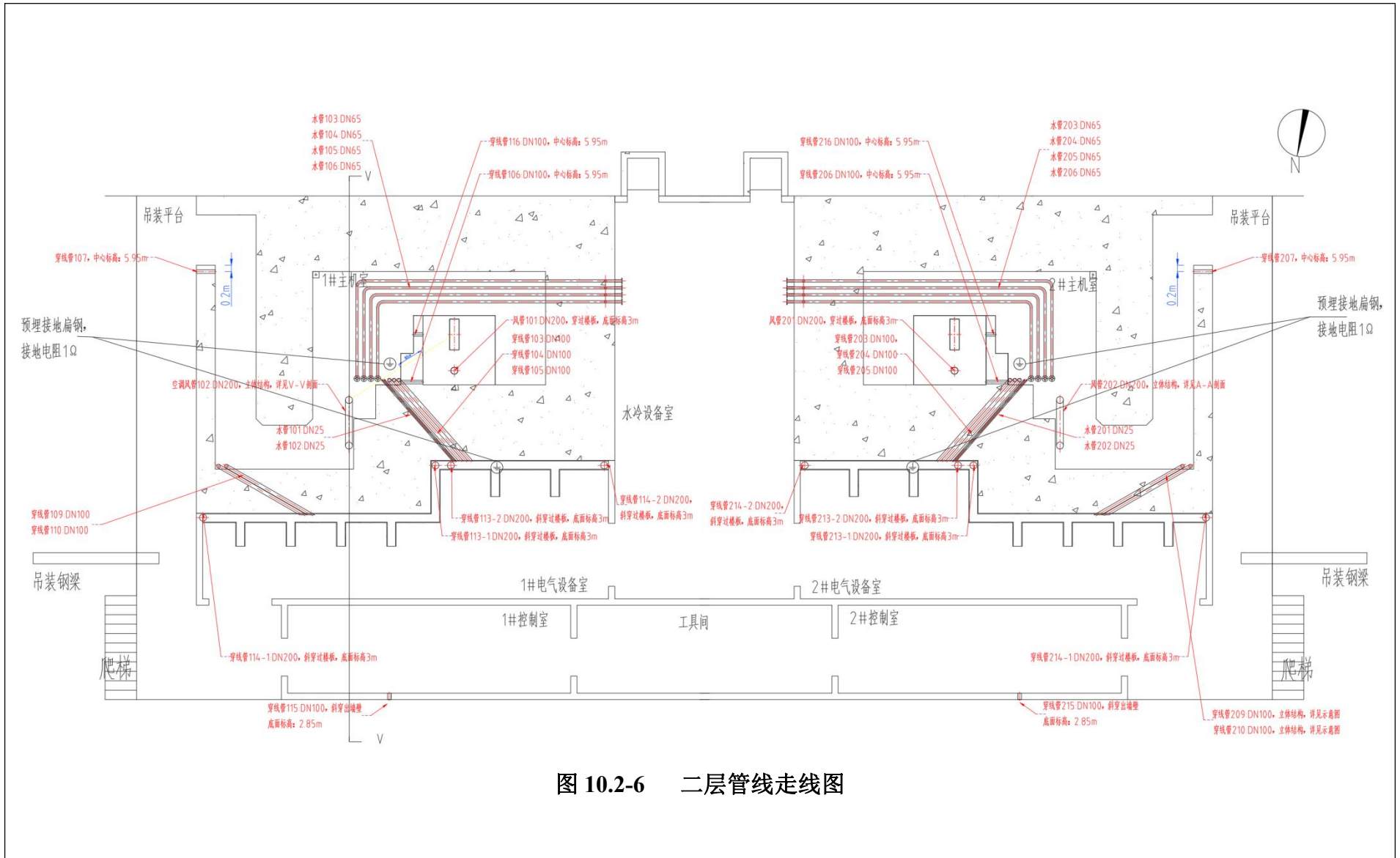


图 10.2-6 二层管线走线图

续表 10 辐射安全与防护

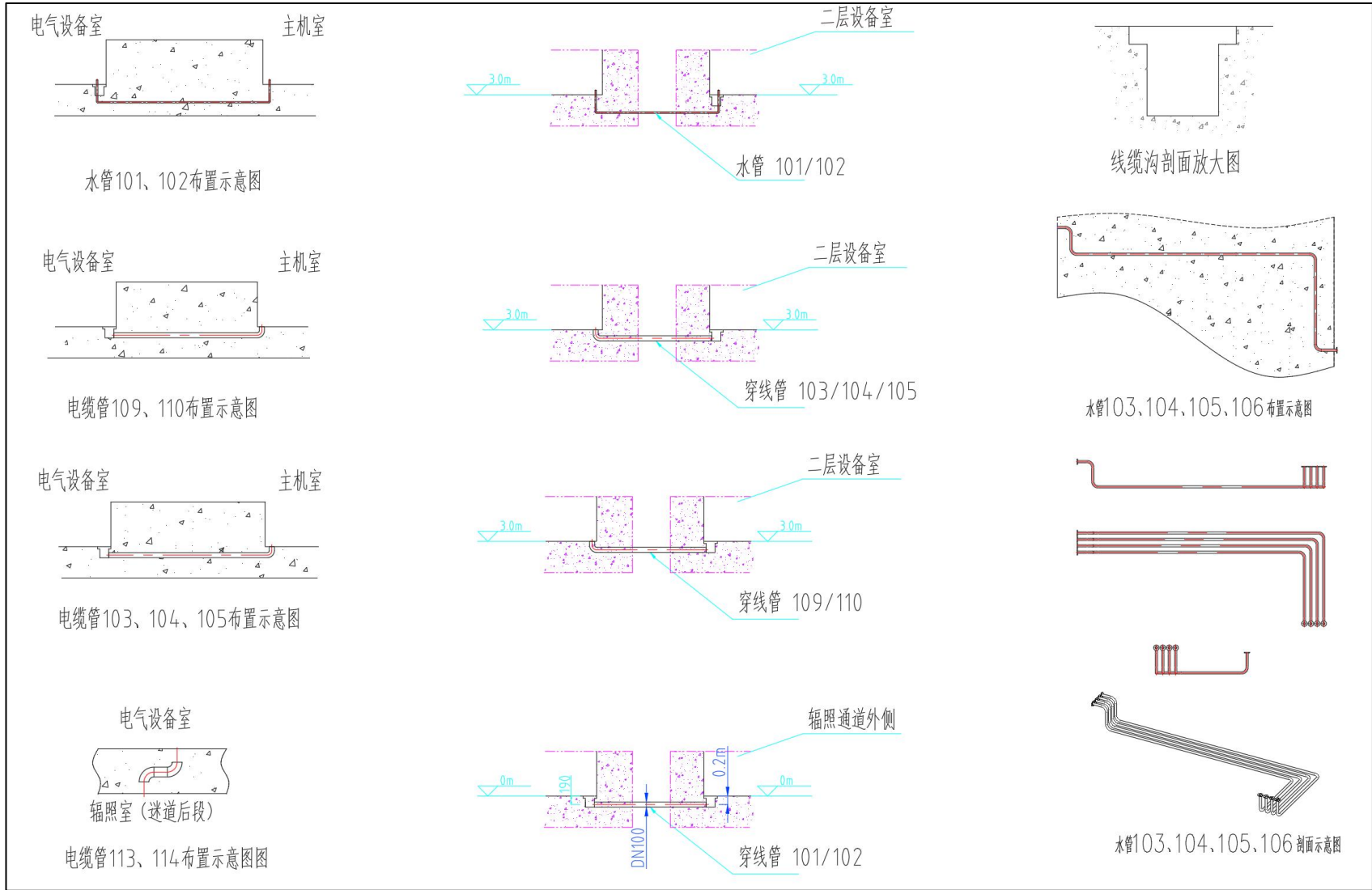


图 10.2-7 电缆管、水管大样图

续表 10 辐射安全与防护

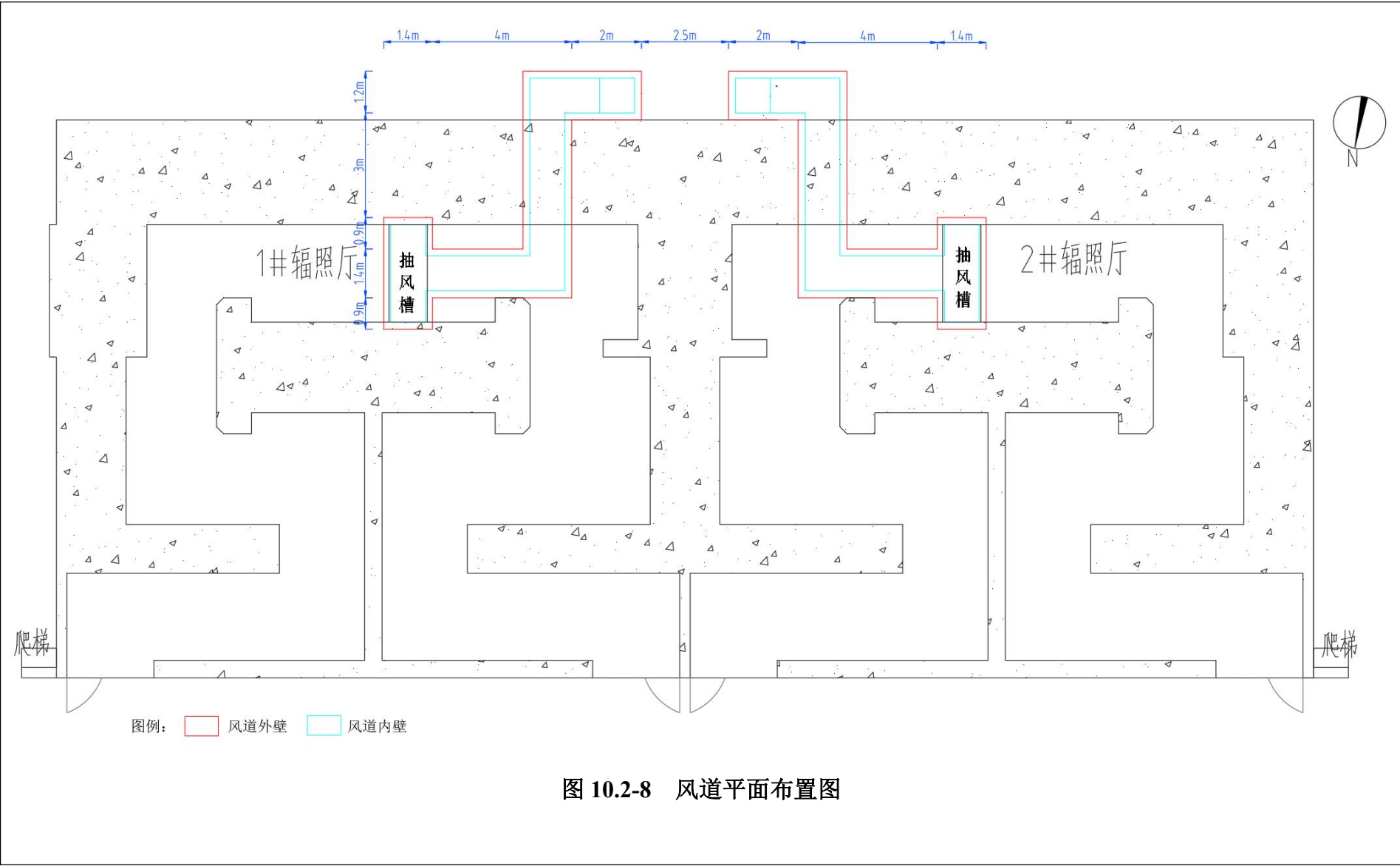


图 10.2-8 风道平面布置图

续表 10 辐射安全与防护

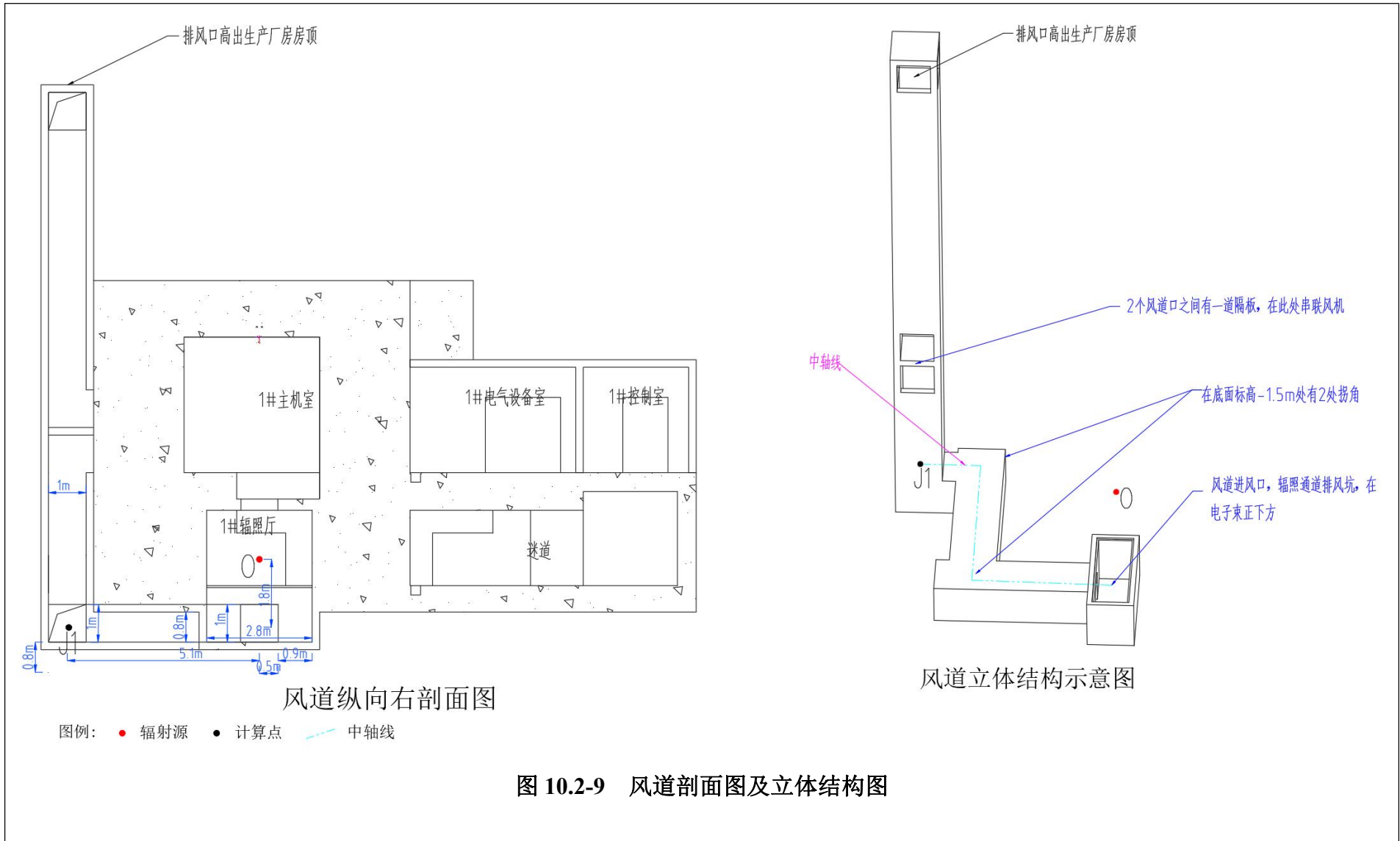


图 10.2-9 风道剖面图及立体结构图

续表 10 辐射安全与防护

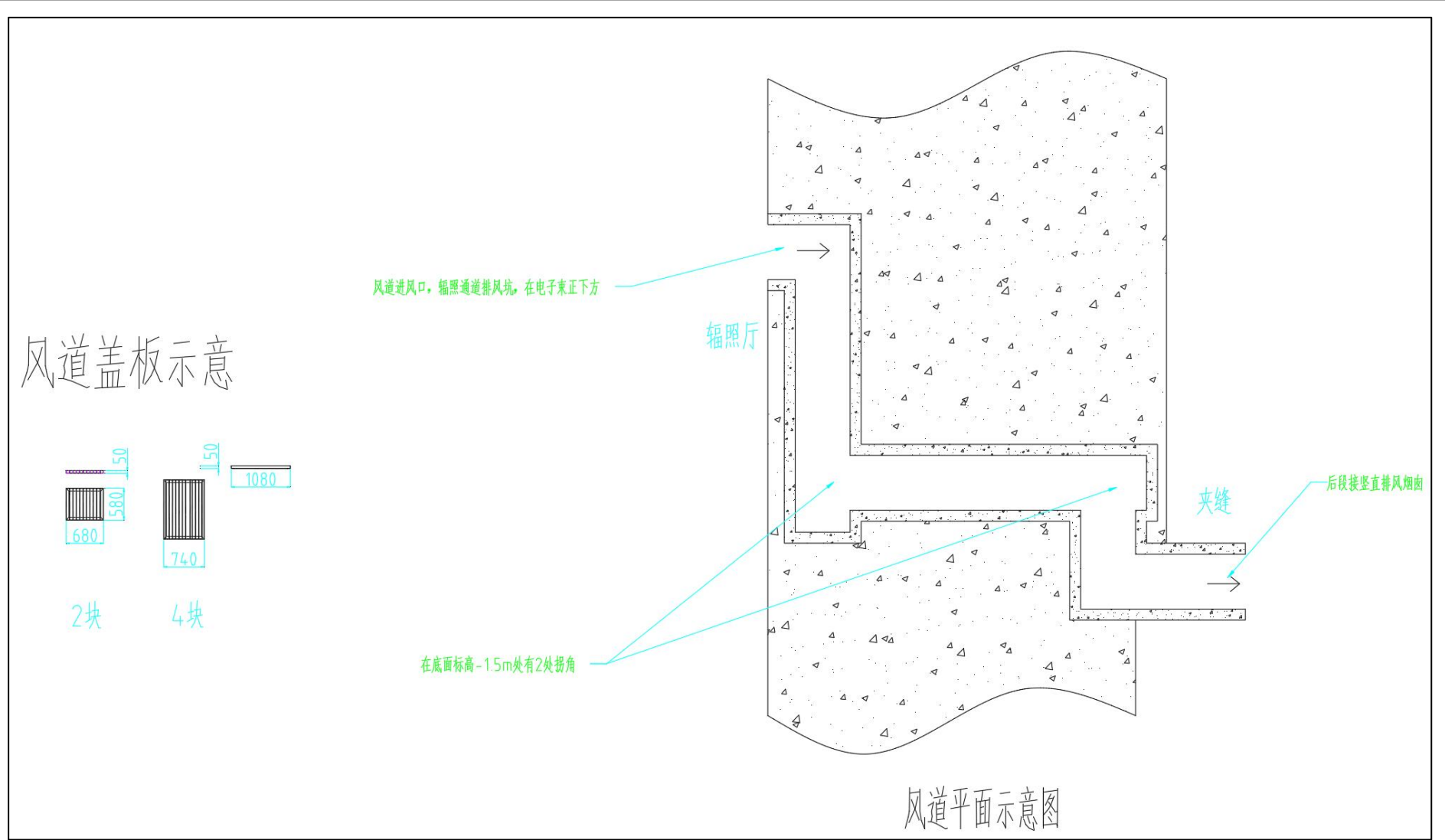


图 10.2-10 风道平面大样图

续表 10 辐射安全与防护

10.2.3 安全联锁及紧急停机等防护措施

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。

本项目辐照安全分系统从加速器设备、货物、人员及环境安全各个方面综合考虑并按照安全规程设计，安全联锁装置全面可靠，只有当所有的分系统及安全联锁系统就绪，并且系统所需高压条件满足以后，加速器才能出束。辐射安全与防护设施布置见图 10.3-1、图 10.3-2。

1) 钥匙控制：加速器的主控钥匙开关与辐照厅门和主机室门联锁。如从控制台上取出钥匙，加速器立即自动停机；该钥匙与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由运行值班长使用，必须拔出钥匙后，才能打开辐照厅门和主机室门。

2) 门机联锁：辐照厅门及主机室门与束流控制和加速器高压联锁。辐照厅及主机室门被打开时，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。

3) 束下装置联锁：电子加速器的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置与加速器设联锁保护，当束下装置因故偏离正常运行状态或停止运行时，通过联锁电路加速器立即自动停机，停止出束。

4) 信号警示装置：辐照厅及主机室通道门出入口及内部设置辐照设置灯光和音响警示信号，用于开机前对辐照厅及主机室内人员的警示。在进出口上方悬挂“开机、关机、准备”工作状态显示器，工作状态显示器与电子加速器联锁。本项目每座辐照厅室内设置 2 套设置灯光和音响警示装置，室外设置 1 套灯光和音响警示装置；每座主机室内外各设置 1 套灯光和音响警示装置；每间电气设备室设置 1 套灯光和音响警示装置。

5) 巡检按钮：辐照厅和主机室内设置“巡检按钮”，并与控制台连锁。加速器开机前，操作人员进入辐照厅及主机室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。只有每个巡检按钮分别被按下和拨起，安全联锁系统才能被建立。本项目每座辐照厅设置 6 个巡检

续表 10 辐射安全与防护

按钮，每座主机室内设置 5 个巡检按钮。

6) 防人误入装置：每座辐照厅在迷道出入口各设连续 3 道行人检测光电装置，辐照通道内部设 2 道行人检测光电装置；每座主机室的迷道内设连续 3 道行人检测光电装置。当有人要经过，这些光电的任意一个被触发，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即自动停机，停止出束。

7) 急停装置：在操作室操作台上、辐照厅进门口处分别设 1 个急停按钮；在辐照厅迷道出入口、主机室迷道入口各设置 1 套急停拉线开关，拉线开关的拉线沿内部墙体围绕一圈布置，在辐照厅和主机室内的任何位置均可以立即拉动拉线开关。这些急停设备一旦触发，加速器和传输系统的主回路将被切断。

8) 开门机构：人员通道门为普通防火门，从外面必须用钥匙打开，内部门把手高亮指示，从内向外开门不需要钥匙，可直接推开。

9) 剂量连锁：在辐照厅、主机室的迷道内设固定式辐射检测仪，与辐照厅、主机室门连锁。当辐照厅、主机室内的辐射水平高于辐射检测仪设定的阈值时，门电磁锁将持续吸合，无法开门。每座辐照厅设计剂量探测器及剂量连锁装置 2 台，每座主机室设计剂量探测器及剂量连锁装置 1 台。

10) 通风连锁：辐照厅、主机室通风系统与控制系统连锁，并设置防止空气倒流的截止阀，加速器停机后，只有在风向正确且达到预先设定的时间后方可开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。

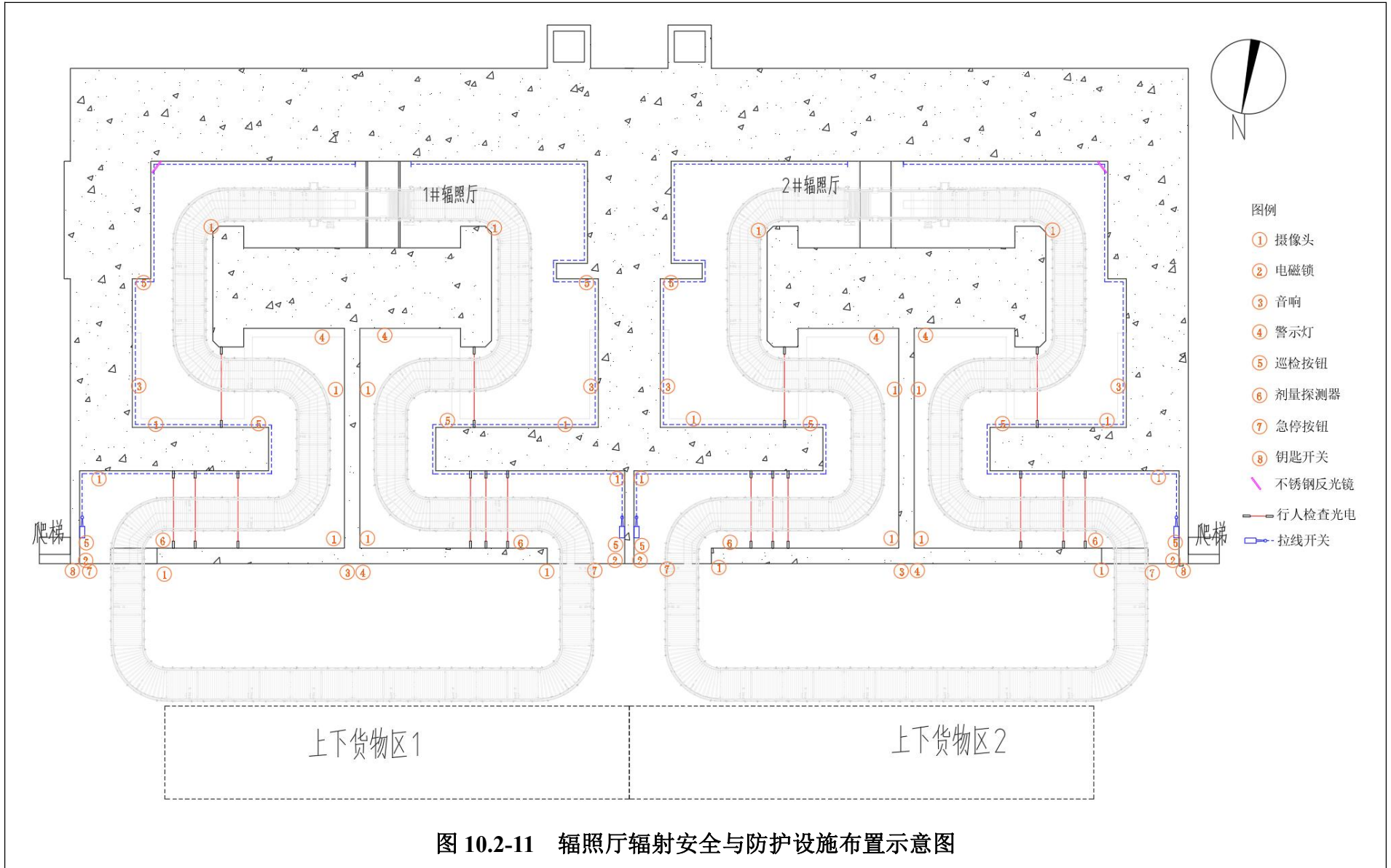
11) 烟雾报警：排风道上拟设置烟雾报警装置，当烟雾被吸入风道时，加速器立即停机，且排风机停止运行。

12) 监控和广播系统：系统配置监控和广播系统对辐照现场进行监视和提示。监视系统可对迷道、加速器室、设备室及传送线周边进行全方位无死角监控；广播系统可对辐照现场进行语音提示。该功能由摄像机、音箱及附属设备等组成。

13) 应急照明：在辐照厅、主机室、迷道及控制室分别设置应急照明，正常电源发生故障时，立即启动应急照明。

14) 其他：各供电系统及相关设备均设置可靠的接地系统；凡有高压危险的部位，均设置高压连锁、高压放电保护装置。

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

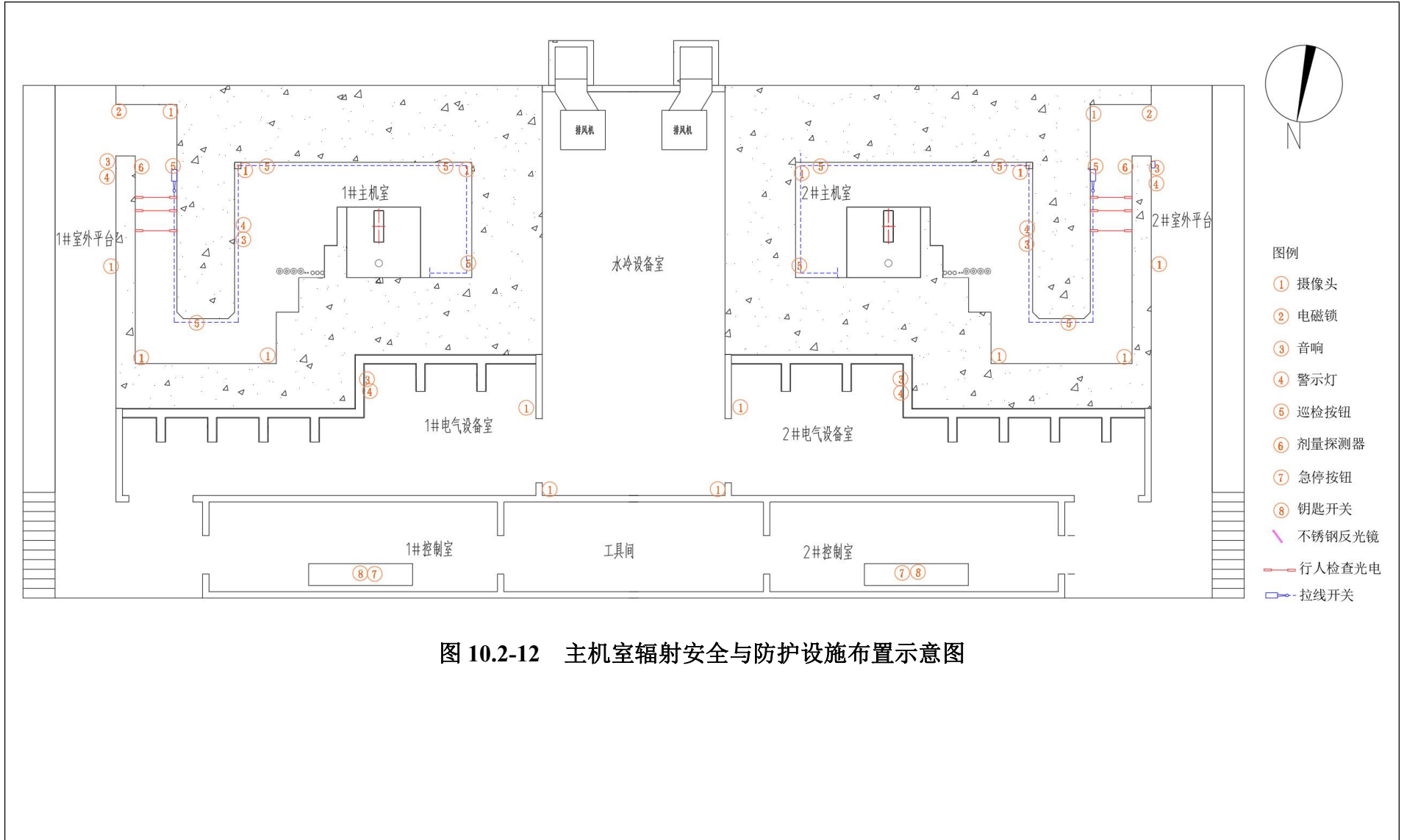


图 10.2-12 主机室辐射安全与防护设施布置示意图

续表 10 辐射安全与防护

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。安全联锁系统见图 10.3-3 所示。

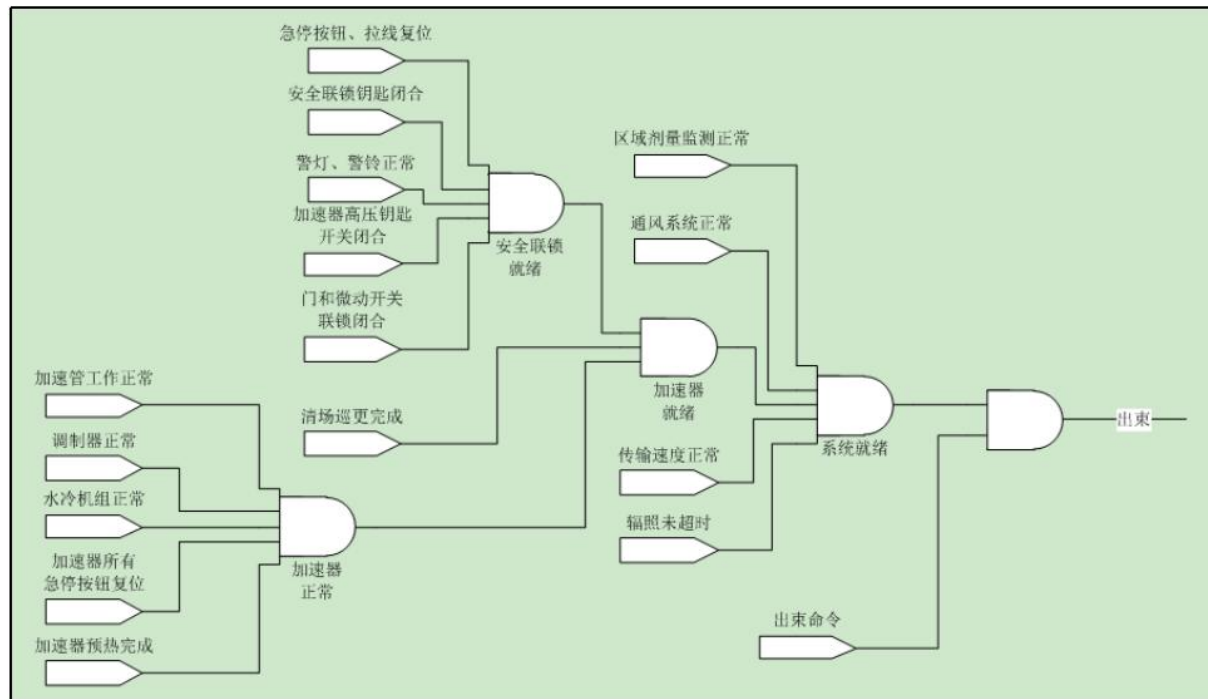


图 10.2-13 安全联锁设施逻辑示意图

注：只有当所有的分系统及安全联锁系统就绪，并且系统所需高压条件满足以后，加速器才能出束，并且可以在界面实时显示。

根据图 10.2-13，加速器自动停止出束的情形：急停信号会直接切断加速器及束下传输系统的总电源，确保辐射、电力、机械都不会伤及人员。钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、巡检、防人误入、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警联锁信号，都是加速器的加高压出束条件，如果某项联锁没有具备，加速器只能处于就绪状态，不能加高压出束，只有当除钥匙联锁以外的所有条件都就绪后，在旋转控制台上的钥匙确认，才可以加高压出束。如果在出束过程中，某一联锁被触发，则加速器会立刻停止出束，回到就绪状态，只有当除钥匙联锁以外的所有条件都就绪后，在旋转控制台上的钥匙确认，才可以加高压出束。如果在出束过程中，某一联锁被触发，则加速器会立刻停止出束，回到就绪状态，只有重新确认所有联锁就绪后再在旋转控制台上的钥匙确认，方可加高压出束。

续表 10 辐射安全与防护

警告标志

辐照厅、主机室通道门外进出口设置电离辐射警告标志。

具体要求如下：①加速器控制台的急停开关按钮位置应醒目；辐照厅及主机室内的拉线开关应设置醒目标识并有中文标识；②电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求（见下图）。



图 10.2-14 电离辐射警告标志示意图

防护器材配备

本项目拟配备工作人员 32 人，其中辐射工作人员 18 人，拟配备个人剂量计 18 个。公司根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款的要求：配备便携式 X- γ 剂量监测仪 2 台，用于工作场所剂量监测；配备个人辐射剂量监测报警仪 4 台（加速器控制台各 1 台，2 台用于人员进入控制区时随身佩戴）。

综上所述，本项目辐照装置安全联锁系统拟按照 GB18871-2002、HJ979-2018 等标准要求的纵深防御、冗余性、多元性、独立性等安全原则进行设计实施，拟设置钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、巡检开关、防人光电、急停装置（拉线开关、急停按钮）、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（风机速率为 14000m³/h、与控制系统联锁），以保证辐照室通风换气及辐照产生的臭氧等有害气体达标排放。

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。

10.3 防护用品及安全措施

续表 10 辐射安全与防护

根据重庆合威辐照技术有限公司提供的资料可知，公司拟配备相关辐射防护用品及采
射防护措施，详见表 10.3-1。

表 10.3-1 拟配备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
拟配备防 护用品	个人剂量报警仪	台	4（加速器控制台各 1 台，2 台用于人员进入控制 区时随身佩戴）
	固定式剂量率报警仪	套	2（设备自带，每套 3 个探头）
	便携式 X- γ 剂量监测仪	台	2（分别与两个控制台钥匙开关联锁）
	个人剂量计	个	18
拟配备防 护措施	辐射警示标识	张	若干
	钥匙开关	个	2（1 个/台加速器）
	巡检按钮	个	22（11 个/台加速器）
	拉线开关	套	6（3 套/台加速器）
	急停按钮	个	6（3 个/台加速器）
	门机联锁开关（电磁锁）	套	6（3 套/台加速器）
	光电开关	道	22（11 套/台加速器）
	声光报警装置	套	12（6 套/台加速器）
	监控摄像头	个	40（20 个/台加速器）
LED 屏	个	2（1 个/台加速器）	
注：			

10.4 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与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10.4-1 所示。

根据表 10.4-1 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。

续表 10 辐射安全与防护

表 10.4-1 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	符合性	
《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ 979-2018)	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。	本项目按照纵深防御、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、巡检开关、防人光电、急停装置（拉线开关和按钮）、固定式辐射监测仪（剂量联锁）、视频监控与辐照信号警示装置，以及通风设施、应急照明、烟雾报警与防火等安全设施与联锁装置；安全联锁引发加速器停机时自动切断高压；安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不设置旁路，并制定维修制度，维修时确保安全，维修后及时恢复原状。	符合
	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厅门联锁。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；	加速器主控制柜钥匙开关与辐照厅和主机室门联锁，钥匙开关唯一，在运行中该钥匙是唯一的且只由运行值班长使用，并妥善保管，离开控制室时，拔下钥匙开关，防止人员误操作。该钥匙与便携式辐射监测报警仪相连，取出钥匙时，加速器自动停机。	符合
		(2) 门机联锁。辐照厅和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照厅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；	辐照厅与主机室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照厅与主机室门打开时，加速器不能开机。人员和货物通道门采用限位开关与电磁锁装置，加速器运行时电磁锁会产生强大吸力达到锁门的效果，若加速器运行中门被强行打开则加速器自动停机。	符合
		(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；	电子加速器的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置与加速器设联锁保护，当束下停止或故障后，通过联锁电路立即停止出束，或当设定的产品剂量超出一定的误差范围，立即停止出束。	符合
		(4) 信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照厅内人员的警示。主机室和辐照厅出入口设置工作状态指示装置，并	在辐照厅、主机室出入口及内部均设置声光报警装置，巡检启动时，通过语音告知室内人员离开，工作状态显示器与电子加速器联锁。	符合

续表 10 辐射安全与防护

	与电子加速器辐照装置联锁；		
	(5) 巡检按钮。主机室和辐照厅内应设置“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厅按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	辐照厅与主机室设置巡检系统，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入辐照厅与主机室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	符合
	(6) 防人误入装置。在主机室和辐照厅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；	每座辐照厅的辐照通道出入口内侧分别设连续 3 道行人检测光电装置，辐照通道内部设 2 道行人检测光电装置；主机室的迷道内设连续 3 道行人检测光电装置。有人员经过时，安全联锁系统动作，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机。	符合
	(7) 急停装置。在控制台上和主机室、辐照厅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。辐照厅及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照厅内还应设置开门机构，以便人员离开控制区；	在操作室操作台上、辐照厅进门口处分别设 1 个急停按钮；在辐照厅迷道出入口、主机室迷道入口各设置 1 套急停拉线开关，拉线开关的拉线沿内部墙体围绕一圈布置，在辐照厅和主机室内的任何位置均可以立即拉动拉线开关。这些急停设备一旦触发，加速器和传输系统的主回路将被切断。	符合
	(8) 剂量联锁。在辐照厅和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照厅和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照厅内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照厅门无法打开；	拟在辐照厅内迷道出入口与主机室内迷道口各安装 1 个固定式剂量报警仪探头，均与入口门联等锁，到达设定阈值后，主机室和辐照厅门无法打开。	符合
	(9) 通风联锁。主机室、辐照厅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；	辐照厅、主机室通风系统与控制系统联锁，并设置防止空气倒流的截止阀，加速器停机后，只有在风向正确且达到预先设定的时间后方可开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。	符合
	(10) 烟雾报警。辐照厅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。	辐照厅风机出口烟管上安装有烟雾报警器，发生火灾时，加速器立即停机，并停止通风。	符合
6.3.1 电气 系统	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。	辐照加工厂房整体供电按照厂家提供要求进行设计。	符合
	主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。	项目主机室、辐照厅和控制室均拟设置应急照明系统。	符合
	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，接地系统的接地电阻测试点为加速器主机的专用	符合

续表 10 辐射安全与防护

			接地点。	
		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。	符合
6.3.2 给水系统		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。	本项目辐照加工厂房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。	符合
		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。	本项目辐照加工厂房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。	符合
6.3.3 通风系统		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，室内有害气体引致厂房屋顶排放，经大气扩散排放。	符合
		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。	辐照室内排风口拟设置在扫描窗下方位置，满足要求。	符合
		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。	废气经辐照厅抽风槽引至排风管道内，最终引至 15m 高的排气筒高空排放。	符合
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。	辐照室墙体采用混凝土材料，辐照厅和主机室的耐火等级为二级，风机出口烟管上安装有烟雾报警器，厂房内配备消防栓、灭火器等灭火设施。	符合
7.1 装置的维护与维修		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。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。	拟在项目建成运行前制定加速器检修制度，定期对设备进行检测和维护。	符合
《辐 射加 工用 电子 防护 安全	8.1.3	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 ；	本项目辐照室墙体拟采用标准混凝土浇筑，强度不低于 C20，密度不低于 2.35g/cm ³ 。	符合
		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；	辐照加工厂房的屏蔽结构及预埋件按照设备供应商提供的土建工艺指导数据进行设计。	符合

续表 10 辐射安全与防护

加速 器工 程通 用规 范》 GB/ T253 06-2 010	要求	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；	根据后文核算，建设单位按环评要求增加墙体厚度后，辐照加工厂房周围剂量当量率和工作人员、公众年受照剂量均满足标准规定的要求。	符合
		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；	辐照厅及主机室拟设置门机联锁、急停开关、监控等安全装置。	符合
		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；	辐照厅出入口、主机室入口处拟设置加速器工作状态灯光信号和电离辐射警示标志。	符合
		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。	符合

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

(1) 水环境影响分析

本项目施工期废水主要为少量施工废水和施工人员的生活污水，施工期较短且施工量小，施工废水经沉淀池沉淀后，回用于场地洒水降尘，不外排；施工人员产生的少量生活污水经施工场地内设置的简易生化池处理后，排入园区管网，废水对周围环境影响较小。

(2) 大气环境影响分析

施工期的主要大气污染物为施工扬尘。包括场地平整、地基开挖、混凝土浇筑等作业，另外机械和车辆运输作业时将排放废气和扬尘。项目采用洒水（每天 4~5 次）、设置污水沉淀池对进出车间进行清洗等措施，采取以上措施后，施工期对大气环境影响较小。

(3) 声环境影响分析

施工期噪声主要为施工机械噪声，如挖土机、振捣器、电钻及运载车辆等。采取合理安排施工时间，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，选择低噪声设备和工艺等措施，本项目周边 50m 范围内无声环境保护目标，采取上述措施后，施工期对声环境影响小。

(4) 固体废物

厂房及综合楼等建设过程中基础开挖产生的挖方就地平整，少量弃方运至园区指定弃土场，建筑垃圾运至合法的建筑垃圾消纳场处置，少量生活垃圾由市政环卫部门收运处理，固体废物均能得到妥善处置，对周围环境影响小。

综上所述，本项目施工范围位于工业园区范围内，周围环境保护目标少，项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失，环境可以接受。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 可知，电子辐照加速器运行中电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X 射线），X 射线是电子加速器辐照装置辐射防护中的主要辐射源，电子束影响较小。

11.2.1 电子束环境影响分析

续表 11 环境影响分析

根据《辐射防护技术与管理》（第一卷）（P123）可知，电子在物质中的最大射程采用如下公式计算：

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

式中：

d—— β 射线射程，cm；

ρ ——屏蔽材料密度，g/cm³；

$E_{\beta\max}$ —— β 粒子最大能量，MeV。

本项目加速器电子束最大为 10MeV，采用强度不低于 C20 型混凝土进行建设防护，混凝土密度约为 2.35g/cm³。经上式计算，本项目加速器电子在钢筋混凝土中最大穿透厚度约为 2.13cm。本项目辐照厅（不含迷道）四周墙体最小厚度 0.26m，二层主机室（不含迷道）四周墙体最小厚度 2.2m，远超过电子射程，完全可屏蔽 10MeV 电子，因此，电子对机房外的环境影响可忽略不计。

11.2.2 X 射线辐射环境影响分析

本项目拟建的电子加速器最大电子束能量为 10MeV，最大电子束流强度为 2mA，最大功率为 20kW。由于项目 2 座辐照室结构、平面布置及防护设计均相同，因此，本次以其中 1 座辐照室（1#）为例进行计算，分析其辐射环境影响，并考虑 2 台加速器同时运行时的叠加影响。

本项目辐照室分为二层，加速器安装在二楼主机室内，电子束通过加速管引向一楼的辐照厅内。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。

一层辐照厅屏蔽墙体外辐射环境受韧致辐射初级 X 射线和一次散射 X 射线影响，由于韧致辐射初级 X 射线一次散射 X 射线能量为 0.5MeV，因此屏蔽墙体外辐射环境主要考虑初级 X 射线，忽略一次散射 X 射线的影响。辐照厅迷道口的辐射防护屏蔽评价考虑初级 X 射线贯穿屏蔽墙体后的透射以及经迷道多次散射后到达迷道口的散射线的叠加影响。

二层主机室室内的辐射场由三部分叠加：一层辐照厅内与入射电子束约成 120° 至

续表 11 环境影响分析

180° 方向的韧致辐射初级 X 射线，经辐照厅屋顶（主机室地板）不完全屏蔽的贯穿辐射场；一楼辐照厅内的 0° 方向上产生的韧致辐射初级 X 射线，经地面 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主机室内形成的散射辐射场；尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与钢桶作用产生的束流损失辐射场。由于沿与电子束入射方向成 180° 方向的次级 X 射线能量较低，且会受到加速器底部钢桶屏蔽，因此为简化计算，二楼主机室辐射防护屏蔽评价仅考虑辐照室室内的贯穿辐射场和束流损失辐射场。

与一层辐照厅相同，二层主机室屏蔽墙体处防护评价考虑贯穿辐射场和束流损失辐射场的透射叠加影响，迷道口处防护评价考虑贯穿辐射场、束流损失辐射场的透射以及经迷道多次散射后到达迷道口的散射线。

电子加速器运行时，电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X 射线），X 射线是电子加速器运行过程中的主要辐射源。电子加速器运行时，电子束出束方向朝下，在辐照室内电子束可能轰击的物质有 2 种：①电子扫描器下方的辐照产品传输装置（不锈钢材料）；②辐照产品：主要为食品果蔬、医用卫生用品等。不同能量电子束轰击不同物料时，其韧致辐射（X 射线）发射率不同。对同一种靶材料，不同方向上韧致 X 射线的发射率也不相同。本项目被轰击物质中不锈钢 Z 值最大，X 射线发射率最高，因此本节保守选取以不锈钢为轰击靶，来进行辐射防护评价。

1、辐射厅四周墙体直射 X 射线屏蔽计算

本项目高能电子加速器出束方向均朝下，出束过程中会产生韧致辐射（X 射线），由于辐照厅位于一层，且无地下室，底部剂量率不再考虑，主要分析与电子束发射方向成某角度的韧致辐射（X 射线）通过直射方式对周围环境的影响。

（1）计算公式

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中公式 A-1、A-2、A-3 和 A-4 可以推导得出本次计算相关公式如下：

X 射线透射至墙外参考点处当量剂量率：

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

续表 11 环境影响分析

式中：

H_M —屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

d —X 源与参考点的距离， m ；

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

D_{10} —辐射源距离标准参考点 1m 远处的吸收剂量率， Gy/h 。

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad \text{公式 (11-3)}$$

式中：

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

I —电力束流强度 (mA)；

f_e —X射线发射率修正系数；

B_x —屏蔽墙对 X 射线的透射系数，计算方法为：

$$B = 10^{-n} \quad \text{公式 (11-4)}$$

计算屏蔽体厚度，可以保守的估算为：

$$S = T_1 + (n - 1)T_e \quad \text{公式 (11-5)}$$

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。

(2) 参数选取

① 辐照厅

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, 10MeV 电子束入射到高 Z 厚靶材料上侧向 90° 距靶点 1m 处的韧致辐射 X 射线发射率为 $13.5\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，前向 0° 距靶点 1m 处的韧致辐射 X 射线发射率为 $450\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

续表 11 环境影响分析

加速器运行时，电子束照射方向朝下，当被辐照的靶材料为“铁、铜”时，90 度方向上修正系数为 0.5，0 度方向上修正系数为 0.7；当被辐照材料为“铝、混凝土”时，90 度方向上的修正系数为 0.3。本项目辐照的物品种类较多，射线的方向角也存在多样性（即影响修正因子取值的参量不确定），因此，本评价保守考虑 90 度方向 X 射线发射率修正因子均取 0.5，0 度方向上修正系数为 0.7。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.4，10MeV 电子在侧向 90° 屏蔽能量取相应等效能量为 6MeV；根据附录 A 表 A.2 和表 A.3：入射光子能量为 6MeV，对应的混凝土的 T1 和 Te 值分别为 T1=34.22cm、Te=34.22cm。

根据公式 11-3 可计算出本项目 10MeV 电子束 90°方向距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点吸收剂量率为 810Gy/h，0°方向距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点吸收剂量率为 37800Gy/h。

②主机室

根据设计资料，本项目加速器束流损失为 5%（即电子束流强度为 0.1mA），主机室束流损失点的能量为 3MeV。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.1，3MeV 电子束入射到高 Z 厚靶材料上侧向 90°距靶点 1m 处的韧致辐射 X 射线发射率为 3.2Gy·m² /（mA·min）。

加速器运行时，电子束照射方向朝下，束流损失的电子束可能轰击的物质有不锈钢材料、辐照室混凝土地面等，上述几种物质不锈钢 Z 值最大，X 射线发射率最高，本项目保守考虑，90° 方向的修正系数为 0.5，则加速器损失束流强度为 0.1mA，根据公式 11-3 计算，辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 D₁₀（90°）为 9.6Gy/h。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.4，3MeV 电子在侧向 90° 屏蔽能量取相应等效能量为 1.9MeV；根据附录 A 表 A.2 和表 A.3：入射光子能量为 1.9MeV，混凝土的 T1 和 Te 值分别为 T1=21.76cm、Te=19.74cm。

综上所述，本项目辐照室相关计算参数见表 11.2-1。

表 11.2-1 X 射线照射时相关参数

设备参数	10MeV/20kW/2mA		来源
	辐照厅	主机室	建设单位拟定
侧向 90°X 射线发射率 Q（Gy·m ² ）	13.5	3.2	HJ979-2018

续表 11 环境影响分析

/mA.min)			
90° X 射线发射率修正系数	0.5	0.5	HJ979-2018
90° 等效入射电子能量	6MeV	1.9MeV	HJ979-2018
90°方向距靶 1m 处的吸收剂量率 D_{10}	810Gy/h	9.6Gy/h	计算
前向 0°X 射线发射率 Q (Gy·m ² /mA.min)	450	/	/
0° X 射线发射率修正系数	0.7	/	/
0° 入射电子能量	10MeV	/	/
0°方向距靶 1m 处的吸收剂量率 D_{10}	37800Gy/h	/	/
混凝土什值层 (TVL) cm	6MeVT ₁ : 34.22 10MeVT ₁ : 41	T ₁ : 21.76	HJ979-2018
	6MeVT _e : 34.22 10MeVT _e : 38.6	T _e : 19.74	

备注：入射电子能量的十值层厚度根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A 中表 A.2 和表 A.3 内插法计算得出。

(3) 计算结果

由于本项目两座辐照室距离较近，各关注点需同时考虑两台加速器的叠加影响；由于辐照厅和主机室的源强差异大（辐照厅 90° 方向距靶 1m 处的吸收剂量率 810Gy/h，等效入射电子能量 6MeV；主机室 90° 方向距靶 1m 处的吸收剂量率 9.6Gy/h，等效入射电子能量 1.9MeV），主机室对辐照厅外的各关注点的贡献值与辐照厅的影响值相比可忽略不计，故本评价不考虑 2F 主机室对 1F 辐照厅外各关注点的影响，而考虑 1F 辐照厅对 2F 主机室外各关注点贡献影响。

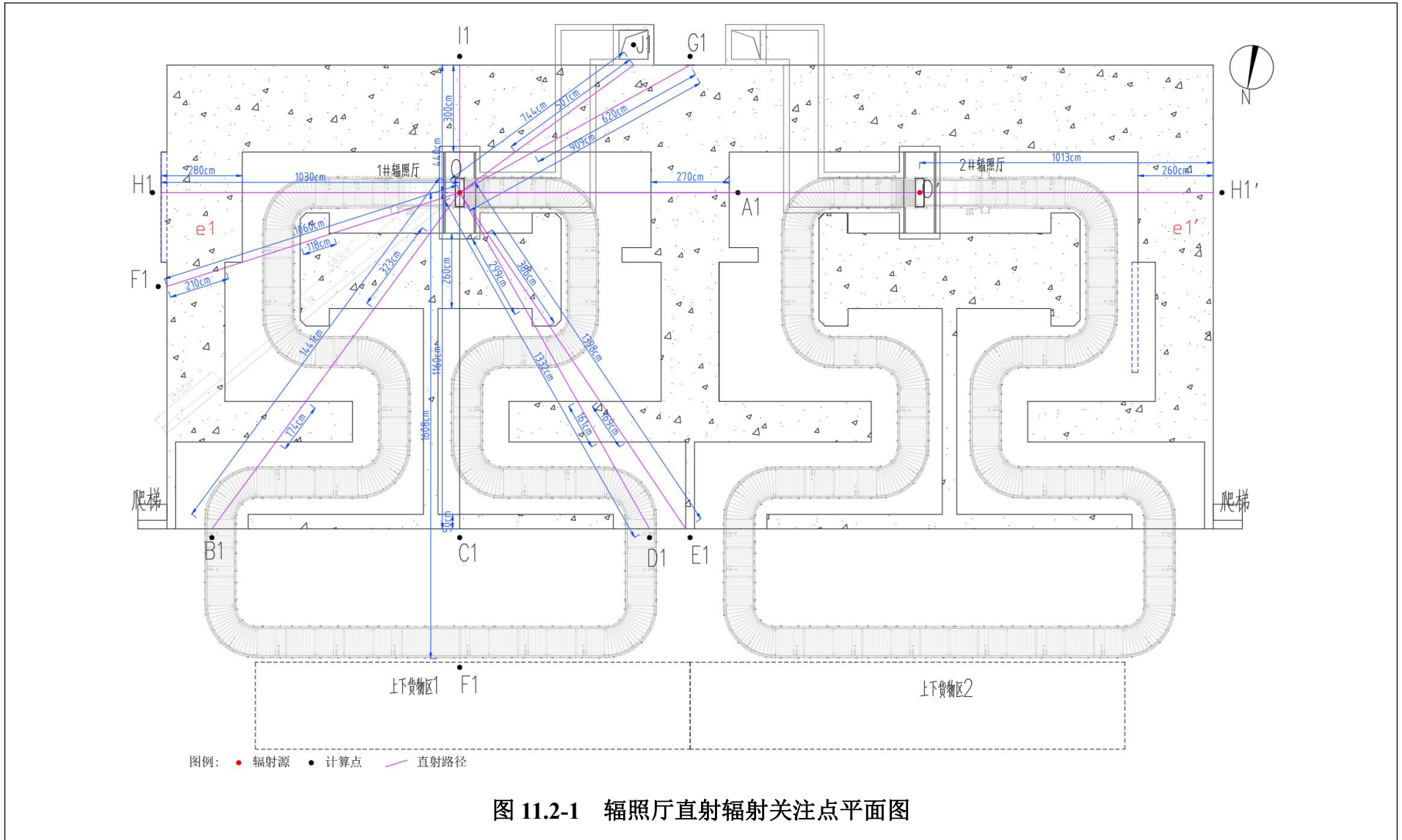
①辐照厅

辐照厅关注点示意图见图 11.2-1~图 11.2-3，辐照厅辐射关注点处的剂量率估算结果见表 11.2-2。

②电子加速器主机室屏蔽计算

主机室束流损失辐射关注点示意图见图 11.2-4，辐射关注点处的剂量率估算结果见表 11.2-3。

续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析

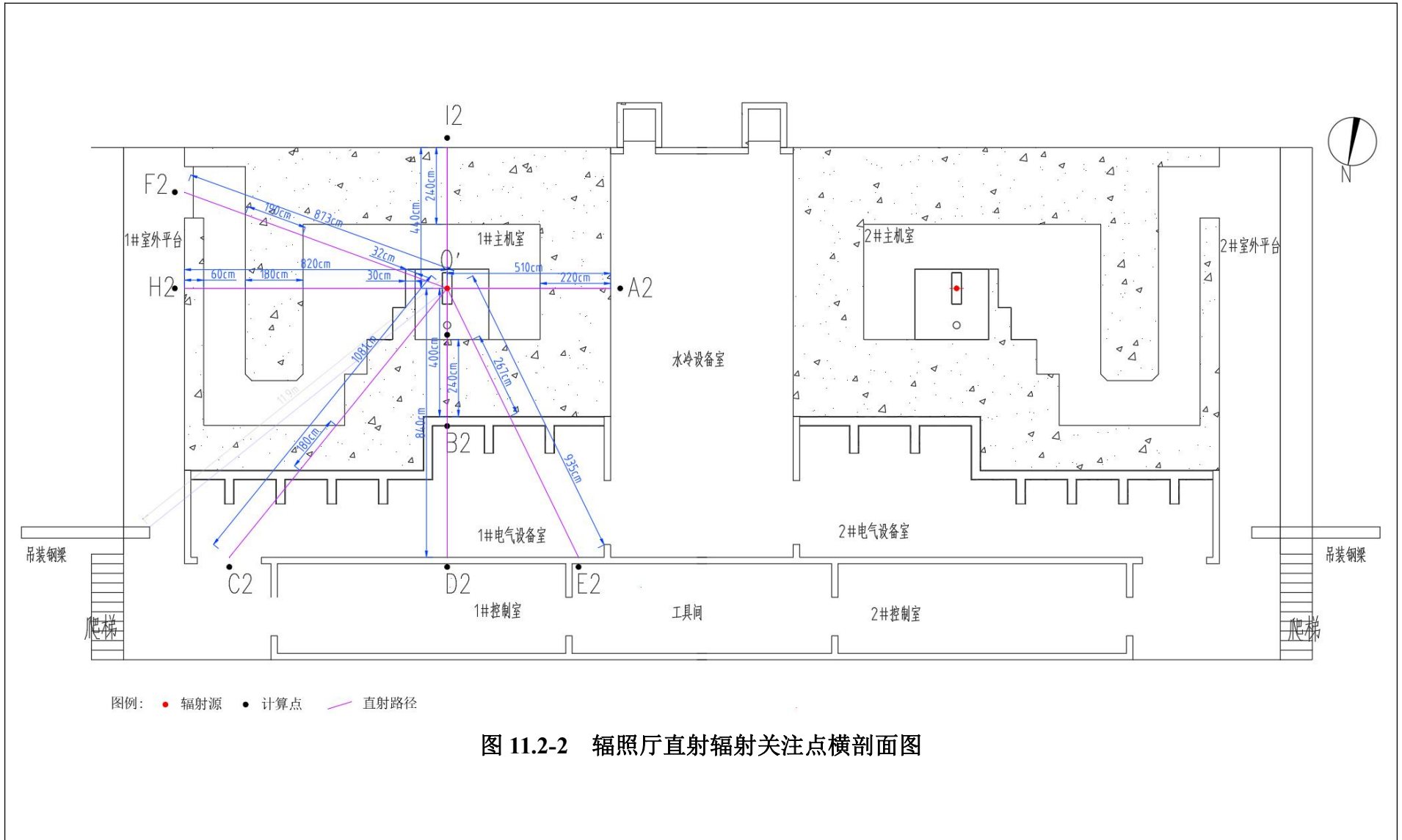


图 11.2-2 辐照厅直射辐射关注点横剖面图

续表 11 环境影响分析

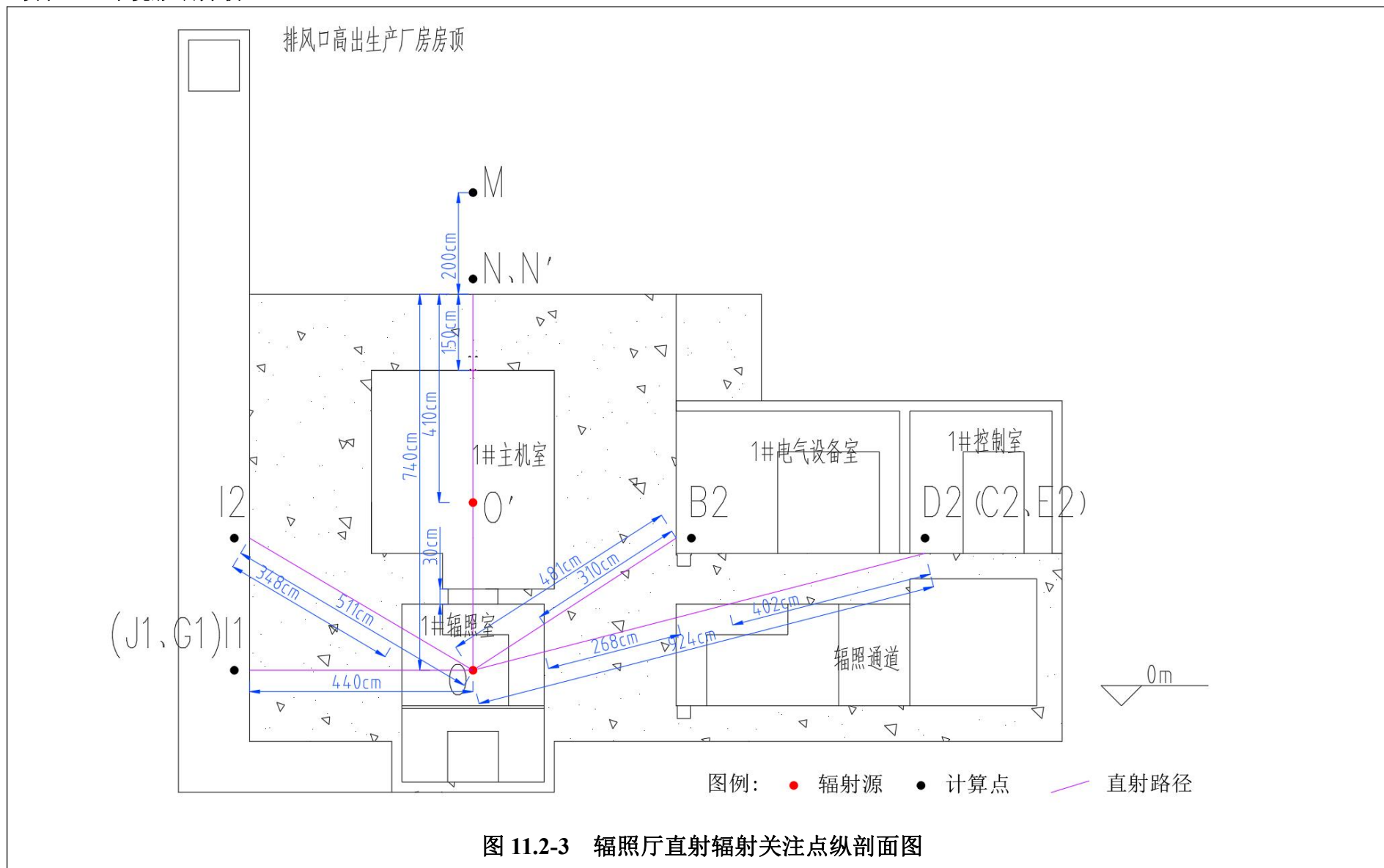
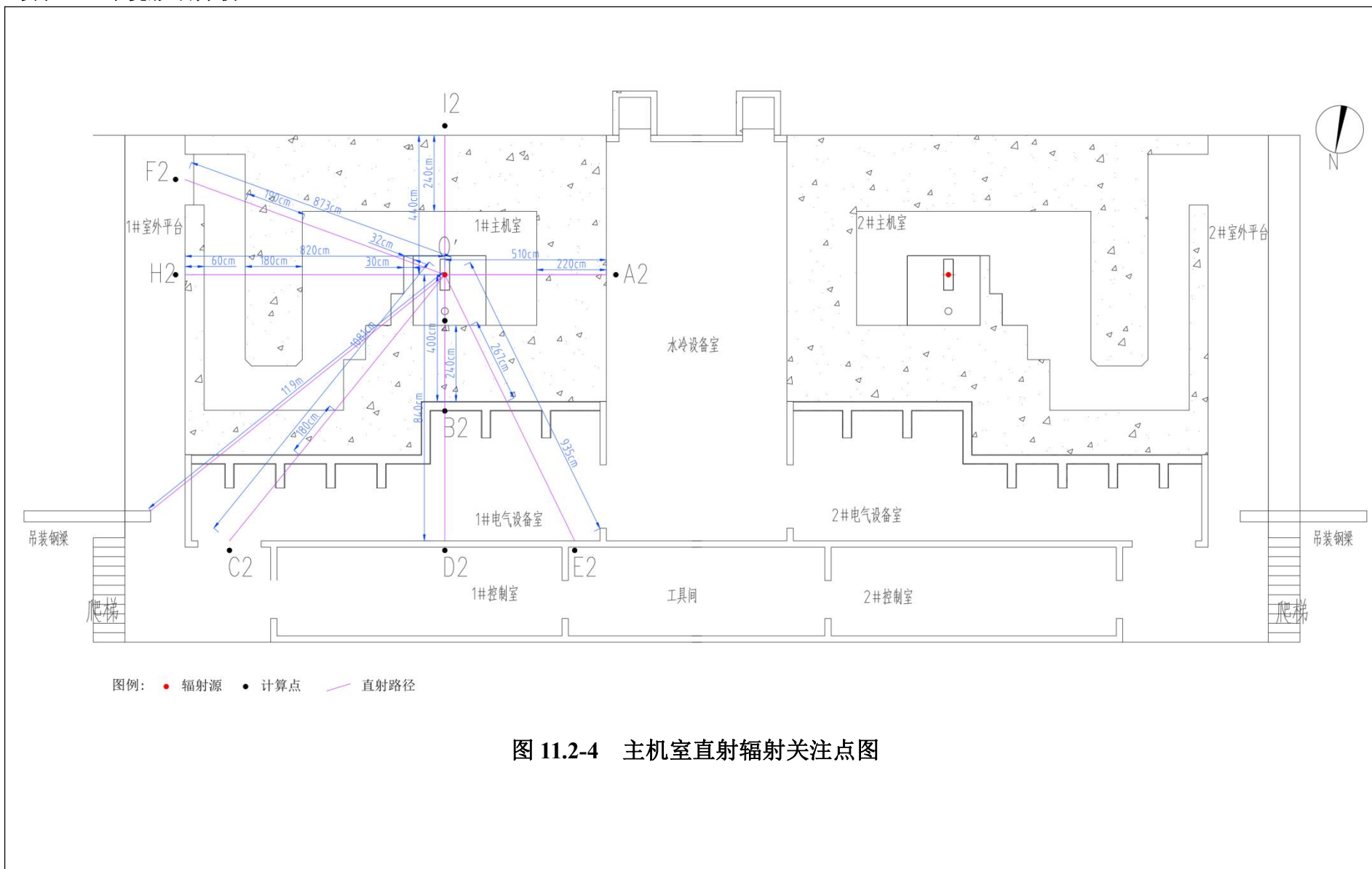


图 11.2-3 辐照厅直射辐射关注点纵剖面图

续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析

影响源	关注点	穿墙厚度 S (混凝土 cm)	T_1 (cm)	T_e (cm)	十分之一值层数 n	透射比 Bx	距离 d (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	叠加 H_M (μ Sv/h)
1#辐照厅	A1 (2#辐照厅), 西侧	270	34.22	34.22	7.89	1.29E-08	9.6	810	1.13E-01	1.13E-01
1#辐照厅	B1 迷道入口处, 北侧	497	34.22	34.22	14.52	2.99E-15	14.7	810	1.12E-08	2.62E-04
2#辐照厅		329	34.22	34.22	9.61	2.43E-10	27.4	810	2.62E-04	
1#辐照厅	C1 空地, 北侧	310	34.22	34.22	9.06	8.73E-10	11.9	810	4.99E-03	4.99E-03
2#辐照厅		682	34.22	34.22	19.93	1.18E-20	20	810	2.38E-14	
1#辐照厅	D1 迷道出口处, 北侧	460	34.22	34.22	13.44	3.61E-14	13.6	810	1.58E-07	1.58E-07
2#辐照厅		558	34.22	34.22	16.31	4.94E-17	15.2	810	1.73E-10	
1#辐照厅	E1 空地, 北侧	555	34.22	34.22	16.22	6.05E-17	14.6	810	2.30E-10	4.23E-10
2#辐照厅		558	34.22	34.22	16.31	4.94E-17	14.4	810	1.93E-10	
1#辐照厅	F1 上下货物区 1, 北侧	310	34.22	34.22	9.06	8.73E-10	16.4	810	2.63E-03	2.63E-03
2#辐照厅		592	34.22	34.22	17.30	5.01E-18	22.9	810	7.74E-12	
1#辐照厅	H1 厂房内通道, 东侧	280	34.22	34.22	8.18	6.57E-09	10.6	810	4.74E-02	4.74E-02
2#辐照厅		550	34.22	34.22	16.07	8.46E-17	26.5	810	9.76E-11	
1#辐照厅	H1' 厂房内通道, 西侧	260	34.22	34.22	7.60	2.52E-08	10.4	810	1.89E-01	1.89E-01
2#辐照厅		530	34.22	34.22	15.49	3.25E-16	26.3	810	3.81E-10	
1#辐照厅	II 夹缝, 南侧	300	34.22	34.22	8.77	1.71E-09	4.7	810	6.27E-02	6.27E-02
2#辐照厅		1123	34.22	34.22	32.82	1.52E-33	16.8	810	4.37E-27	
1#辐照厅	J1 风道旁, 西南侧	507	34.22	34.22	14.82	1.53E-15	8.1	810	1.89E-08	1.89E-08
2#辐照厅		739	34.22	34.22	21.60	2.54E-22	11.5	810	1.55E-15	
1#辐照厅	G1 夹缝, 西南侧	620	34.22	34.22	18.12	7.62E-19	9.4	810	6.99E-12	1.40E-11
2#辐照厅		620	34.22	34.22	18.12	7.62E-19	9.4	810	6.99E-12	

续表 11 环境影响分析

1#辐照厅	A2 水冷设备室，西侧	315	34.22	34.22	9.21	6.24E-10	6.2	810	1.31E-02	1.31E-02
2#辐照厅		467	34.22	34.22	13.65	2.25E-14	11	810	1.51E-07	
1#辐照厅	B2 (1#电气设备室)，北侧	310	34.22	34.22	9.06	8.73E-10	5.1	810	2.72E-02	2.72E-02
2#辐照厅		808	34.22	34.22	23.61	2.44E-24	16.4	810	7.36E-18	
1#辐照厅	C2 辅助用房出入口处，北侧	774	34.22	34.22	22.62	2.41E-23	11.3	810	1.53E-16	1.53E-16
2#辐照厅		896	34.22	34.22	26.18	6.55E-27	23.1	810	9.95E-21	
1#辐照厅	D2 (1#控制室)，北侧	670	34.22	34.22	19.58	2.64E-20	9.5	810	2.37E-13	2.37E-13
2#辐照厅		933	34.22	34.22	27.26	5.44E-28	19.3	810	1.18E-21	
1#辐照厅	E2 工具间，北侧	774	34.22	34.22	22.62	2.41E-23	11.3	810	1.53E-16	1.74E-09
2#辐照厅		530	34.22	34.22	15.49	3.25E-16	12.3	810	1.74E-09	
1#辐照厅	F2 迷道出口处，东侧	478	34.22	34.22	13.97	1.08E-14	10.3	810	8.21E-08	8.21E-08
2#辐照厅		1253	34.22	34.22	36.62	2.42E-37	28.3	810	2.45E-31	
1#辐照厅	H2 室外平台，东侧	414	34.22	34.22	12.10	7.98E-13	9.1	810	7.80E-06	7.80E-06
2#辐照厅		820	34.22	34.22	23.96	1.09E-24	24.8	810	1.44E-18	
1#辐照厅	I2 厂区通道，南侧	349	34.22	34.22	10.20	6.33E-11	5.4	810	1.76E-03	1.76E-03
2#辐照厅		933	34.22	34.22	27.26	5.44E-28	19.3	810	1.18E-21	

注：①对于 10MeV 电子，X 射线能量和 X 射线发射率 Q 均在 0° 方向最大，然后沿 90°、180° 方向逐渐降低，二层关注点为一层辐照厅对二层剂量率的贡献值，韧致辐射射线方向相对于电子束大于 90°，本评价保守考虑发射率 Q 和十倍减弱层厚度按 90° 取值；②1#加速器于二层关注点“C2”、“E2”、“F2”接近似 30° 出束角度计算取值；2#加速器于二层关注点“D2”、“I2”接近似 30° 出束角度计算取值，“F2”保守按“H2”取值；③关注点“J1 风道旁”核算距离至为风道口中心（距离墙体外表面 70cm），其他关注点均为墙体外 30cm 处；④关注点的辐射剂量率均考虑 1#、2#辐照厅影响的叠加；⑤关注点“H1”和“F1”位于同一侧墙，本评价保守考虑对关注点“H1”进行核算；⑥2 座辐照厅除东西两侧墙体局部厚度不同外，其他均呈镜像布置，故以 1#辐照厅为例核算，并对 2#辐照厅西侧关注点“H1’”进行单独核算；⑦墙体均为混凝土墙。

由表 11.2-2 可知，高能电子加速器运行时，对辐照厅四周屏蔽墙外直接透射所致辐射剂量率最大值为关注点“H1’”厂房内通道（西侧），为 0.189 μ Sv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等标准中周围剂量当量率 2.5 μ Sv/h 的要求。

续表 11 环境影响分析

表 11.2-3 主机室屏蔽效果核算及关注点计算一览表

影响源	关注点	穿墙厚度 S(混凝土 cm)	T_1 (cm)	T_e (cm)	十分之一值层数 n	透射比 Bx	距离 d (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	H^*_M (μ Sv/h)	叠加 H_M (μ Sv/h)
1#主机室	A2 水冷设备室, 西侧	220	21.76	19.74	11.04	9.07E-12	5.4	9.6	2.98E-06	1.31E-02	1.31E-02
2#主机室		220	21.76	19.74	11.04	9.07E-12	10.8	9.6	7.46E-07		
1#主机室	B2 (1#电气设备室), 北侧	240	21.76	19.74	12.06	8.80E-13	4.3	9.6	4.57E-07	2.72E-02	2.72E-02
2#主机室		753	21.76	19.74	38.04	9.05E-39	16.7	9.6	3.11E-34		
1#主机室	C2 辅助用房出入口处, 北侧	180	21.76	19.74	9.02	9.63E-10	11.1	9.6	7.51E-05	1.53E-16	7.51E-05
2#主机室		235	21.76	19.74	11.80	1.58E-12	24.5	9.6	2.52E-08		
1#主机室	D2 (1#控制室), 北侧	240	21.76	19.74	12.06	8.80E-13	4.3	9.6	1.12E-07	2.37E-13	1.20E-07
2#主机室		249	21.76	19.74	12.51	3.08E-13	18.3	9.6	8.83E-09		
1#主机室	E2 工具间, 北侧	267	21.76	19.74	13.42	3.77E-14	9.7	9.6	3.85E-09	1.74E-09	5.59E-09
2#主机室		350	21.76	19.74	17.63	2.35E-18	14.8	9.6	1.03E-13		
1#主机室	F2 迷道出口处, 东侧	190	21.76	19.74	9.52	3.00E-10	9	9.6	3.56E-05	8.21E-08	3.56E-05
2#主机室		1085	21.76	19.74	54.86	1.37E-55	24.6	9.6	2.18E-51		
1#主机室	H2 室外平台, 东侧	270	21.76	19.74	13.58	2.66E-14	8.5	9.6	3.53E-09	7.80E-06	7.81E-06
2#主机室		710	21.76	19.74	35.87	1.36E-36	24.4	9.6	2.20E-32		
1#主机室	I2 夹缝, 南侧	240	21.76	19.74	12.06	8.80E-13	4.7	9.6	3.82E-07	1.76E-03	1.76E-03
2#主机室		240	21.76	19.74	12.06	8.80E-13	4.7	9.6	3.82E-07		

注：①关注点的辐射剂量率主要考虑两台加速器的叠加贯穿辐射，同时分别与一层辐照厅的贯穿辐射叠加（ H^*_M 为辐照厅的贯穿辐射值）；②关注点均为墙体外 30cm 处；③主机室直射辐射对 1F 关注点的影响忽略不计；④表中墙体均为混凝土墙。

续表 11 环境影响分析

由表 11.2-3 可知，项目运行过程中，叠加后的最大值为关注点“B2（1#电气设备室）”，为 $2.72 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，束流损失辐射对主机室四周屏蔽墙外直射所致辐射剂量率均远小于控制限值（ $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）要求。

11.2.3 电子加速器机房迷道和风道辐射影响分析

（1）估算模式

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 公式（A-5）可计算得出迷道外入口处的剂量当量率 H（Sv/h）：

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

公式（11-6）

式中：

H_{1, rj} 迷道外入口处辐射剂量率，Sv/h；

α₁：入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；查《辐射防护导论》图 6.4；

α₂：从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数；

A₁：X 射线入射到第一散射物质的散射面积（m²）；

A₂：迷道的截面积（m²，假设整个迷道的截面积近似常数，宽高之比在 1~2 之间）；

d₁：X 射线源与第一散射物质的距离（m）；

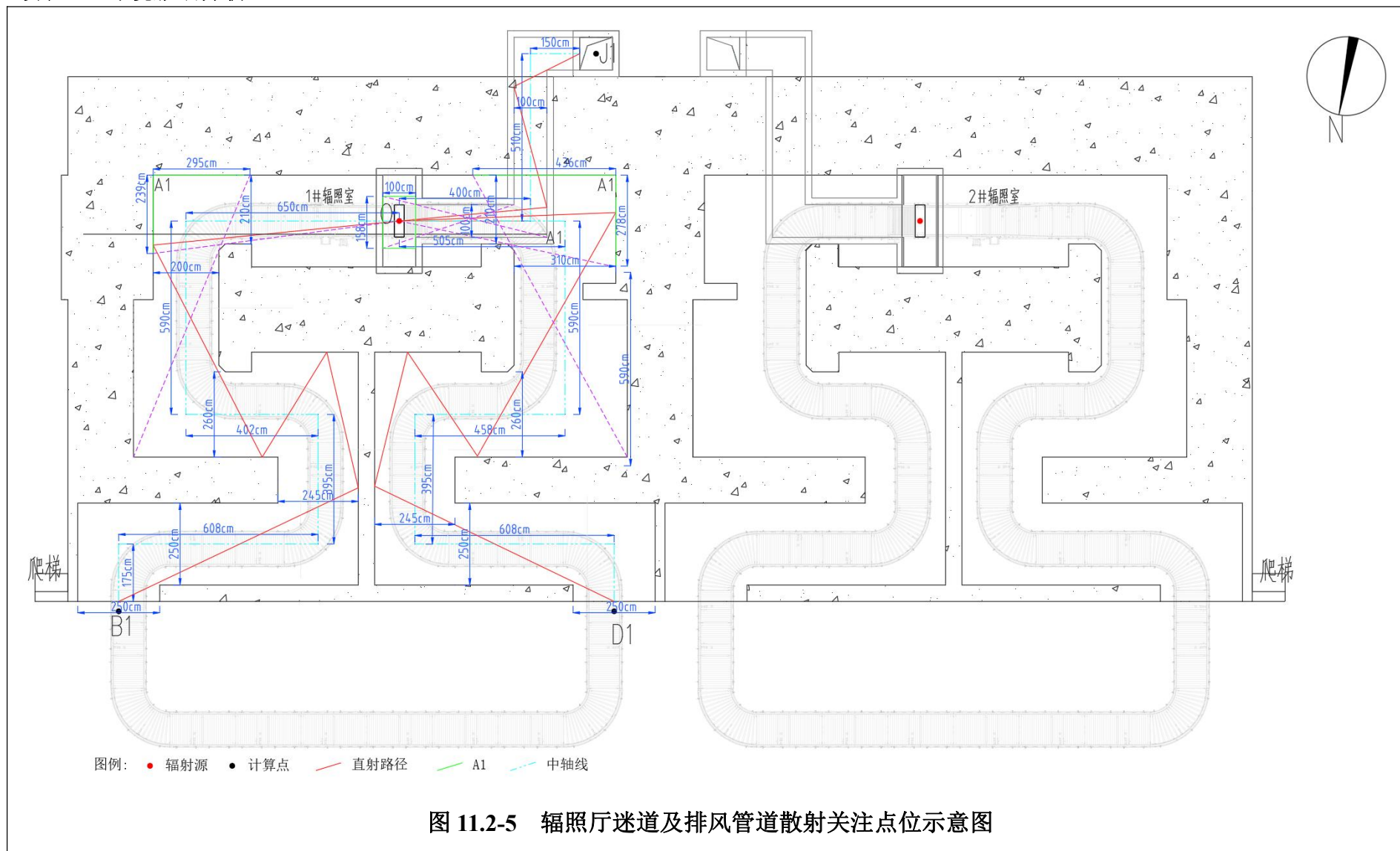
d_{r1}, d_{r1}...d_{rj}：沿着迷道长轴的中心线距离（m）。

（2）计算参数及计算结果

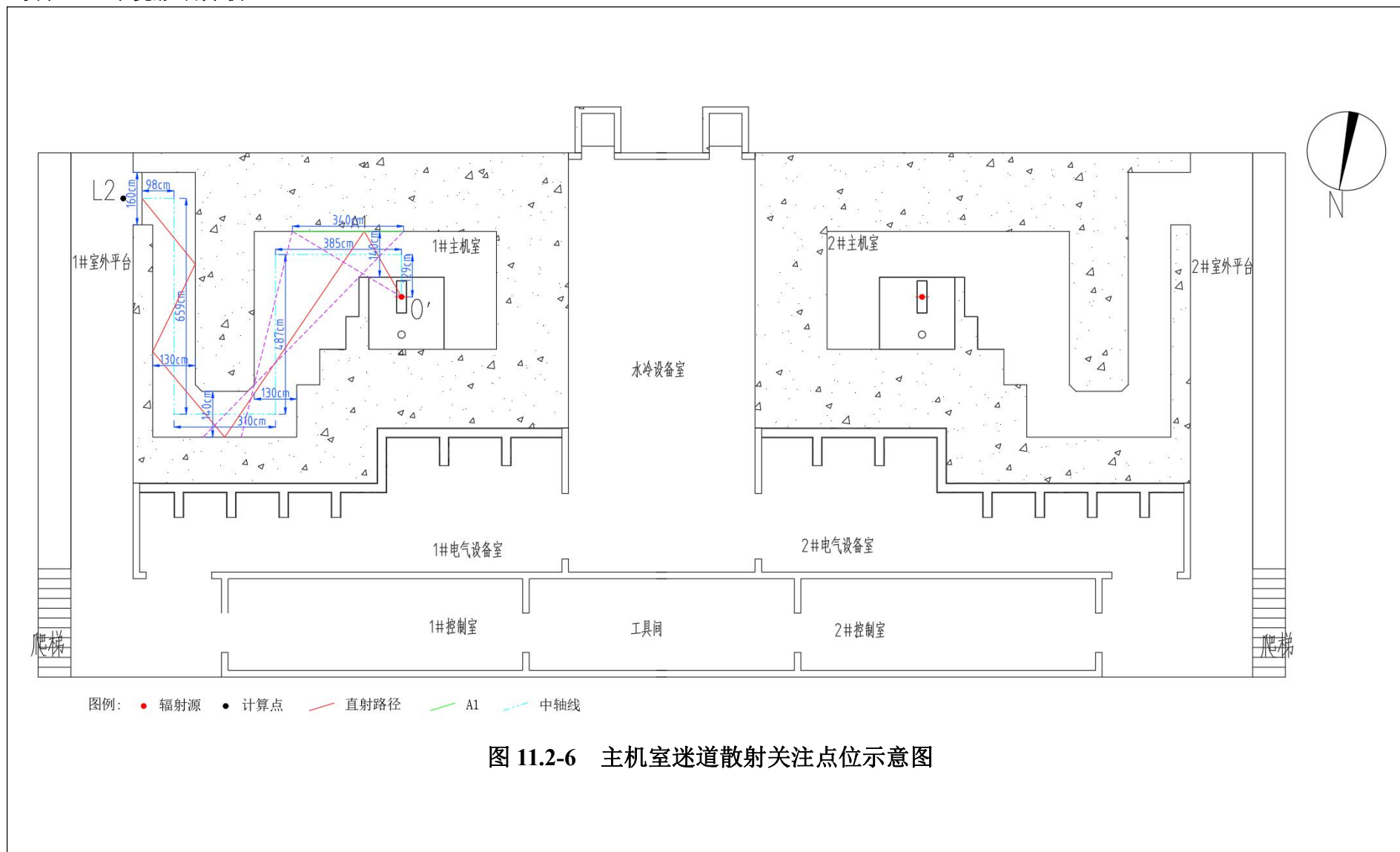
根据计算公式可知，迷道、防护门出入口处的 X 射线剂量率与散射面积、路径长短密切相关，计算结果较保守，辐照室对于加速器产生的 X 射线，认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV；对于初级 X 射线，散射系数 α₁ 取值为 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 α₂（假设一次散射后的反射过程一样，E=0.5MeV）取值为 2×10^{-2} 。加速器辐照室迷道散射计算的 D₁₀（90°）为 810Gy/h，风道散射计算的 D₁₀（0°）取值 37800Gy/h，主机室迷道散射计算的 D₁₀（90°）为 9.6Gy/h。

本项目 X 射线在电子加速器机房的散射路线见图散射预测路径详见图 11.2-5~图 11.2-7，辐照厅及主机室的迷道散射计算结果见表 11.2-4。

续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析

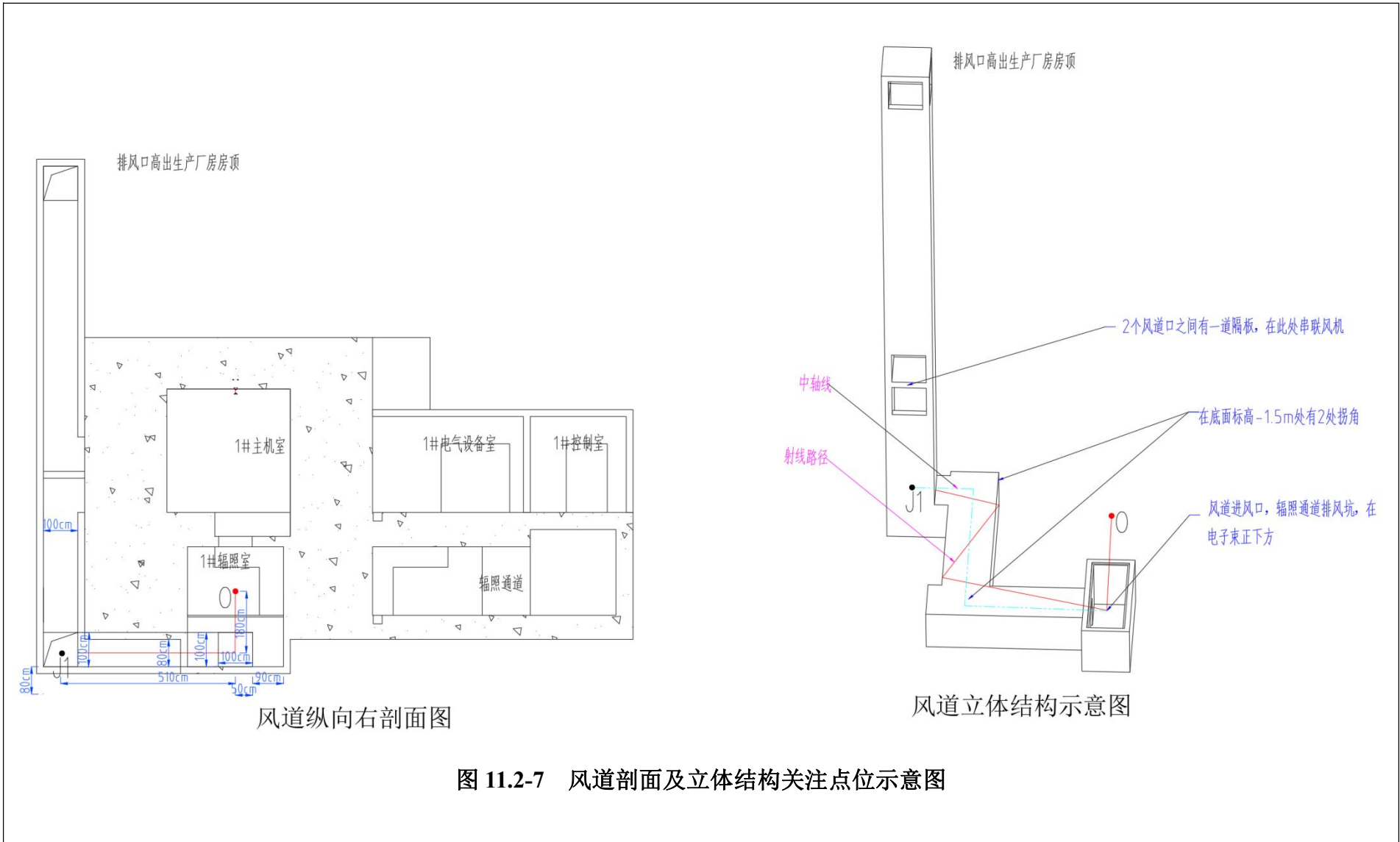


图 11.2-7 风道剖面及立体结构关注点位示意图

续表 11 环境影响分析

表 11.2-4 辐照厅和主机室迷道及排风管道散射计算结果一览表

位置	参考点	散射次数	散射面积 A1 (m ²)	A ₂ /A ₃ /A ₄ /A ₅ (m ²)	散射路径 d ₁ /d _{r1} /d _{r2} /d _{r3} /d _{r4} /d _{r5}	D ₁₀ (Gy/h)	透射比 Bx	辐射剂量率 (μSv/h)	是否满足要求
辐照室迷道	B1	5	2×2.4+2×3=10.8	4/4/5.2/5/7	6.5/5.9/4/4/6.1/1.8	810	/	3.95E-05 (3.02E-04)	满足要求
	D1	5	2×2.8+2×4.4=14.4	6.2/5.2/5/7	5.1/5.9/4.6/4/6.1/1.8	810	/	3.73E-04 (3.73E-04)	
主机室迷道	F2	4	2×3.4=6.8	4.7/6.3/5.9	4/4.9/3.1/6.6/1	9.6	/	1.77E-03 (3.78E-02)	满足要求
排风管	J1	4	1×1.58=1.58	1/1/1	1.8/4/5/2/1.3	47800	/	2.73E-01 (2.73E-01)	

注：①建设单位全年工作 300d，每天三班，每班 8h，全年工作 7200h，每班 2400h；②关注点的辐射剂量率均考虑辐照厅的直接贯穿辐射与射线经风管散射的辐射的叠加，括弧内为二者叠加结果。

由表 11.2-4 可知，辐照厅迷道出入口剂量当量率、主机室迷道入口处周围剂量当量率及排风管出地面处的剂量当量率均远小于最大允许周围当量剂量率 2.5μSv/h。因此，本项目辐照厅和主机室迷道的设计及排风管的设计是合理的。

11.2.1.3 主机室顶及天空反散射辐射影响

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。对于天空反散射，要综合考虑辐照厅和主机室辐射对参考点的剂量贡献。计算时，发射率常数保守取 90° 方向的发射率常数。

(1) X 射线剂量率

根据相关资料，主机室室顶应能防护 150° ~180° 方向的韧致辐射及其产生的天空反散射、0° 方向的韧致辐射经地面散射以及加速管漏射产生的 X 射线影响。主机室周围墙体则主要考虑加速管漏射产生的 X 射线影响。

HJ979-2018 未给出与 10MeV 入射电子束成 150° ~180° 方向电子的相应等效能量，参照 NCRP Report No51 及其他相关资料，150° ~180° 方向韧致 X 射线的最大能量保守按照 3MeV 考虑，对应的混凝土 T1 为 26.1mm，Te 为 24.7mm，初始剂量率保守取最大值

续表 11 环境影响分析

810Gy/h。加速管漏射点产生的电子线最大能量为 3MeV，根据 HJ979-2018 附录 A 示例计算，150° ~180° 方向韧致 X 射线的最大能量按照 1.9MeV 考虑，对应的混凝土 T1 为 21.76mm，Te 为 19.74mm，初始剂量率保守取最大值 9.6Gy/h。

(2) 对主机室顶的影响

①辐照室 150° ~180° 方向的韧致辐射

根据设计资料，10MeV 电子加速器束下装置到地面的距离约为 700mm，因此束下装置距主机室室顶外考察点 N（室顶上方 30cm）的距离约 8.4m，N'（室顶上方 30cm）的距离约 8.5m，辐照室楼顶设计厚度为 1000mm（局部为 300mm），主机室室顶设计屏蔽厚度为 1500mm，本评价计算屏蔽厚度均为射线在屏蔽体中穿行的距离。

②束流损失辐射对主机室顶的影响

根据设计资料，二层辐射源距离主机室地板 1m，泄漏电子束产生的 X 射线吸收剂量率在 1m 处为 9.6Gy/h，源点距考察点的距离约 6.1m。

③0° 韧致 X 射线被地面散射后穿过辐照室室顶的孔洞对主机室室顶的辐射影响

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X 射线产生的散射线最大能量的计算公式如下：

$$E_s = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos \theta_s)} \quad \text{公式 (11-7)}$$

其中：E：散射光子的能量，MeV；

E0：为入射光子的最大能量，10MeV；

θ_s ：散射角。

续表 11 环境影响分析

表 11.2-5 电子加速器主机室屋顶屏蔽效果核算一览表

楼层	参考点		穿墙厚度 S (混凝土 cm)	T1 (cm)	Te (cm)	十分之一值层数 n	透射比 Bx	距离 d (m)	D10 (Gy/h)	H _M (μSv/h)	是否满足要求
二层 主机室顶部	N	1#辐照厅影响	190	26.1	24.7	7.64	2.31E-08	8.4	810	2.66E-01	满足
		1#主机室影响	190	21.76	19.74	9.52	3.00E-10	5.5	9.6	9.52E-05	
	小计									2.66E-01	
	N'	1#辐照厅影响	200	26.1	24.7	8.04	9.11E-09	8.5	810	1.02E-01	
		1#主机室影响	200	21.76	19.74	10.08	9.35E-11	5.8	9.6	2.67E-05	
	小计									1.53E-02	

注：①设计厚度为射线在防护墙体中穿行的距离；②关注点均为墙体外 30cm 处；③由于 2#辐照厅和 2#主机室对 N、N' 的距离更远，且穿过混凝土厚度更厚，影响可忽略不计，故本评价不考虑 2#辐照厅和 2#主机室对 N、N' 的影响。

根据式 11-7，当入射光子能量为 10MeV 时，不同散射角对应的散射能量见表 11.2-6。

表 11.2-6 不同散射角对应的散射能量

散射角 (度)	15	30	45	60	90	120	135	150	180
散射能量 (MeV)	6.0	2.76	1.49	0.93	0.48	0.33	0.29	0.27	0.25

由上表可知，0° 韧致 X 射线被地面散射后与电子束成 180° 方向的散射能量较低（不到 0.3MeV），同时，散射线受到加速器钢筒屏蔽，故最终散射到主机室室顶和周围墙体的 X 射线极少，在受到主机室各墙体的进一步屏蔽后，对主机室周围的辐射影响基本可以忽略。

因此，加速器开机运行时，主机室室顶上方 30cm 处关注点 N 的辐射剂量率约为 $2.66 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ，关注点 N' 的辐射剂量率约为 $1.02 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ，均小于最大允许周围当量剂量率 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

续表 11 环境影响分析

(3) 天空反散射

由于本项目屏蔽设计中对所有经过屏蔽体的孔道均采用“S、L、C、Z”型穿越，不影响屏蔽体的屏蔽能力，项目辐照加工厂房楼顶设计保守且无法直接到达，根据核算本项目辐照加工厂房顶棚外的剂量均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，经天空散射后在地面的贡献值非常低，可忽略不计，因此本次评价不考虑及天空反散射辐射影响。

综合以上分析可知，由此可知，本项目电子加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏产生的天空反散射对机房周围的辐射环境影响微小，辐照室顶板（主机室地板）厚度和主机室顶板厚度的设计是合理的，能够满足辐射防护要求。

11.2.1.4 X 射线通过屋顶的侧向散射辐射影响

根据现场调查，本项目辐照加工厂房周围临近无高层建筑，无需考虑 X 射线通过屋顶后侧向散射对周围环境的辐射影响。

11.2.1.5 管道屏蔽效果分析

(1) 电线电缆及水管管道屏蔽效果分析

本项目加速器辐照室设置电线电缆及水管穿线孔道，整个孔道呈“S”型等设计。同时，电线电缆及水管孔道避开主射线方向，射线经多次（至少三次）散射后，电线电缆及水管敷设孔道进出口处辐射剂量率将在控制范围内，能够满足辐射防护的要求。

(2) 空调风管屏蔽效果分析

本项目主机室中间设置隔墙，其中脉冲变压器和加速管分别在隔墙两侧，在脉冲变压器一侧设置空调风管，向上穿越脉冲变压器一侧主机室屋顶，空调风管穿屋顶孔洞 0.22m ，整条孔道呈“V”型设计，风管与加速管之间有隔墙相隔，辐照厅射线经辐照厅顶板、主机室顶板屏蔽及多次散射；主机室射线经隔墙墙体和屋顶屏蔽及多次散射，管道在屋顶出口处辐射剂量率将在控制范围内，能够满足辐射防护的要求。

经环评估算分析，辐照厅、主机室四周墙体及顶棚等屏蔽防护厚度均能满足辐射屏蔽要求；屏蔽墙体外的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，符合 HJ979-2018 等相关标准及辐射防护安全要求。

11.2.2 人员受照剂量估算

(1) 估算公式

续表 11 环境影响分析

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} (mSv) \quad \text{公式 (11-10)}$$

式中：H_{E,r}：射线外照射人均年有效剂量当量；

D_r：射线空气吸收剂量率，μSv/h；

t：射线照射时间，h；

T：居留因子。

(2) 照射时间

本项目各电子辐照加速器年生产 300d，每天最多 24h，年工作均为 7200h；辐射工作人员和装卸等工人均为 3 班制，每班 8h，年有效工作时间均为 2400h。

(3) 估算结果

①辐射工作人员

工业电子加速器运行时，非辐射工作人员不允许进入辐照加工厂房，对辐射工作人员影响的区域主要在二层控制室，居留因子取 1，但考虑到辐射工作人员在加速器运行时可能会前往机房周围进行巡视，主机室周围其他区域居留因子取 1/4，辐射工作人员按照辐射工作人员（5mSv/a）要求进行管理。

②非辐射工作人员

辐照加工区位于生产车间南侧，位置相对独立，除搬运工会进入货物暂存区和上下货区域外，无其他人非辐射工作人员进入辐照加工区，一楼辐照厅东西两侧厂房内通道、辐照加工厂房与生产厂房之间的夹缝居留因子取 1/16，上下货区域有工作人员一直在此上下货，考虑全居留，居留因子取 1。非辐射工作人员按照非辐射工作人员（0.1mSv/a）要求进行管理。

屏蔽体剂量估算结果见表 11.2-7。

表 11.2-7 屏蔽体外剂量估算结果

人员种类	关注点	受照时间 (h)	居留因子	对应区域最大辐射剂量率 (μSv/h)	年有效剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	控制室	2400	1	1.20E-07	2.89E-07
	工具室、水冷设备室、电	2400	1/4	2.72E-02	1.63E-02

续表 11 环境影响分析

	气设备室、二楼室外平台				
非辐射工作人员	上下货物区	2400	1	2.63E-03	6.31E-03
	厂房内通道（东侧）	2400	1/16	4.74E-02	7.11E-03
	厂房内通道（西侧）	2400	1/16	1.89E-01	2.84E-02
	夹缝	2400	1/16	6.27E-02	9.41E-03
注：辐射工作人员和搬运工作人员为 3 班制（每班 8h），附近其他工作人员为单班制（每班 8h），故均按年受照时间 2400 计。					

根据估算可知，在项目实际实行三班倒的情况下，本项目所致单班辐射工作人员总的年有效剂量最大约 $1.63 \times 10^{-02} \text{mSv/a}$ ，远小于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等相关标准规定的年剂量约束值 5mSv/a ；也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。本项目所致非辐射工作人员的年有效剂量最大约 $9.41 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，远小于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等相关标准规定的年剂量约束值 0.1mSv/a ，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。

11.2.3 环境保护目标影响分析

本项目加速器年工作 300 天，全年工作时间 7200h，公司辐射工作人员实行三班倒，每班 8 小时，公司其余工作人员实行单班制，每天工作 8h，故本公司工作人员单班年受照时间均取 2400h；场址西侧为云邦集团碎石料仓和食堂，碎石料仓按保守 2 班制，每班 12h，单班年受照时间 3600h，云邦集团食堂工作人员食堂居留因子取 1，年受照时间取 7200h；场址南侧和西侧为规划工业用地，用途待定，居留因子取 1，年受照时间取 7200h。辐照加工厂房各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知，距离 X 射线辐照加工厂房更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

表 11.2-8 环境保护目标处周围剂量当量率预测结果表

序号	名称	方位	距离靶点的最近距离/m	仅考虑距离衰减理论预测值 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子 T	受照时间 t (h/a)	对应年有效剂量 (mSv/a)
1	1#、2#控制室	2F，分别位于 1#、2#电气设备室北侧	8.7	1.20E-07	1	2400	2.89E-07
2	1#、2#电气设备室	2F，分别位于 1#、2#主机房北侧	4.3	2.72E-02	1/4	2400	1.63E-02

续表 11 环境影响分析

3	工具室	2F, 位于 2 个控制室之间	9.7	5.59E-09	1/4	2400	3.35E-09
4	水冷设备室	2F, 位于 2 个主机房之间	5.4	1.31E-02	1/4	2400	7.89E-03
5	1#、2#室外平台	2F, 分别位于 1#、2#主机房两侧	8.5	7.81E-06	1/4	2400	4.68E-06
6	1#、2#爬梯	2F, 分别位于 1#、2#辐照迷路入口两侧	13.4	9.59E-16	1/4	2400	5.76E-16
7	1#、2#上下货区、货物暂存区、堆放区	辐照加工厂房北侧	16.4	2.63E-03	1	2400	6.31E-03
8	夹缝	辐照加工厂房南侧	4.7	6.27E-02	1/16	2400	9.41E-03
9	厂房内通道	1#辐照厅东侧	10.6	4.74E-02	1/16	2400	7.11E-03
		2#辐照厅西侧	10.4	1.89E-01	1/16	2400	2.84E-02
10	厂区道路	生产厂房外东侧	17.7	1.70E-02	1/16	2400	9.79E-03
		生产厂房外西侧	19.2	5.55E-02			8.32E-03
		生产厂房外南侧	10.2	1.33E-02			2.00E-03
11	园区道路	用地红线外西侧	23.8	3.61E-02	1/16	2400	5.41E-03
12	云邦集团砂石料仓	用地红线外西侧	33.1	1.87E-02	1	3600	6.72E-02
13	云邦集团食堂	用地红线外西北侧	53.2	7.22E-03	1	7200	5.20E-02
14	规划用地	用地红线外东侧	22.3	1.07E-02	1	7200	7.71E-02
15	规划用地	用地红线外南侧	14.8	6.33E-03	1	7200	4.56E-02

注：①对应区域最大辐射剂量率及年有效剂量均考虑 2 台加速器的叠加影响；②项目周边均为工业用地或规划工业用地，年工作时间参考本项目；③吊装钢梁仅在初次设备安装及后续设备维修或更换零部件时使用，初次设备安装时加速器尚未运行，设备维修、更换零部件时，加速器处于停机状态，另一台设备距更换一侧的吊装钢梁距离较远，且每次更换时间短，影响可忽略不计，且设备维修等均由设备厂家更换，本次不进行定量计算；④靶点与序号 1~ 9 中的距离，均为靶点到环境保护目标所在最近墙体外 30cm 的距离；靶点与序号 10~ 11 中的距离，为靶点与道路边界的最近距离；靶点与序号 12~ 13 中的距离，为靶点与本项目地块红线的最近距离；表中与云邦集团砂石料仓和食堂距离为靶点与砂石料仓外墙和食堂外墙最近距离。

根据上表可知，本项目辐照加工厂房外的各环境保护目标周围剂量当量率均低于 2.5 μ Sv/h，满足 HJ979-2018 等标准限值要求；本项目辐射工作人员和公众人员的年有效剂量均满足剂量限值管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众人员 0.1mSv/a）。

11.2.5 其他影响分析

11.2.4.1 废气影响分析

根据工程分析可知，本项目辐照室臭氧的产生率为 1.35×10^5 mg/h，则氮氧化物

续表 11 环境影响分析

(NO_x) 的产生率为 0.45×10⁵mg/h。

等效排气筒：根据《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016），本项目两排气筒均排放同种污染物 O₃、NO_x，两排气筒之间距离 2.5m<30m（两排气筒高度之和），但《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）无 O₃ 要求，故本评价考虑 NO_x 等效排气筒排放情况，本评价将两个排气筒等效为 1 个排气筒 FQ1 进行计算，等效排气筒位置位于两个排气筒中间，NO_x 等效速率 0.72×10⁵g/h，项目等效排气筒 FQ1 排放的 NO_x 满足《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）表 1 中其他区域排放标准。

本项目 2 座辐照室各设 1 套专门的通风系统，并各配备一台风机，每台风机的排风量均为 14000m³/h。辐照厅内为自然进风方式，主机室排风是通过扫描盒与楼板之间的缝隙以及预留的风管进入辐照厅，辐照厅内设置 1 处抽风槽，废气经辐照厅抽风槽引至排风管道内，最终引至 15m 高的排气筒高空排放。

(1) 臭氧

①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 的变化为：

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

式中：

C (t)：辐照室空气中在 t 时刻臭氧的浓度（mg/m³）；

P：单位时间电子束产生 O₃ 的质量（mg/h）；

V：保守考虑辐照厅体积及主机室体积（约 470m³）；

Te：对臭氧的有效清除时间（h）

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \quad \text{公式 (11-12)}$$

式中：

T_v：辐照室换气一次所需时间（h）；

续表 11 环境影响分析

T_d : 臭氧的有效化学分解时间 (h), 约为 50 分钟。

本项目辐照室通风系统排风速率 $14000\text{m}^3/\text{h}$ (每小时换气次数 29.8 次), $T_v=0.034\text{h}$ 。

计算得臭氧的有效清除时间 T_e 为 0.032h。

当长时间辐照时, 则辐照室内臭氧平衡浓度为:

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad \text{公式 (11-13)}$$

V : 保守考虑臭氧仅在辐照厅 (不含迷道) 内扩散 (约 195.50m^3)

由上述公式和参数, 则本项目辐照室 C_s 分别为 $22.3\text{mg}/\text{m}^3$, 该浓度值大于《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) 中工作场所空气中 O_3 的最高容许浓度为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$, 对工作人员是危险的。

②臭氧的排放:

加速器长期正常运行期间, 室内臭氧达到饱和平衡浓度, 通常情况下, 该浓度大大高于《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) 所规定的工作场所最高容许浓度。因此, 当加速器停止运行后, 人员不能直接进入辐照室, 风机必须继续运行, 室内臭氧浓度随时间急剧下降, 浓度变化的平衡方程为:

$$dc/dt = -C/T_e \quad \text{公式 (11-14)}$$

当 $t=0$ 时,

$$C = C_s \quad \text{公式 (11-15)}$$

得到浓度随时间的变化公式为:

$$C = C_s e^{-\frac{t}{T_e}} \quad \text{公式 (11-16)}$$

由此可得:

关闭加速器后风机运行的持续时间公式为:

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad \text{公式 (11-17)}$$

式中:

C_0 : GBZ2.1-2019 规定的臭氧的最高容许浓度, $C_0=0.3\text{mg}/\text{m}^3$;

续表 11 环境影响分析

T: 为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间 (h)。

计算得, 本项目加速器停止工作后, 辐照室内通风系统以通风速率不低于 $14000\text{m}^3/\text{h}$ 继续工作, 加速器机房通过约 0.139h (8.34min) 的通风排气, 辐照室内的臭氧浓度可低于《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) 规定的臭氧的最高容许浓度 ($0.3\text{mg}/\text{m}^3$), 此时工作人员进入辐照室是安全的。

本项目辐照室均拟设置通风联锁装置, 机房内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, 为保险起见, 建设单位要求在停机 10min 后操作人员方可被允许进入加速器辐照室内。因此, 辐射工作人员在允许条件下进入辐照室是安全的。

本项目加速器机房拟配备的排臭氧风机排风速率为不低于 $14000\text{m}^3/\text{h}$, 废气经辐照厅抽风槽引至排风管道内, 最终引至 15m 高的排气筒高空排放, 臭氧在常温下可自行分解为氧气, 经过大气的稀释和扩散作用, 对周围大气环境影响较小。

(2) 氮氧化物

根据工程分析可知, 氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一, 根据估算, 10MeV 辐照室内氮氧化物的浓度约为 $7.43\text{mg}/\text{m}^3$, 氮氧化物不能满足《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) 的氮氧化物浓度限值 ($5\text{mg}/\text{m}^3$) 要求, 但能够满足重庆市地方标准《大气污染物综合排放标准》(DB50/418-2016) 中的排放浓度限值 ($200\text{mg}/\text{m}^3$) 要求。而按照臭氧要求在关闭加速器后风机持续运行 10min , 辐照室内的氮氧化物浓度将更小, 氮氧化物产生和排放对工作场所大气环境的影响很小。

(3) 辐照室内臭氧排放对周围环境的影响分析

两台高能电子加速器出束过程中, 空气会因辐解产生 O_3 、 NO_x 等气体, 每台高能电子加速器的排风系统是相互独立的, 每套排风系统风量均为 $14000\text{m}^3/\text{h}$, 通风 10 分钟后, 辐照室内臭氧浓度均可满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》标准要求。1#辐照室和 2#辐照室各设 1 个 15m 的排气筒。

为了进一步分析高能电子加速器运行过程中产生的臭氧排放后对周边环境的影响, 本次假设臭氧不分解, 采用 AERSCREEN 大气估算软对辐照车间周边环境臭氧、

续表 11 环境影响分析

NO_x 最大落地浓度进行了预测，预测参数及结果分别见表 11.2-9、表 11.2-10。

表 11.2-9 预测参数

参数		1#排气筒		2#排气筒	
		O ₃ 取值	NO ₂ 取值	O ₃ 取值	NO ₂ 取值
城市农村/选项	城市/农村	城市			
	人口数	65 万人			
最高环境温度		42.52℃			
最低环境温度		-4.6℃			
土地利用类型		工业用地			
区域湿度条件		潮湿			
是否考虑地形	考虑地形	否			
	地形数据分辨率 (m)	/			
是否考虑岸线熏烟	考虑岸线熏烟	否			
	岸线距离 (km)	/			
	岸线方向 (°)	/			
NO _x 到 NO ₂ 的转换系数		/	NO ₂ /NO _x =0.9	/	NO ₂ /NO _x =0.9
底部海拔高度 (m)		265		265	
排气筒高度 (m)		15		15	
排气筒出口内径 (m)		1		1	
烟气流速 (m/s)		3.9		3.9	
烟气温度 (℃)		25		25	
污染物排放速率 (kg/h)		0.135	0.045	0.135	0.045
排放工况		正常		正常	

表 11.2-10 预测结果

项目	1#排气筒		2#排气筒	
	O ₃	NO ₂	O ₃	NO ₂
最大落地浓度 (mg/m ³)	2.59E-02	8.64E-03	2.59E-02	8.64E-03
最大浓度落地点 (m)	106	106	106	106
占标率 (%)	12.96	4.32	12.96	4.32

由表 11.2-10 计算结果可知，本项目臭氧最大落地浓度为 0.0259mg/m³ < 0.2mg/m³，NO₂ 最大落地浓度为 0.00864mg/m³ < 0.2mg/m³，满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中对应的 1h 平均二级浓度限值的要求。由于本次计算时未考虑臭氧自身的分解，且采用的估算模型计算值偏大，因此实际排放过程中，两座辐照室或内的臭氧通过排风系统由排气筒排放后，经过大气的稀释作用、扩散作用以及自身分解后，环境中实际臭氧浓度会显著低于上述结果。

续表 11 环境影响分析

综上所述，项目运行所产生废气对周边环境空气质量影响可接受，对周边环境空气质量影响小。

11.2.4.2 废水环境影响

(3) 废水

根据工程分析，本项目无生产废水，生活污水排水量为 $3.24\text{m}^3/\text{d}$ ($972\text{m}^3/\text{a}$)，生活污水主要污染物浓度为 $\text{COD}300\text{mg/L}$ 、 $\text{BOD}_5200\text{mg/L}$ 、 $\text{SS}200\text{mg/L}$ 、氨氮 35mg/L ，厂区内新建生化池 1 座（处理能力 $10\text{m}^3/\text{d}$ ），生化池的收集能力满足要求，项目生活污水经生化池收集处理达《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 ）后接入园区污水管网，进入渭沱污水处理厂处理；本项目位于合川工业园区城北拓展区（渭沱组团 B 区），属于渭沱污水处理厂服务范围内，项目排放的废水量仅为少量生活污水，不会对污水处理厂的处理负荷造成影响，污水经渭沱污水处理厂处理达标后排放，对地表水环境影响小。废水污染物排放总量已纳入渭沱污水处理厂总量指标内，不再另行申请总量。

项目废水对地表水环境影响较小。

11.2.4.3 噪声影响分析

(5) 噪声

项目拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机，噪声源强在 $60\sim75\text{dB}(\text{A})$ 。项目周边 50m 范围内无声环境保护目标，风机拟安装位置距离东、南、西、北各厂界距离分别约 28m 、 11m 、 30m 、 88m ，根据噪声距离衰减模式估算本项目风机对东、南、西、北各厂界贡献值分别为 $42\text{dB}(\text{A})$ 、 $54\text{dB}(\text{A})$ 、 $45\text{dB}(\text{A})$ 、 $36\text{dB}(\text{A})$ ，均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB3096-2008）3 类区标准要求。

综上，项目在尽量选用低噪设备、加强设备管理和维护等措施后对所在区域声环境影响小。

为确保厂界噪声达标，建设单位应采取以下措施对产生的噪声污染进行治理：

①选用低噪设备：在满足工艺技术要求的前提下，尽量选用国内外先进的低噪声设备，从声源上降低噪声污染。

续表 11 环境影响分析

②采取隔振、消声措施：风机、水冷设备等安装时采取隔震垫、基台减震。

③加强设备管理和维护：在营运过程中必须定期对设备进行检查、维护，确保设备处于良好的运转状态，杜绝因设备不正常运转产生的高噪声现象；对故障或损坏的设备及时进行维护或更换。

11.2.4.4 固废影响分析

本项目营运期各生产工艺环节均无固体废物产生，固废主要为餐厨垃圾及废浮油和员工生活垃圾。

餐厨垃圾产生量约 1.8t/a，和少量废浮油收集后交有资质单位处理。

生活垃圾产生量约 4.8t/a，由环卫部门统一收集，送城市垃圾填埋场处理。

本项目加速器维护保养均由设备厂家负责，加速器更换下来的部件其厂家回收按相关标准处置，本项目正常运营期无工业固废产生。

项目固废得到合理处置，对环境的影响较小。

11.3 相关符合性分析

(1) 产业政策符合性

本项目建设旨在为食品果蔬保鲜、医用卫生用品灭菌提供服务。加速器辐照装置应用满足国家法律法规与相关标准的要求，运行时无生产废水产生，符合清洁生产 and 环境保护的总体要求。根据国家发改委《产业政策结构调整指导目录》（2019 年本），项目属于第一类“鼓励类”中“六 核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

(2) 其他符合性分析

本项目位于合川区合川工业园区城北拓展区五思路，位于合川区工业园区内，不占用生态红线，符合《合川工业园区南溪组团、渭沱组团 B 区规划环境影响报告书》及报告书的审查意见函（渝环函[2019]1169 号）的相关规定。

11.4 实践正当性

项目利用辐照加工技术开展对食品果蔬保鲜、医用卫生用品灭菌等辐照加工，为产品生产企业提高产品质量提供服务。加速器辐照加工具有效率高、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

续表 11 环境影响分析

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。

项目对受电离辐射照射个人、企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.5 事故影响分析

11.5.1 电离辐射引起的生物效应

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。

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

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11.5-1 所示。

表 11.5-1 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
1.0~2.0	骨髓 型急 性放	轻度	乏力，不适，食欲减退；
2.0~4.0		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，1h~2h 后呕吐，白细胞短暂上升后下降；

续表 11 环境影响分析

4.0~6.0	射病	重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降；
6.0~10		极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降；
10~20	肠型急性放射病	轻度	受照射后 1h 内出现严重恶心、呕吐；1d~3d 内出现腹泻稀便、血水便：经 3d~6d，假愈期后上述症状加重为极期开始，可伴有水样便或血水便，发热；
20~50		重度	受照射后 1d 内出现频繁呕吐，难以忍受的腹痛，严重血水便，脱水，全身衰竭，低体温。继之剧烈呕吐胆汁样或咖啡样物，严重者于第二周在血水便或便中混有脱落的肠黏膜组织，大便失禁，高热；
50~100	脑型急性放射病		病程为 2d 左右，受照射后出现站立不稳、步态蹒跚等共济失调现象，定向力和判断力障碍，肢体或眼球震颤，强直抽搐，角弓反张等征象；
>100	脑型急性放射病		受照射后意识丧失，瞳孔散大，大小便失禁，休克，昏迷，很快死亡，病程经过仅为数小时；
备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）。			

根据《放射性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 11.5-2。

表 11.5-2 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 11.5-3。

表 11.5-3 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

续表 11 环境影响分析

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

11.6.2 电子加速器辐照事故风险、后果及预防措施分析

电子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连锁失效，在系统出束时，现场工作人员或周围公众成员误入辐射防护区，给上述工作人员或公众成员造成不必要的照射。

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有可能造成人员的误照射。

(2) 维修事故风险

项目安全连锁装置发生故障后，维修人员维修过后未恢复原状引起的辐照事故。

(3) 臭氧事故风险

①由于管理不善或安全连锁失效，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。

(4) SF₆ 气体泄漏风险分析

SF₆在常态下为一种无毒、无色、无味、不易燃气体，其化学性能极稳定，绝缘性和灭弧性极优。SF₆灭弧时，高温下 SF₆气体易分解或与气体中水分等杂质合成一些有毒或腐蚀性化学物质，如四氟化硫、二氧化硫、氟化亚硫酸等。

正常工况下，设备无 SF₆、四氟化硫、二氧化硫、氟化亚硫酸等泄漏；而当设备检修时，则将设备中所有气体抽出放入瓶中，避免发生泄漏而产生空气污染。

续表 11 环境影响分析

由于设备中 SF₆ 气体所需的纯度为 99.99%，故产生的四氟化硫、二氧化硫、氟化亚硫酸等气体含量极少。

防止 SF₆ 气体泄漏措施：

①安装压力调节阀，保持系统正常工作压力；本系统正常工作时气压表指示应为 0.2MPa；当系统工作压力高于 0.22MPa 时，电磁阀开启，系统放气至正常工作压力，电磁阀关闭；当系统工作压力低于 0.18MPa 时，控制台指示“气压”故障，需进行人工充气；初始安装时，波导内有空气，为防止空气中水汽对波导的腐蚀，应先预抽真空，再充气。

②安装截止阀，避免 SF₆ 气体泄漏；

③安装气体监测传感器，SF₆ 气体监测传感器由于可以发现微量的 SF₆ 气体泄漏，不仅满足安规对 SF₆ 气体监测浓度的要求保护现场工作人员的安全健康，而且由于能及时发现 SF₆ 设备发生泄漏，对设备安全运行也能起到预警作用提高设备安全运行水平。

④加强环境通风，发生 SF₆ 气体泄漏时，加强通风一是能稀释环境中 SF₆ 气体浓度，二是进行换气后，能增加氧含量。

采取以上措施后，可以有效降低 SF₆ 气体泄漏的环境风险，环境风险较小。

11.6.3 误照射剂量估算

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误入或误留在辐照室内受到误照射。相较之下，工作人员或其他人员（如维修人员）在辐照厅、主机室内时，距离电子加速器最近，受到的误照射最大。

本项目在辐照厅、主机室内墙四周均拟设置探测和报警装置，在辐照厅、主机室迷道内均设拉线开关，加速器控制柜上也设急停按钮，事故时受照人员拉下急停开关的反应时间以 5s 计算，按距设备 0.5m 处考虑，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）受到的误照射剂量见表 11.5-4 所示。

表 11.5-4 误照射人员 0.5m 处所受辐射剂量情况表

设备	距靶 1m 处的吸收剂量率(Gy/h)	受照时间 (S)	0.5m 处所受到的有效剂量当量(Gy)
辐照厅	810	5	4.5
	810	10	9
	810	15	13.5

续表 11 环境影响分析

	810	20	18
	810	30	27
主机室	9.6	5	0.05
	9.6	10	0.11
	9.6	15	0.16
	9.6	20	0.21
	9.6	30	0.32

根据上表核算,电子加速器运行时,主机室滞留人员受到误照射危害相对较小,0.5m处受到的有效剂量当量为0.05~0.32Gy,可能至随机性效应的发生;辐照厅滞留人员0.5m受到照射剂量为4.5~27Gy(不排除意外情况受照射剂量更大),会导致确定性效应的产生,甚至导致死亡。

假定事故时受照人员拉下急停开关的反应时间在30s以内,可能的受照工作人员或其他人员(如维修人员)2人,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的事故等级划分可知,本项目可能发生的最严重辐射事故为重大辐射事故。

(5) 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17.8mg/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。

(6) 事故风险防范措施

针对可能发生风险事故,该项目采取的风险防范措施如下:

①人员误照射

续表 11 环境影响分析

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厅、主机室，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过程中通过监控系统实时查看辐照厅、主机室内的情况，监控系统应无死角，要求工作人员每次上班时首先要检查安全连锁装置和急停开关是否正常；如果连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，工作人员进出辐照加工厂房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，尽可能避免人员误照射事故的发生。维修人员应有相关资质，按相关规章制度作业。

②臭氧事故

加速器工作前必须检查臭氧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。加速器停机后辐照室继续排风 5.2min 后室内臭氧浓度可降至要求的 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。实际工作中，工作人员必须在加速器停机后继续排风 10min 后方可进入。

11.6 环保投资估算

本项目总投资 4000 万元（工程屏蔽纳入主体工程），其中环保投资约 200 万元，占总投资 5%。本项目环保投资估算见表 10.6-1、表 10.6-2。

表 11.6-1 项目电子直线加速器辐射防护措施与投资一览表

序号	防护措施	措施情况及位置	投资金额 (万元)	备注
1	工程屏蔽	辐照室 2 座，由上下两层构成，建筑全部采用混凝土防护设计	160	新建
2	通道门	通道门 6 个，各辐照厅和主机室进出口设置普通铁门	15.5	新建
3	安全连锁装置	钥匙开关 2 个、门机连锁开关（电磁锁）6 套、束下装置连锁 2 套、声光报警装置 12 套、状态显示屏 2 个、巡检按钮 22 个、光电开关 22 道、急停按钮 6 个，拉线开关 6 套、剂量连锁 2 套、通风连锁 2 套、烟雾报警 2 套、监控摄像头 40 个、LED 屏 2 个等		
4	辐射警示标识	在监督区边界处设置电离辐射警示标志	0.5	新建
5	防护及监测用品	个人剂量计 18 个、便携式 X- γ 剂量监测仪 2 台；个人辐射剂量监测报警仪 4 台。	6.0	新建
合计			181.5	——

表 11.6-2 营运期三废治理及环保投资一览表

续表 11 环境影响分析

环保措施			投资金额（万元）	备注
废气治理	排风系统	每座辐照室配备 1 套臭氧排风系统：风机风量为 14000m ³ /h，废气引至 15m 高排气筒排放。	12	新建
噪声治理	加装消声器、安装减振装置等		3.5	新建
废水治理	员工食堂废水经隔油池处理后与生活污水一起经新建的生化池收集处理后进入园区污水管网。		3	新建
固废处置	餐厨垃圾及废浮油收集后交有资质单位处理，生活垃圾集中收集至公司垃圾桶后由环卫部门清运处理；加速器更换下来的部件其厂家回收按相关标准处置。		0	
合计			18.5	/

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

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。

项目投入运行前需成立辐射安全领导小组，负责辐射安全与环境保护管理领导工作，指导和督促从事辐照工作的人员做好辐射安全和放射防护工作，其中专职管理人员为本科学历，需具备一定的管理的能力。项目投入运行前辐照工作人员须按照规定参加培训并考核合格。

12.2 辐射安全管理

(1) 规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，重庆合威辐照技术有限公司拟成立辐射安全与环境保护工作领导小组，由于项目尚在拟建中，故建设单位承诺在项目运行前，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，以及加速器事故应急措施与辐射事故应急预案，并在项目运营前将上述措施等制作后悬挂于辐射工作场所。

另外，建设单位将在工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。

(2) 工作人员

项目劳动定员 32 人，辐照装置工作人员 18 人。

①人员配置

项目劳动定员 32 人，其中生产部(辐照装置运行)12 人，运行维护部、质量管理部共 6 人，生产部、运行维护部、质量管理部均为辐照装置工作人员，共计 18 人，辐照装置工作人员拟采取定编、定员、定岗方式，负责加速器操作、工艺、剂量等辐照装置的正常运行，以及安检、质量管理等工作，辐照物品搬运人员与后勤、管理人员等为非

续表 12 辐射安全管理

辐射工作人员。

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条有修改过的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。同时，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》（2019年第57号），各级生态环境部门不再对从事辐射安全培训的单位进行评估和推荐，不再要求从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员参加以上单位组织的辐射安全培训。有相关培训需求的人员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（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。从事辐射活动的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

本项目拟配置辐射工作人员 18 人，在本项目辐射工作人员到岗后，公司拟按照要求组织辐射工作人员报名参加辐射安全与防护培训，经过培训考核合格后上岗，定期安排辐射工作人员复训，并建立培训档案。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位拟对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。项目单位拟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。内容包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，个人剂量档案终生保存。

另外，要求辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

④职业健康检查

辐射工作人员上岗前，按要求进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。从事辐射工作期间，辐射工作人员按要求定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，将脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位拟建立和保存辐射工作人员的健康档案。

续表 12 辐射安全管理

(3) 射线装置台账管理

项目建设单位拟制定射线装置台账管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行辐照加工均进行基本信息记录。

(4) 年度评估

根据环境保护部令第 18 号第十二条规定：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，按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，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。

(5) 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感，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。建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、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。

(6) 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。

续表 12 辐射安全管理

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”、“监测和检查记录”、“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。

12.3 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 12.3-1。

表 12.3-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实情况
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。	项目拟成立辐射安全与环境保护工作领导小组
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须按照规定参加培训并考核合格。
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	辐照厅和主机室拟设置足够厚的混凝土墙以及迷道、防护门等进行屏蔽；拟设置门机联锁、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、紧急停机按钮、拉线开关等措施。室内外拟安装实时视频监控系統，并连接到控制室。
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，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、射线置装使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	尚未建立健全的规章制度。建设单位承诺在项目建成运营前，将按照相关规定和要求，完善相关制度，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，建设单位承诺在项目建成运营前，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。

项目尚在拟建中，合威公司拟成立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，承诺在项目建成运营前，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

续表 12 辐射安全管理

备检修与安全设施检查等制度，以及加速器事故应急措施与辐射事故应急预案。建设单位实现上述承诺方具备有满足从事辐射活动的的能力，在严格执行规定的辐射安全和管理制度，项目的运行安全是有保障的。

环评提出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；项目营运中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。

12.4 其他辐射安全管理要求

(1) 安全运行管理

①运营期将对辐照装置配备具有专业技术资格的人员，负责辐照装置在使用和运行过程中的安全。

②辐射安全与防护管理机构将定期巡视检查（检验）每台加速器的主要安全设备并评价辐射防护大纲的适宜性与执行状况。

③运营期将建立严格的使用运行记录制度，运行人员在值班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。记录事项一般不少于下列内容：运行工况；辐照产品的情况；发生的故障及排除方法；外来人员进入控制区情况；个人剂量计佩戴情况；个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果；检查及维修维护的内容与结果；其它。

(2) 人员资质和培训

①加速器辐照装置的操作人员、维修人员必须取得监管部门认可的辐射防护安全培训合格证书，并按规定接受再培训。

②加速器辐照装置的操作人员、维修人员必须通过相关技术培训。

(3) 日常管理

①操作人员必须佩带适用的个人剂量计，个人剂量计应定期送有资质的单位测读；按照有关规定建立工作人员的个人剂量档案，并有效保存。

②做好装置运行日志的记录。记录应包括所完成的辐照产品的有关情况，装置的运行状况，对故障和维修的细节应按专项进行记录。

续表 12 辐射安全管理

③未经许可，外来人员不得进入辐照室和控制室。确实有必要进入的一定要逐一个登记，并有专人带领，按照进出辐照室的有关规定办理。

④对装置进行改造或对影响安全性能的参数进行修改，须上报监管部门批准后才能进行。对所有改动必须详细准确地加以记录，并对记录作永久保存。

⑤接受有关部门依法对辐照装置进行日常监督。

(4) 装置的维护与检修

①日检查

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正常。常规日检查项目应至少包括以下内容：工作状态指示灯、报警灯和照明灯；辐照装置安全连锁控制显示状况；个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态。

②月检查

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正常或改正。月检查项目至少应包括：辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；控制台及其他所有紧急停止按钮；通风系统的有效性；验证安全连锁功能的有效性；烟雾报警器功能正常。

③半年检查

加速器辐照装置上的安全状况应每 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：配合年检修的检测；全部设备和控制系统。

设施设备安全检查制度见表 12.4-1。

12.4-1 设施设备安全检查制度一览表

序号	检查类型	检查内容
1	日检查	工作状态指示灯、报警灯和照明灯；辐照装置安全连锁控制显示状况；个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态。
2	月检查	辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；控制台及其他所有紧急停止按钮；通风系统的有效性；验证安全连锁功能的有效性；烟雾报警器功能正常。
3	半年检查	配合年检修的检测；全部设备和控制系统。

(5) 检查记录

所有的监测、维护作业、修改和改变与辐照装置安全的内容都安全应记录并保存工作日志档案。

续表 12 辐射安全管理

12.5 辐射环境监测

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、辐照室工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位拟配备相应的监测仪器，并制定监测方案，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：

（1）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。

（2）工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后拟对辐照加工厂房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：辐照加工厂房辐照厅、主机室周围屏蔽体外 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，并根据实际建成后的情况适当调整位置、增减监测点位。

12.6 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方案或具有针对性与操作性的应急措施。

续表 12 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（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电子加速器出束过程中人员受到误照射，可能造成较大及以上级别辐射事故，应制定事故应急预案。

12.6.1 应急预案相关要求：

（1）应急响应计划

辐照装置使用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。辐照装置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。

（2）应急物资

辐照装置使用单位应保证所有必需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。

（3）应急培训与演练

辐照装置使用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，所有培训应包括回顾以往事故的教训。

（4）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。

续表 12 辐射安全管理

12.6.2 事故应急方案与措施

(1) 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。

(2) 辐射事故处理

启动并组织实施应急方案，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。

(3) 事故报告程序

项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局、市生态环境局报告，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。

12.7 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 12.7-1。

表12.7-1 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	2 台 10MeV 电子辐照加速器（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 HJ979-2018 等
4	人员要求	按照要求组织辐射工作人员参加培训及复训，持证上岗。	环境保护部令第 18 号等
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	废气	辐照废气引至 15m 高排气筒排放。	《大气污染物综合排放标准》

续表 12 辐射安全管理

			(DB 50/418-2016)
		食堂油烟经油烟净化器处理后排放。	《餐饮行业大气污染物排放标准》(DB50/859-2018)
7	废水	生化池 1 座, 处理能力 10m ³ /d。	GB 8978-1996 三级标准; 氨氮参照执行 GB/T31962-2015:45mg/L
8	噪声	厂界噪声	GB12348-2008 中 3 类标准
9	固废	餐厨垃圾及废浮油收集后交有资质单位处理; 生活垃圾交环卫部门统一处置; 加速器维修更换的主要部件由厂家回收处置	妥善处置
10	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。	
11	通风要求	设置通风系统以保证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	
12	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、监测方案等。	

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆合威辐照技术有限公司在重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路建设“合威电子加速器辐照技术服务项目”，拟新建综合楼及生产厂房各 1 栋，其中生产厂房内设辐照加工厂房 1 栋（2F 钢筋混凝土结构），建设 2 座电子辐照室，包括 1F 辐照厅及 2F 主机室、控制室等辅助用房；并配置加速器、物料传输系统、水冷机组、安全设施和控制系统等设施设备。项目总占地面积约 6200m²，总建筑面积约 5066.2m²，拟配置 2 台 IS1020 型电子加速器（II 类射线装置，其最大电子束能量、最大电子束流强与最大功率均分别为 10MeV、2mA 与 20kW），开展食品果蔬保鲜、医用卫生用品灭菌等辐照加工，建成后达到年辐照食品果蔬 2.8 万吨、医用卫生用品 1.2 万 m³。总投资约 4000 万元，其中环保投资约 200 万元。

13.1.2 产业政策符合性

本项目的建设是为了对食品果蔬保鲜、医用卫生用品灭菌。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（2019 年本）》，本项目属于第一类“鼓励类”中“六核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性评价

本项目使用辐照装置的目的是为了对食品果蔬保鲜、医用卫生用品灭菌，提高产品保存期，目的明确、理由正当，通过本环评的分析、预测和评价可知该项目实施后对周围环境的影响均远远低于国家相关标准，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价，有利于发展社会经济，符合国家产业政策及辐射防护“实践的正当性”原则。因此，本环评认为该项目的实施是正当可行的。

13.1.4 选址可行性分析

项目辐照加工厂房位于重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五四路公司厂区内，不占用生态红线，拟建场址辐射环境质量现状良好，能满足项目的建设需求；项目地块南侧、东侧均为规划的工业用地，北侧为园区道路，西侧为园区道路和云邦集团（碎石

续表 13 结论与建议

料仓)，本项目外环境相对简单，从环保角度来看，项目的选址是可行的。

13.1.5 布局合理性分析

项目辐照加工厂房位于厂区南侧，距离公司厂区北侧生活、办公活动场所等公众成员停留时间较长的区域相对较远，辐照加工厂房周围人员活动相对较少，项目辐照加工厂房的 2 座辐照室均为 2 层建筑；1 楼为辐照厅、货物传输与储存区，辐照货物传输与储存区位于辐照室北侧，2 楼主要为主机室、控制室、电气设备室、水冷设备室等，其上方为厂房内空间、无其他建筑物；辐照厅和主机室内部均拟设置迷道，控制室位于辐照厅迷道上方，辐照货物通过自动传输系统进行收发，并通过迷道进出辐照厅；货物进出口旁拟设置人员进出通道门，用于工作人员进入辐照厅巡检、检修等工作；加速器主机拟布置于 2 楼主机室，主机室上方人员无法到达，辐照室四周活动人员较相对少。

上述设置布局利于辐射防护安全控制，从辐射防护与环境保护角度，项目的布局较合理。

13.1.6 环境质量现状

根据监测可知，本项目拟建位置及周围环境的地表 γ 辐射剂量率的监测值在 88n~98nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），项目场址环境 γ 辐射剂量率背景值在正常掌握范围内。

13.1.5 环境影响分析

（1）施工期

项目施工期主要包括生产厂房、综合楼及辐照加工厂房建设、内部装修、加速器设备安装，以及生化池等建设，施工期的主要污染因子有：施工噪声、扬尘、废水(施工废水及少量生活污水)、建筑垃圾、装修垃圾及少量施工人员生活垃圾等。项目工程量小，施工期较短，其噪声、扬尘、废水、固体废物等对外界的影响是暂时的；项目施工在工业园区范围内，周围环境保护目标较少，对外界环境影响较小，同时随着施工期的结束，影响也将消失。

项目施工期对环境的影响是可以接受的。

（2）营运期

1) 电离辐射

①辐照加工厂房的屏蔽防护

续表 13 结论与建议

辐照加工厂房中辐照厅及主机室四周墙体、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，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 10MeV 电子加速器进行运行，辐照加工厂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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，所有穿越防护墙的管道（电缆线管、水管、排风管等）均采用了特殊处理。

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。拟将辐照厅（含迷道）、主机室（含迷道）及各自辐照货物、人员出入口以内的区域设置为控制区，在此区工作的人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，辐照厅、主机室的出入口处设置醒目的声光报警、工作状态指示器及电离辐射警告标志，以及门机联锁等防止人员误入辐照厅、主机室的控制措施；辐照厅、主机室屏蔽墙体外的相邻区域为监督区，包括 1 楼上下货物区、厂内通道等，以及 2 楼控制室、工具间、2 楼室外平台等。

本项目辐照加工运行由计算机控制系统管理，监控加速器的正常运行，实施安全联锁，并与束下装置联动配合。只有当联锁系统正常的情况下，加速器才能正常启动。辐照厅与主机室内外安装紧急停机按钮和急停拉线，设置门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，安装安全巡检按钮、触点联锁、限位开关与电磁锁防护门、光电开关、拉线开关，烟雾报警器等，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

②剂量估算结果

通过核算，建设单位按环评要求增加墙体厚度后，本项目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）及《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）相关标准的要求。

③环境保护目标影响

根据预测，拟建辐照加工厂房周围环境保护目标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》（HJ979-2018）的要求。

续表 13 结论与建议

2) 废气影响

本项目加速器工作时会产生臭氧和氮氧化物等有害气体，辐照室拟设机械排风，出风口位于辐照加工厂房外，废气引至排风管道内，最终引至 15m 高的排气筒高空排放。加速器停机后风机继续运行，经环评估算停止辐照 10min 后，辐照室 O₃ 和 NO_x 浓度能满足相关标准规定的限值要求，运行人员方可进入辐照室内；辐照室内废气臭氧在常温下可自行分解为氧气，经过大气的稀释和扩散作用，对周围大气环境影响较小。

项目运行所产生废气对周边环境空气质量影响可接受。

3) 废水影响

本项目不产生生产废水；员工食堂废水经隔油池处理后与生活污水一起经新建的生化池收集处理后进入园区污水管网。

4) 噪声影响

项目运营期间产生的噪声主要来源于风机、水冷设备等各类设备运行噪声及货物搬运噪声。项目拟使用低噪声节能排风机和螺杆式静音空压机，并拟采取基础减振等措施降噪；项目周边 50m 范围内无声环境保护目标，经环评预测，项目对厂界噪声的贡献较小，厂界噪声可达《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 3 类标准要求，项目建设对项目所在区域声环境影响小。

5) 固废环境影响

本项目加速器维护保养均由设备厂家负责，加速器更换下来的部件其厂家回收按相关标准处置，正常运营期无工业固废产生；项目固废主要有员工生活垃圾、餐厨垃圾及食堂废水隔油处理后的废浮油，餐厨垃圾及废浮油收集后交有资质单位处理，生活垃圾集中收集至公司垃圾桶后由环卫部门清运处理。固废妥善处置后对环境的影响小。

13.1.7 辐射与环境保护管理

项目尚在拟建中，合威公司拟成立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，承诺在项目建成运营前，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，以及加速器事故应急措施与辐射事故应急预案。建设单位实现上述承诺方具备有满足从事辐射活动的的能力，在严格执行规定的辐射安全和环境

续表 13 结论与建议

管理制度，项目的运行安全是有保障的。

环评提出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；项目营运中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。

13.1.8 综合结论

合威电子加速器辐照技术服务项目位于重庆市合川区合川工业园区城北拓展区五思路公司厂区，项目建设符合国家相关产业政策、符合辐射防护“实践正当性”要求，严格落实报告表提出的辐射安全防护措施和污染治理措施的情况下，该项目环境风险可控，能实现辐射防护安全目标及污染物达标排放，从辐射防护与环境保护角度，项目建设可行。

13.2 建议

(1) 加强对辐射工作人员专业知识和业务工作的定期培训，提高操作熟练程度，从而最大程度地降低受照剂量、避免辐射事故的发生。

(2) 根据新的法律法规和行业标准并结合实际工作，不断对规章制度进行补充完善。



合川区地图

0 3 6 9千米



项目所在地

附图1 项目地理位置