

核技术利用建设项目
山东恒发卫生用品有限公司
电子加速器辐照消毒项目
环境影响报告表

山东恒发卫生用品有限公司

二〇二六年七月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

山东恒发卫生用品有限公司

电子加速器辐照消毒项目

环境影响报告表

建设单位名称：山东恒发卫生用品有限公司

建设单位法人代表(签名或签章)：

通讯地址：临清市金郝庄镇冯杨村村北

邮政编码：252655

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

表 1 项目基本情况

建设项目名称		山东恒发卫生用品有限公司电子加速器辐照消毒项目				
单位名称		山东恒发卫生用品有限公司				
法人代表	刘宪朝	联系人	刘学河	联系电话	13406346555	
注册地址		山东省聊城市临清市金郝庄镇冯杨村				
建设地点		临清市金郝庄镇冯杨村村北，山东恒发卫生用品有限公司厂区内				
立项审批部门		临清市行政审批服务局	批准文号	2605-371581-89-02-349708		
建设项目总投资（万元）	2000	项目环保投资（万元）	300	投资比例（环保投资/总投资）	15%	
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)	270.07
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 使用	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他					
	1.1 建设单位简介 山东恒发卫生用品有限公司是从事生产和销售一次性卫生用品的专业厂家，成立于 2003 年 9 月，注册地址山东省聊城市临清市金郝庄镇冯杨村北，注册资金 10000 万元。公司经营范围包括许可项目：卫生用品和一次性使用医疗用品生产；第二类医疗器械生产。一般项目：卫生用品和一次性使用医疗用品销售；母婴用品制造；母婴用品销售；纸制品销售；个人卫生用品销售；第一类医疗器械生产；第一类医疗器械销售；第二类医疗器械销售；产业用纺织制成品制造；产业用纺织制成品销售；日用口罩（非医用）生产；日用口罩（非医用）销售；针织或钩针编织物及其制品制造；针纺织品及原料销售；货物进出口；日用杂品制造；宠物食品及用品批发。 厂内现有工程为婴儿及成人纸裤生产项目，年产卫生用品 3.5 亿片。公司地理位置见图 1-1。					

1.2 项目概况

企业根据提升灭菌技术水平和产品品质需要，拟投资 2000 万元，在厂区东北部现有厂房位置建设一座两层辐照厂房，占地面积 270.07 平方米，购置一套 GY-DZ-10/20 型辐照电子直线加速器（电子束最大能量 10MeV，束流强度 2.0mA），建设一条辐照灭菌加工线，用于企业生产的卫生用品灭菌消毒，年辐照加工能力为 30000 吨。加速器主体建筑按照实际功能需求划分为设备间、控制室、加速器室、迷道、辐照室，并设置动力通风装置等防护措施。

经现场勘查，本项目加速器机房尚未建设，电子直线加速器设备尚未安装。本项目射线装置情况详见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置一览表

装置名称	型号	类别	数量	最大能量 (MeV)	额定电子 束流 (mA)	用途	工作场所	照射方向
工业电子 加速器	DZ-10/20	II 类	1 台	10	2	消毒灭菌	加速器厂房	向下照射

1.3 项目选址及周边环境

本项目位于临清市金郝庄镇冯杨村北，根据《临清市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，项目不涉及自然保护区、海洋公园、地质公园、风景名胜区、饮用水源保护区、重要湿地等，因此本项目用地符合国土空间规划。项目在公司厂区内部建设，根据山东恒发卫生用品有限公司土地证鲁（2021）临清市不动产权第 0002530 号，项目所在厂区为工业用地，项目符合用地规划。企业土地证见附件 5，临清市国土空间规划见附图 2。

本项目加速器机房拟建于厂区东北部、现状综合仓库东部，辐照室所在区域周围 50m 范围内：西侧为综合仓库、北侧为农田、南侧为厂内道路和仓库、东侧为空地；探伤室下方为土层。经现场勘查，辐照室所在区域周围 50m 范围内无居民区、学校等人员密集区，探伤室屏蔽设计以及对周围环境保护目标的影响均满足相应标准要求，因此，本项目选址合理。

项目周边环境关系影像图见附图 3。

1.4 产业政策符合性

本项目建成后用于企业生产的卫生用品辐照灭菌，属于现有工程配套项目。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于国家允许建设的项目，符合产业政策。

1.5 实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“4.3 辐射防护要求”、“4.3.1 实践正当性 4.3.1.1 对于一项实践，只有在考虑社会、经济和其他因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的”。

辐照灭菌是利用电离辐射杀死大多数物质上的微生物的一种有效方法，具有灭菌彻底、成

本低、节约能源、穿透力强、无残留等优点，目前该技术已被广泛应用与食品、药品、医疗器械、化妆品、保健品、包装材料、肉制品、玩具等灭菌处理，具有广阔的市场前景和明显的社会效益。

本项目加速器机房整体布局较为合理，工作场所按相关规范、标准要求进行了设计，防护措施满足标准要求。项目实施后有利于企业产品品质和效益提升，对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.6 目的和任务由来

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环保部公告 2017 年第 66 号），本项目电子直线加速器辐照设备属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

本项目设备电子加速器用于对公司产品进行消毒灭菌，属于主体工程的配套项目，电子加速器在工作过程中可能对环境产生一定的辐射影响。为保护环境和公众，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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许可管理办法》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，山东恒发卫生用品有限公司委托我公司对电子加速器辐照项目进行辐射环境影响评价。我单位接受委托后，在进行现场调查与核实、辐射环境检测、收集和分析有关资料、理论预测等基础上，编制完成了该项目的环境影响报告表。

表 2 射线装置

名称	类别	数量	型号	加速离子	最大能量 (MeV)	额定电子束 流 (mA)	用途	工作场所	备注
辐照电子直线 加速器	II 类	1 台	GY-DZ-10/20	电子	10	2	消毒灭菌	加速器厂房	向下照射

表 3 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
非放射性气体 (O ₃ 、NO _x)	气态	/	/	/	/	/	/	经通风系统排 向外部环境

表 4 评价依据

法规文件	(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； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，全国人民代表大会常务委员会 2018 年修正； (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； (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； (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部 部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施； (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，2019 年 3 月修订； (7) 《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 公告第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日起施行，2021 年 1 月第四次修订； (10) 《山东省环境保护条例》，2019 年 1 月 1 日起施行； (11) 《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告（第 37 号），2014 年 5 月 1 日起施行； (12) 《关于印发<山东省辐射事故应急预案>的通知》，鲁环发字〔2021〕11 号，2021 年 12 月 29 日起实施； (13) 《聊城市生态环境局辐射事故应急预案》（2022 年 6 月 27 日发布）。
技术标准	(1) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (5) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）； (6) 《γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）；

	(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (8) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-1985)； (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》(GBZ2.1-2019)； (10) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)； (11) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)。
其他	(1) 建设单位辐射环境影响评价委托书； (2) 建设单位提供的电子加速器设备相关技术资料； (3) 《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站，1989年)； (4) 项目区现状辐射量检测报告。

表 5 保护目标与评价标准

5.1 评价范围

根据《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）规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。

本项目为射线装置应用项目，根据本项目辐射特点，本次评价范围为电子加速器机房四周墙体外 50m 的范围。

5.2 保护目标

本项目主要保护目标为评价范围内活动的公众成员和职业人员。职业人员为在控制室内及机房周围工作的工业电子加速器操作人员，公众成员包括在机房四周 50m 范围内工作和活动的公司员工及偶然经过的公众人员。本项目主要环境保护目标的详细情况见表 5-1。

表 5-1 机房周围主要保护目标情况

保护目标	人数	方位、距离	环境特征
项目工作人员	4	机房所在建筑	辐照加速器机房高度 8.2m
南侧生产车间	10	SW, 31m	单层钢结构厂房，高约 9m
西侧生产车间	14	W, 37m	单层钢结构厂房，高约 9m

通过对本项目环境影响评价，使电子加速器所在加速器机房周围环境辐射水平低于国家规定的限值，确保该区域活动的公众成员和辐射工作人员所受到的辐射低于国家规定限值。

5.3 评价标准

（1）工作场所剂量率参考控制水平

根据《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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。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。

本次评价采用 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为加速器机房四周及有人员到达的室顶区域剂量率目标控制值。

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

B1 剂量限值：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 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）， 20mSv ；

b) 任何一年中的有效剂量， 50mSv ；

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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；

依照辐射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，该标准提出剂量约束值通常在公众照射剂量限值的 1~30%、即 0.1~0.3mSv/a 的范围之内。

(3) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 标准

6.1.2 当职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，并作进一步调查。本标准建议的年调查水平为有效剂量 5mSv，单周期的调查水平为 5mSv/（年监测周期数）。

(4) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 4.2.1 辐射防护原则中个人剂量要求

辐射工作人员职业照射和公众照射剂量限值应满足 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。

综上所述，本次评价以 0.1mSv/a 作为公众成员的年管理剂量约束值，以 5.0mSv/a 作为职业人员的年管理剂量约束值。

(5) 污染物控制标准

① 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)

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。

② 《环境空气质量标准》(GB3095-2026)

臭氧 (O₃) 1 小时平均浓度二级限值要求为：200 μg/m³；二氧化氮 (NO₂) 1 小时平均浓度二级限制要求为：200 μg/m³。

③ 《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)

4.1 工作场所空气中化学物质容许浓度

臭氧浓度的接触限值为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.4 电子加速器辐照装置的安全设计

《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中：

6.1 联锁要求

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

安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。

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

6.2 安全设施

（1）钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门联锁。

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

（2）门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。

辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机；

（3）束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器应自动停机；

（4）信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁；

（5）巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。

加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。

（6）防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁；

（7）急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区；

（8）剂量联锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开；

(9) 通风连锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统连锁，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。

综上所述，本次评价采用 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为加速器机房四周及有人员到达的室用顶区域剂量率目标控制值；用 5.0mSv/a 作为职业工作人员的年管理剂量约束用值；用 0.1mSv/a 作为公众成员的年管理剂量约束值；分别用 0.3mg/m^3 和 0.2mg/m^3 作为辐照室内和排放到大气中臭氧的浓度限值。

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目位置

本次评价项目位于临清市金郝庄镇冯杨村村北，山东恒发卫生用品有限公司厂区东北部。项目机房东侧为空地、北侧为农田、西侧为仓库、南侧为厂内道路和仓库。

本项目场所四周环境见表 6-1，所在厂区平面布置见图 6-1。

表 6-1 项目场所周围环境一览表

名称	方向	50m 评价范围内场所名称	与机房距离/m
机房辐照室	上方	辐照室	/
	东面	厂区空地	/
	南面	厂内道路及仓库	距离道路 3m、南侧仓库 13m、西南侧车间 31m
	西面	仓库、生产车间	仓库紧邻、距离生产车间 36m
	北面	厂区空地、农田	距离农田 4m
机房主机室	上方	主机室	/
	东面	厂区空地	/
	南面	厂内道路及仓库	距离道路 3m、南侧仓库 13m、西南侧车间 31m
	西面	仓库、生产车间	仓库紧邻、距离生产车间 37m
	北面	厂区空地、农田	距离农田 4m

项目现场现状照片如下。

	
拟拆除建设本项目机房位置	项目西南方向生产车间

	
项目南侧仓库	本项目机房位置拟拆除厂房
 ● 现场踏勘 天气: 阴 17°C 地点: 聊城市·山东恒发卫生用品有限公司 经纬度: 116.008965°E 36.874219°N	 ● 现场踏勘 天气: 阴 17°C 地点: 聊城市·山东恒发卫生用品有限公司 经纬度: 116.008981°E 36.874580°N
项目东侧空地	项目北侧农田

6.2 环境天然辐射水平

《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》（山东省环境监测中心站，1989年）提供的聊城地区 γ 辐射剂量率数据见表6-2。

表 6-2 聊城市环境天然 γ 辐射剂量率

监测内容	范围 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	平均值 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	标准差 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)
原野	2.90~6.66	4.56	0.86
道路	1.90~6.67	3.97	1.10
室内	6.47~12.85	9.24	1.46

6.3 环境辐射现状

6.3.1 检测方案

本次评价现场勘查时项目机房未开工建设，加速器未购置。本次仅对辐照室拟建区域周围及环保目标处的 γ 辐射空气吸收剂量率进行检测。检测方案如下所示：

(1) 环境现状评价对象

探伤室拟建区域周围及环境保护目标处的辐射环境现状。

(2) 检测因子

环境 γ 辐射剂量率。

(3) 检测点位

因目前机房尚未开工建设，本次评价只进行项目场址现状值检测，在项目机房拟建区域及周围环境保护目标处布设6个检测点，检测布点见图 6-2。



图 6-2-1 项目机房及厂区环境辐射检测点位图

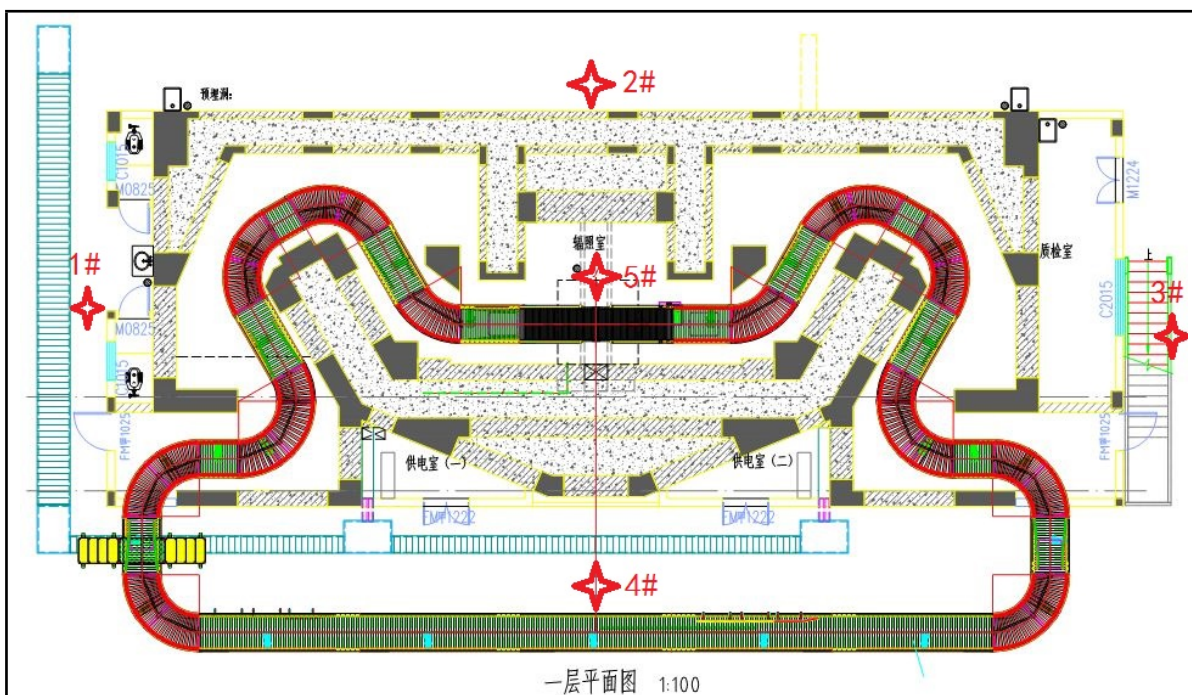


图6-2-2 项目机房及周边环境辐射检测点位图

6.3.2 质量保证措施

(1) 监测单位

本次评价委托山东鼎嘉环境检测有限公司开展检测，该公司已获得生态环境监测(检测)资质认定，资质编号241512346859，具备本工程所涉及X-y辐射剂量率的检测资质。

(2) 监测仪器

名称：便携式多功能射线检测仪 (BG9512P/BG7030)

设备编号：A-2503-01

检定单位：华东国家计量测试中心上海市计量测试技术研究院有限公司

检定证书编号：2026S10-20-6438437001

检定有效期至：2027年4月7日。

(3) 监测方法

依据《环境 γ 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测量。将仪器接通电源预热15min以上，仪器探头离地1m，设置好测量程序，仪器自动读取10个数据，计算检测值和标准偏差。

(4) 其他保证措施

本次由两名监测人员同时进行现场监测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

检测时获取足够的数据量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料，仪器校准(测试)证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。

检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

6.3.3 监测时间与条件

2026年5月28日，天气：晴；温度：28.5℃；相对湿度：44.2%RH。

6.3.4 监测结果

加速器机房拟建位置周围及中心位置环境 γ 辐射剂量率检测结果见表6-3。

表6-3 加速器机房拟建位置 γ 辐射剂量率检测结果

点位编号	点位位置	平均值 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)
1#	拟建项目机房北侧	64.36	0.29
2#	拟建项目机房东侧	66.11	0.28
3#	拟建项目机房南侧	65.21	0.27
4#	拟建项目机房西侧	66.65	0.26
5#	拟建辐照机房辐照室心位置	67.30	0.34
6#	厂区内项目南侧道路	56.34	0.26

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值（ 10.28 ± 0.25 ）nGy/h。

6.3.5 辐射环境现状调查结果评价

由表6-3检测结果可知，本项目拟建加速器机房区域中心位置及周围环境 γ 辐射剂量率现状值为64.36~67.30nGy/h（即 $6.44 \times 10^{-8} \sim 6.73 \times 10^{-8}$ Gy/h），处于聊城市环境天然辐射水平的范围（室内 $6.47 \times 10^{-8} \sim 12.85 \times 10^{-8}$ Gy/h）；厂区道路处环境 γ 辐射剂量率现状值为56.34nGy/h（即 5.63×10^{-8} Gy/h），处于聊城市环境天然辐射水平的范围（道路 $1.90 \times 10^{-8} \sim 6.67 \times 10^{-8}$ Gy/h），均属于正常的本底水平。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期工艺流程简述 本项目拟建加速器机房为混凝土结构，分为上下二层，一层为辐照室，二层为加速器主机室；配套用房供电室、控制室、电气设备室、水冷设备间、质检室控制室等为砖混结构，施工期建设内容为包括机房主体工程和辐射防护工程建设、安全防护设施的安裝等，施工期可能的污染因素主要为噪声、扬尘、施工废水、生活污水、固体废物等常规污染因素，不涉及辐射影响。施工期工艺流程及产污环节见图 7-1。 <pre>graph LR; A[基础工程] --> B[主体工程]; B --> C[辐射防护工程]; C --> D[设备安装]; D --> E[工程验收]; A --> A1[噪声、扬尘、施工废水、生活污水、固体废物]; B --> B1[噪声、扬尘、施工废水、生活污水、固体废物]; C --> C1[噪声、扬尘、施工废水、生活污水、固体废物]; D --> D1[噪声、固体废物]; E --> E1[无];</pre> 图 7-1 施工期工艺流程及产污环节示意图
7.2 运营期工艺流程简述 7.2.1 工业电子加速器简介 （1）工作原理及设备结构 辐照灭菌是指利用放射源的 γ 射线及加速器产生的高能电子束或X射线对食品、药品、医疗器械、化妆品等以灭菌为目的的辐射处理。灭菌是指使产品无活微生物的加工。在灭菌加工中，微生物的死亡遵循指数函数的规律，任何单件产品上微生物的存在可用概率表示，该概率可以减少到非常低的数目。辐照灭菌法与化学灭菌法、高压蒸汽灭菌法相比，具有节约能源、污染小、操作安全，可对包装物品和热敏材料进行灭菌，可实现连续自动化生产等优点。电子加速器是使用微波电磁场加速电子的加速器，带电粒子从加速器的真空区被引出后射向辐照室中待辐照产品。本项目选用的辐照电子加速器的工作原理便是利用电子加速器产生的高能电子束作用于辐照产品，实现灭菌目的。设备运行过程采用循环水冷却，冷却水使用外购纯水，只添加不外排。加速器的总体结构见图7-2。

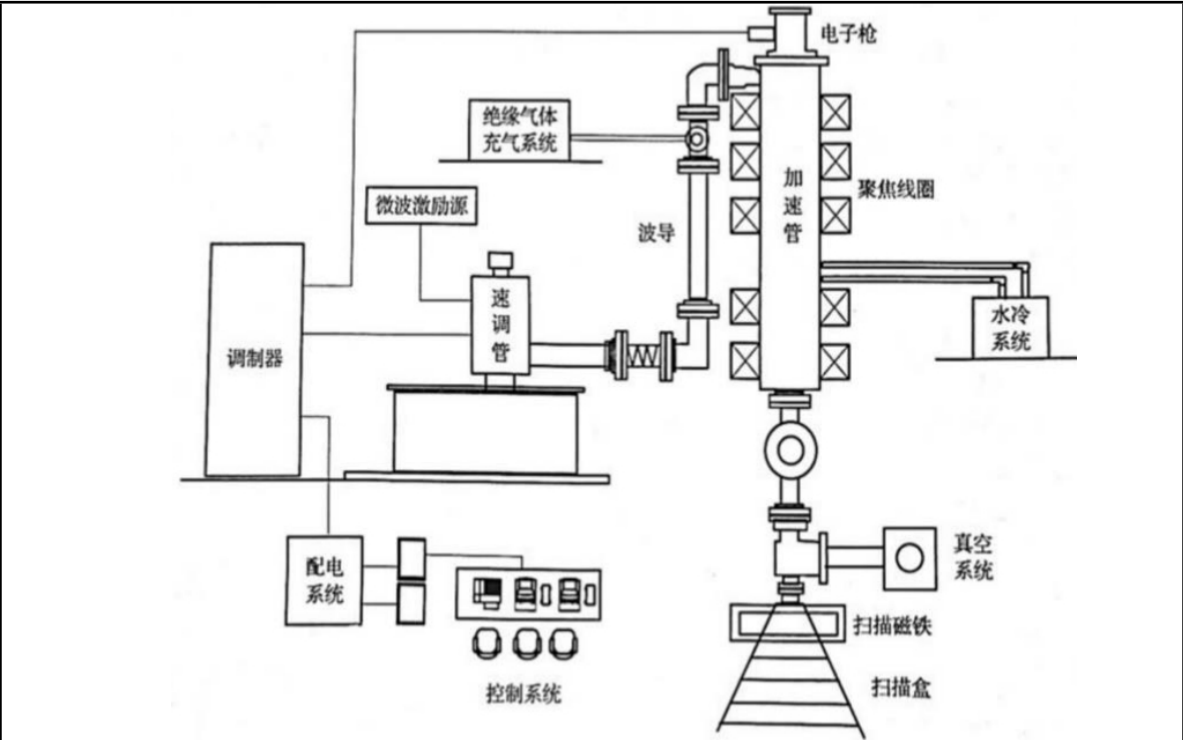


图 7-2 辐照加速器装置示意图

(2) 项目电子加速器技术参数

本项目拟安装1台GY-DC-10/20型多能量电子直线加速器，属于Ⅱ类射线装置电子加速器主要技术指标见表 7-1。

表 7-1 加速器机房拟建位置 γ 辐射剂量率检测结果

项目/指标	参数	指标	参数
产品型号	GY-DC-10/20	数量	1 台
主射束方向	辐照向下	束流能量	8~10MeV
束流平均功率	10~20kW	束流平均强度	1~2mA
束流脉冲功率	3.0~3.6kW	束流脉冲强度	250~450mA
能散度	≤±5%	束流损失率	≤2%
束斑尺寸（钛窗处）	≤40mm	扫描频率	7~11Hz
扫描宽度（距钛窗 700mm）	300~800mm	照射剂量均匀度	≤±5%
输运线方式	同步输运线	输运线速度	0.5~15m/min
辐照剂量 (10MeV/20KW, 离钛窗 700mm、 扫宽 700mm)	输运线速度 1m/min: ≥24KGy; 输运线速度 2m/min: ≥12KGy 输运线速度 4m/min: ≥6KGy; 输运线速度 8m/min: ≥3KGy 输运线速度 12m/min: ≥2KGy		
真空密封方式	全金属密封	真空度	10 ⁻⁷ Pa
年稳定运行时间	7000h		

(3) 工艺简介

本项目电子加速器主要由电子枪、加速结构、传输系统、聚焦系统、导向系统、偏转系统、真空系统、水冷系统、控制系统等组成。加速器在进行辐照时由电子枪发射电子，电子经加速器管加速并经扫描盒扩展成为均匀的有一定宽度的电子束，以对产品进行辐照灭菌加工服务。

辐照加速器需要建设工业辐照专用的辐照室，以屏蔽加速器装置运行时的辐射影响，保证辐照室外工作人员的安全。辐照室为钢筋混凝土结构，加速器装置的主要部分安装在二层的主机室内，粒子引出系统位于加速器装置机身正下方，通过二层楼地板伸向一层的辐照室。接受辐照的物品通过自动传送系统从入口经迷道进入辐照室，到达粒子引出系统正下方的电子束有用线束范围内进行辐照，之后经过迷道从辐照室的出口离开辐照室。

加速器工作时，设备操作人员位于控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况，装卸货物的工人位于辐照室外装卸货区。加速器出束时，主机室及辐照室内均无人员停留。

7.2.2 辐照灭菌工作流程

①辐射工作人员对辐照室进行巡检（按要求依次按下巡检按钮）、清场，确认室内无人；确认门机连锁、巡检按钮、光电联锁、紧急停机及拉绳开关等辐射安全系统及装置无异常；

②将拟辐照产品放置于传输系统上；

③调整好加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度；

④辐射工作人员开启辅助系统、控制系统等进行预热；

⑤启动辐照装置，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货物出口传送出。

整个辐照灭菌加工过程，正常情况下工作人员不必进入辐照室，均在辐照室外一定距离处的装卸货区进行辐照货品的装卸，所有需照射加工的货物通过自动输运线转送至束流中心辐射区进行辐照加工。工作流程见图 7-3。

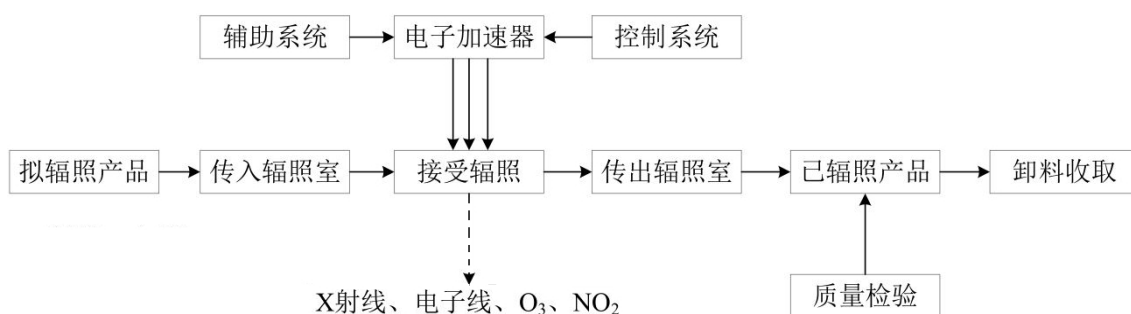


图 7-3 辐照灭菌生产流程示意图

7.2.3 人流、物流规划

(1) 人员路径规划规划

工作人员和管理人员从车间南侧进出门进入，在加速器机房南侧楼梯进入二楼控制室，开

展相应工作。

(2) 物流规划

待辐照货物从车间南门进入，在机房西侧暂存区暂存，货物自辐照室北门进入迷道，经过辐照后经迷道路自辐照室南门输出，辐照后货物暂存于机房西侧暂存区。

7.2.4 工作人员及工作负荷

本项目加速器为连续出束，主射方向为定向朝地，以最大负荷计，每次最大连续出束8h（1天），年运行天数不超过300天，因此本项目电子加速器年出束时间最长为2400h。

本项目拟配备4名工作人员，目前人员尚未确定，待人员确定后，公司安排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进行自主学习，并参加考核，经考核合格后方可上岗。

7.3 污染源项描述

7.3.1 施工期污染因素分析与评价因子

(1) 噪声

本项目施工期噪声主要来自拟建位置现有仓库拆除、开挖地基、场地平整、混凝土浇筑等几个阶段，主要噪声源为打桩机、混凝土搅拌机、卷扬机等各种建筑施工机械运转时的噪声以及建筑材料运输过程中的交通噪声，另外还有突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

(2) 废水

施工期废水主要来自两个方面：一是施工泥浆废水，二是施工人员的生活废水。施工泥浆废水主要来自混凝土养护、砌砖保湿。本项目建设内容简单，施工期最多时期有10人施工，总施工期约为60天，用水按每人每天50L计算，日用水0.5m³/d。废水产生量以80%计，每天生活废水呈0.4m³/d。

(3) 固体废物

固体废物主要是拆除现有仓库和新建设施产生的建筑垃圾，施工人员的生活垃圾。拆除产生的建筑垃圾主要为废钢材、废铁皮，收集后外售利用；生活垃圾以每人每天0.5kg计，产生量为5kg/d。

(4) 扬尘

本项目在建设施工期需进行挖掘地基、打桩、混凝土浇筑等作业，土方挖掘和打桩施工将产生地面扬尘，机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但影响仅限于施工现场附近区域。

综上所述，施工期主要环境影响评价因子为：施工噪声、施工废水和生活污水、生活垃圾和建筑垃圾、施工扬尘。

7.3.2 运营期污染因素分析与评价因子

(1) 正常工况

本项目电子加速器X射线辐射最大标称能量为10MeV，根据《电子加速器辐照装置辐射安全

和防护》（HJ979-2018），能量不高于10MeV的电子束和能量不高于5MeV的X射线，在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题。

加速器进行辐照运行过程中时，会产生X射线、高能电子束以及非放射性有害气体。

①X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，扫描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。电子在加速过程中，部分电子丢失，打在加速管壁上可能产生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。由于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露辐射、散射、反流电子引起的韧致辐射等。

②电子束

电子加速器在运行时产生的高能电子束，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，电子束亦能得到足够的屏蔽。

③放射性废物

本项目不产生放射性废气和放射性固体废物。

加速器设备中设计有冷却水循环系统，这部分水可能由于活化而含有较强的放射性。本项目电子加速器最大能量为10MeV，因此活化物产生量较小，且冷却水中被活化而形成的放射性核素主要为 ^{15}O 、 ^{16}N ，它们的半衰期分别为2.1min和7.3s，半衰期很短，只需放置一定时间其活度就可以衰减到较低的水平。本项目加速器一次冷却水为内循环水，正常运行时在装置和管道内部循环，不外排。特殊情况下，在排放前放置一段时间，水中的放射性核素很快即可衰减至可忽略的水平。二次冷却水间接为一次冷却水降温，不接触设备及一次冷却水且只添加不外排。因此，本项目不排放放射性废水。

④非放射性污染因素

1) 非放射性废气

在加速器开机运行时，电子束与辐照室空气可通过电离作用产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，在 NO_x 中以 NO_2 为主。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。

本项目加速器机房设专门的通风系统，一层辐照室设计通风量为 $13000\text{m}^3/\text{h}$ ，二层主机室设计通风量为 $4000\text{m}^3/\text{h}$ ，配套2台排风风机，进风、排风均为专门管路，进风口主机室两侧排风口位于机房顶部，互不影响，该通风系统满足《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）及《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对通风的要求。

（2）废水

本项目共涉及4名工作人员，工作天数一年不超过300天。每人每天用水量按50L计，生活用

水量为 $0.2\text{m}^3/\text{d}$ ($60\text{m}^3/\text{a}$)，生活污水按照使用量的80%计算，生活污水产生量为 $48\text{m}^3/\text{a}$ ，废水中污染物浓度 $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 300\text{mg/L}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N} \leq 30\text{mg/L}$ ，污染物产生量分别为 COD_{Cr} 0.0144t/a 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 0.00144t/a 。

(3) 固体废物

本项目循环冷却用去离子水外购，本项目不安装纯水制备，不产生的离子交换树脂等固体废物。工作人员日常工作生活产生的垃圾，属于一般固体废物，集中收集后由环卫部门定期清运。

(4) 噪声

本项目主要噪声源为风机、冷却水系统，设备运转产生的噪声值范围为 $70\text{dB(A)} \sim 80\text{dB(A)}$ 。

综上所述，本次评价的评价因子为X射线、电子束、臭氧和氮氧化物、生活污水、固体废物和噪声，其中X射线为评价重点。

(2) 非正常工况

①多重安全联锁失效，人员可能在入口门未关闭时误入辐照加速器机房，如果此时电子加速器处于运行状态，则可能造成误照射事故；

②辐照加速器机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认辐照加速器机房中环境便运行电子加速器，则会造成辐照加速器机房中人员受到误照射；

③设备维护或维修调试过程中，工作人员错误操作，接通电源并出束，则可能造成误照射事故。

表 8 辐射安全与防护

8.1 项目安全与防护

8.1.1项目平面布局

(1) 工作场所布置

本项目电子加速器机房为地上二层混凝土结构，一层建筑面积270.07m²，包括辐照室和供电室，辐照室内分为辐照区、迷道（迷道出入口处设有安全门）；二层自北向南依次为电气设备室和冷却机室、主机室和控制室，控制室内有加速器控制柜和束下控制柜，加速器工作时，操作人员在控制室设置机器参数并监控加速器的运行情况，待辐照加工的货物通过传送带从迷道墙穿墙输送至辐照室内进行加工。加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留。因此，本项目加速器工作场所布局合理。

拟建电子加速器机房一层、二层平面布置见图8-1，机房剖面图见图 8-2。

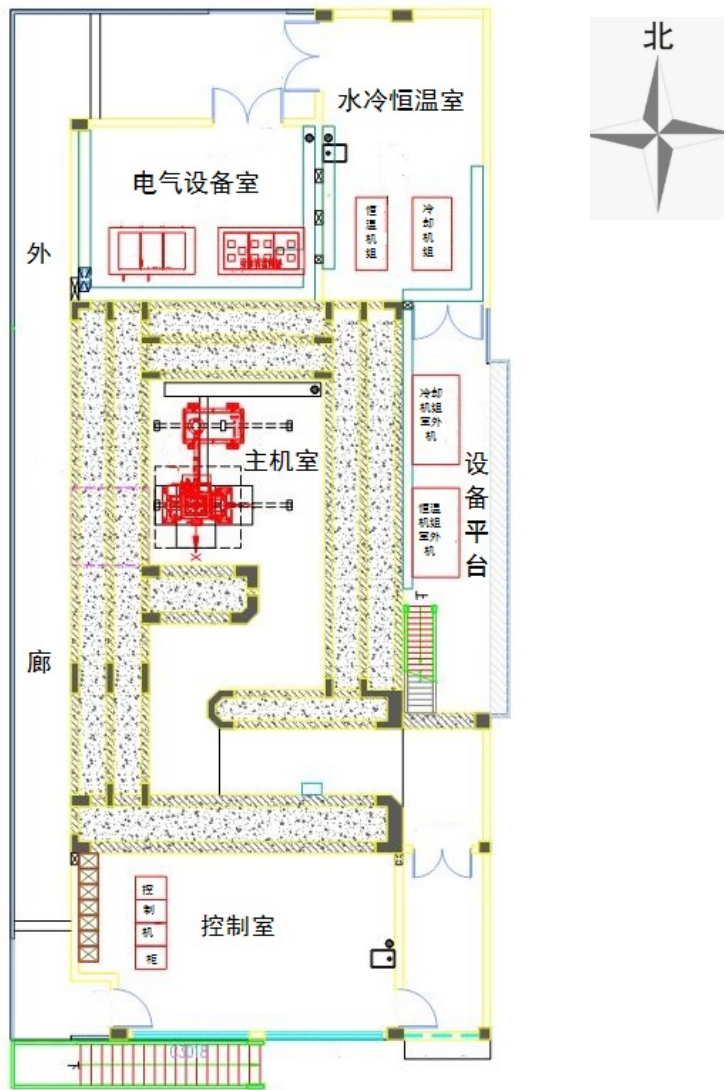
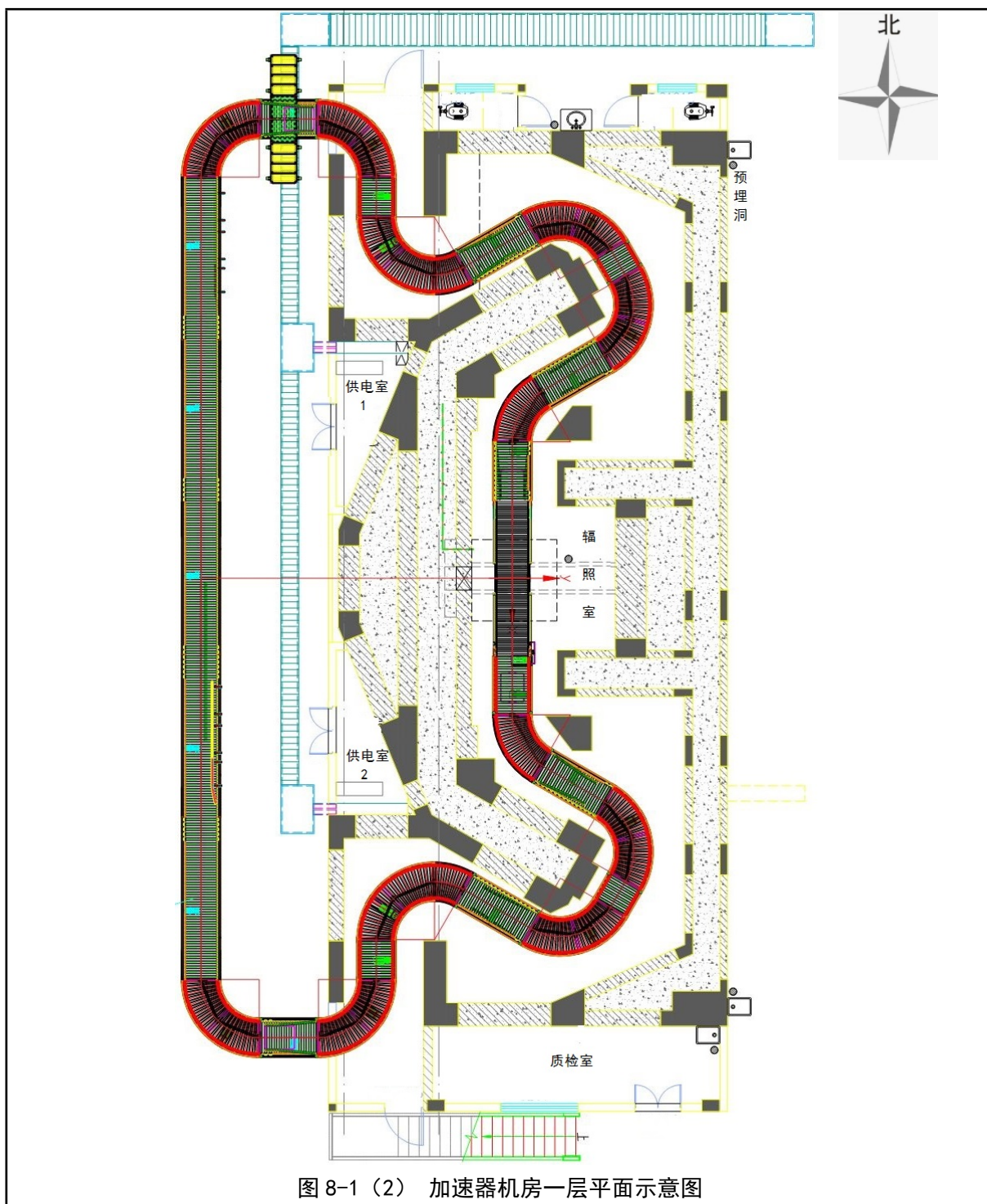


图 8-1 (1) 加速器机房二层平面示意图



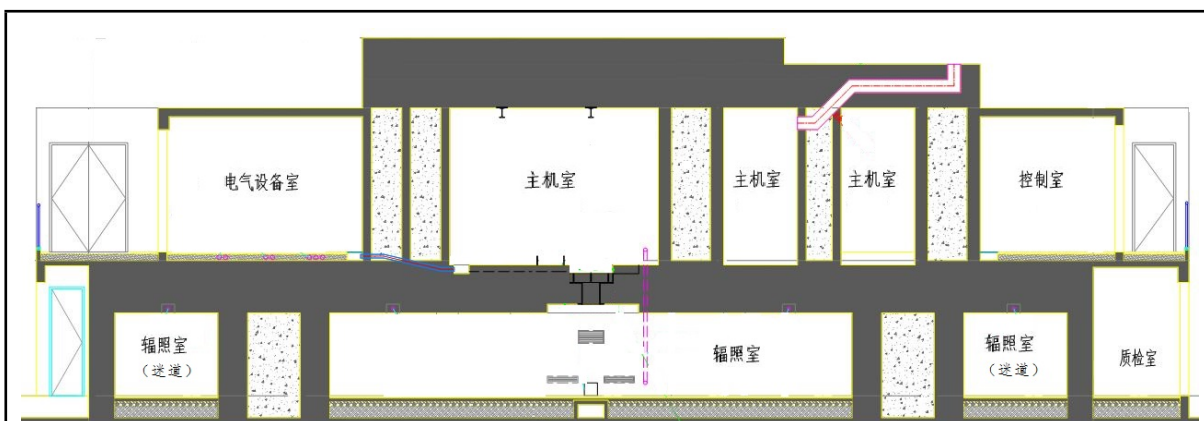


图 8-2 加速器机房剖面示意图

(2) 项目分区管理

项目拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），对辐照生产区域进行分区管理，具体如下：

将主机室、辐照室、四周墙壁围成的区域及迷道划为控制区，在控制区出入口设立符合 GB18871 规定的醒目电离辐射警示标志。

将一层辐照室外货物装卸区、货物暂存区及二楼主机室外设备区、控制室等区域划分为监督区。辐照加速器机房分区管理图见图8-3。

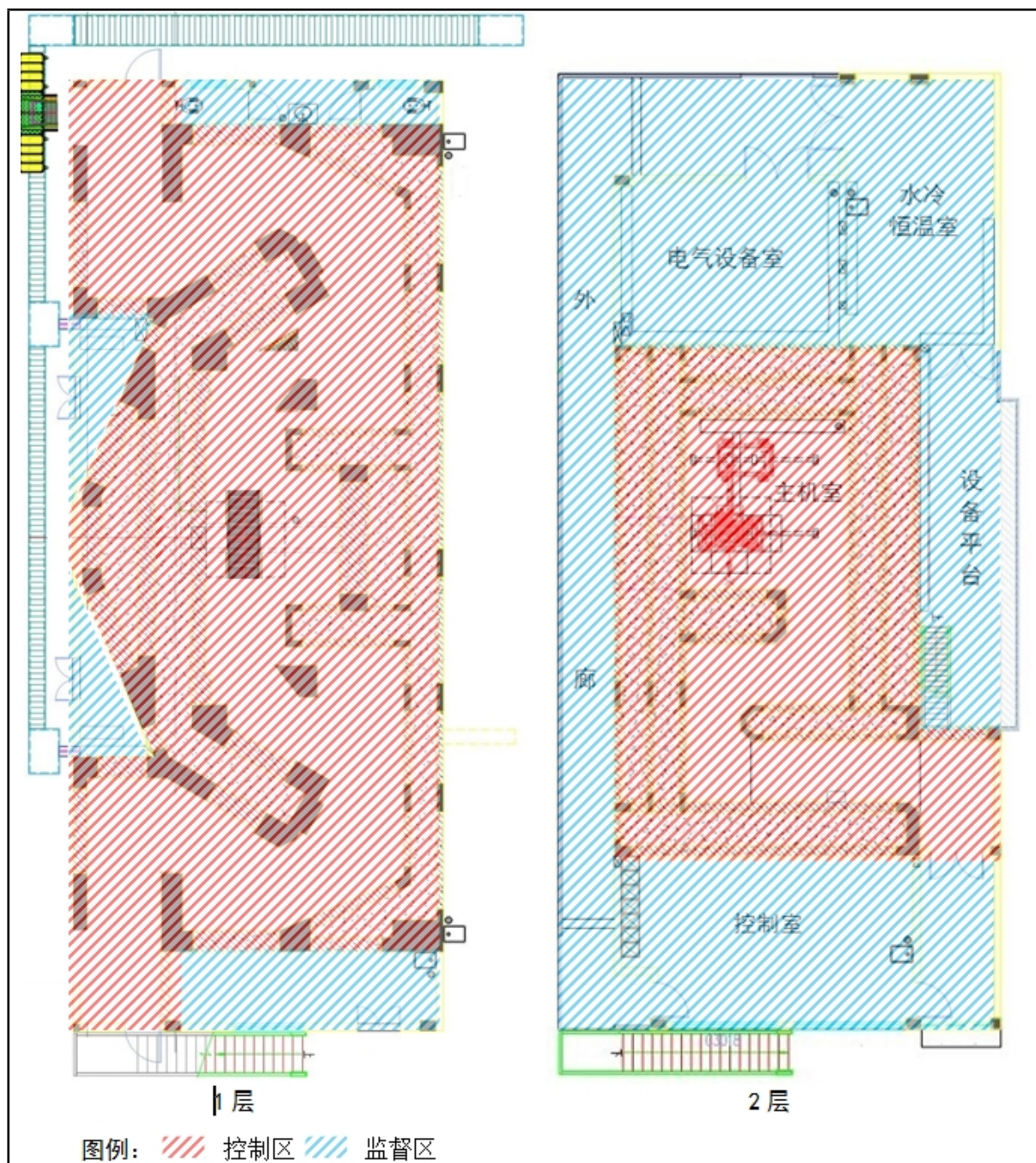


图 8-3 加速器机房分区管理图

8.1.2 防护设计

根据本项目加速器机房设计方案，辐照室和主机室墙体采用密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的混凝土浇筑，设计屏蔽参数见表8-1。

表 8-1 加速器机房屏蔽参数

项目/指标		参数
辐照室	室内尺寸	长 3.71m、宽 3.70m、高 1.90m
	墙体厚度	1.10m

	室顶隔板厚度	1.10m
	迷道	进出口段宽 2.05m、高 1.90m
	出入口	普通不锈钢门，入口安装安全联锁装置
主机室	室内尺寸	长 4.80m、宽 4.50m、高 3.50m
	墙体	2.0m
	室顶隔板厚度	1.60m
	迷道	宽 1.70m、高 3.30m
	出入口	普通门

8.1.3其他安全防护措施

除工作场所屏蔽设计的安全防范措施外，建设单位还将采取以下安全环保措施。

(1) 联锁装置

加速器本身设有多重安全保护措施：门机联锁、钥匙控制、急停开关、加速器与剂量监测装置联锁、钛窗冷却联锁、加速器与排风系统联锁等。本项目加速器的固有安全性良好。安全联锁引发停机时自动切断高压，安全连锁装置发生故障时，加速器不能运行，安全联锁不设置旁路，维护与维修后恢复原状。

(2) 安全设施

①钥匙控制：加速器的主控开关和主机室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行过程中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。

②门机联锁。主机室的门与束流控制和加速器高压联锁。主机室门打开时，就切断高压，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。二层主机室设置联锁装置2个，一层辐照室设置联锁装置3个。

③束下装置联锁：辐照室内的传输系统均与该辐照室内的电子加速器联锁。电子加速器未出束时，当辐照室内的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：在控制区出入口处及内部拟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警示。本项目在一层、二层迷道出入口共设置3个信号警示灯和3个警报铃。机房主机室和辐照室出入口拟设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁。机房辐照室及主机室内均设置个声光报警装置，加速器开机前相应房间内的警铃会响30s，以提示停留在控制区的人员尽快离开或紧急停机。

⑤巡检开关、急停装置：一层辐照室内部四面墙体、迷道等位置设8个巡检开关，二层主机室、迷道等处设置5个巡检开关，每次开机前工作人员均须进入辐照室和主机室内巡视是否清场并按顺

序按下巡检开关，否则加速器无法开启。发生事故时，滞留在辐照室或主机室内的人员可就近按下急停开关以停止照射。在电子加速器控制台上同样设计有紧急停机开关。本项目急停装置布置可实现全区域覆盖。

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，采用光电开关装置，并与加速器的开、停机联锁。本项目共设置3处防人误入装置，分别位于辐照室出入口、主机室迷道入口处。

⑦主机室和辐照室内设置手动开门设施，以便人员离开控制区。

⑧剂量联锁：在辐照室迷道内设置2个固定式辐射剂量检测仪、主机室的迷道外设置1个固定式辐射剂量监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等进行联锁。主机室迷道外设置1个剂量监控。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。

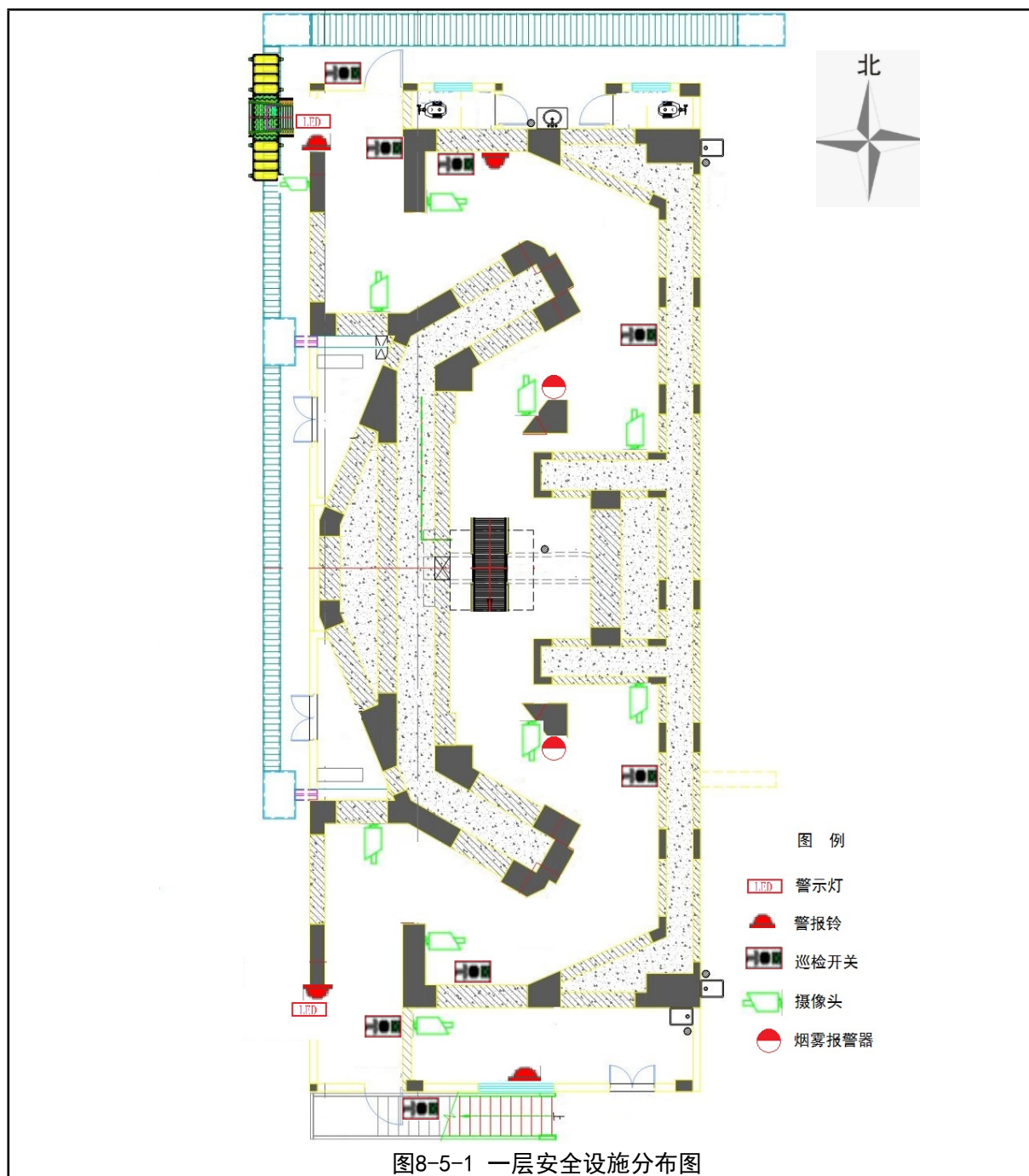
⑨通风联锁：主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。

⑩烟雾报警：一层辐照室内拟设置2个烟雾报警装置，遇有火险时，加速器立即停机并停止通风。

⑪监控装置：一层辐照室及周边设置11个摄像头，二层主机室及周边设置8个摄像头，可有效对控制区内各区域情况进行实时监控。

本项目采取了防止开机、防止人员误留、紧急停机、外部警示等多层防护与安全措施，可确保当某一层次的防御措施失效时，由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，符合辐射安全要求中的“纵深防御原则”；各层防护与安全措施均设置了多于为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，如在辐照室和主机室的人员出入口设置了钥匙开关、紧急停机开关、光电开关 3 道联锁，符合辐射安全要求中的“冗余性原则”；本项目巡检开关、门机联锁装置等辐射安全设施涉及不同的运行原理和元器件等，机房出入口的安全联锁采用了机械的、电子的和剂量的联锁，符合辐射安全要求中的“多元性原则”；本项目各项辐射安全设施均具有独立性，某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用，符合辐射安全要求中的“独立性原则”。

综合上述，以上设计能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）及《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）的相关要求及辐射安全防护的要求。辐射安全设施布局见图 8-5。



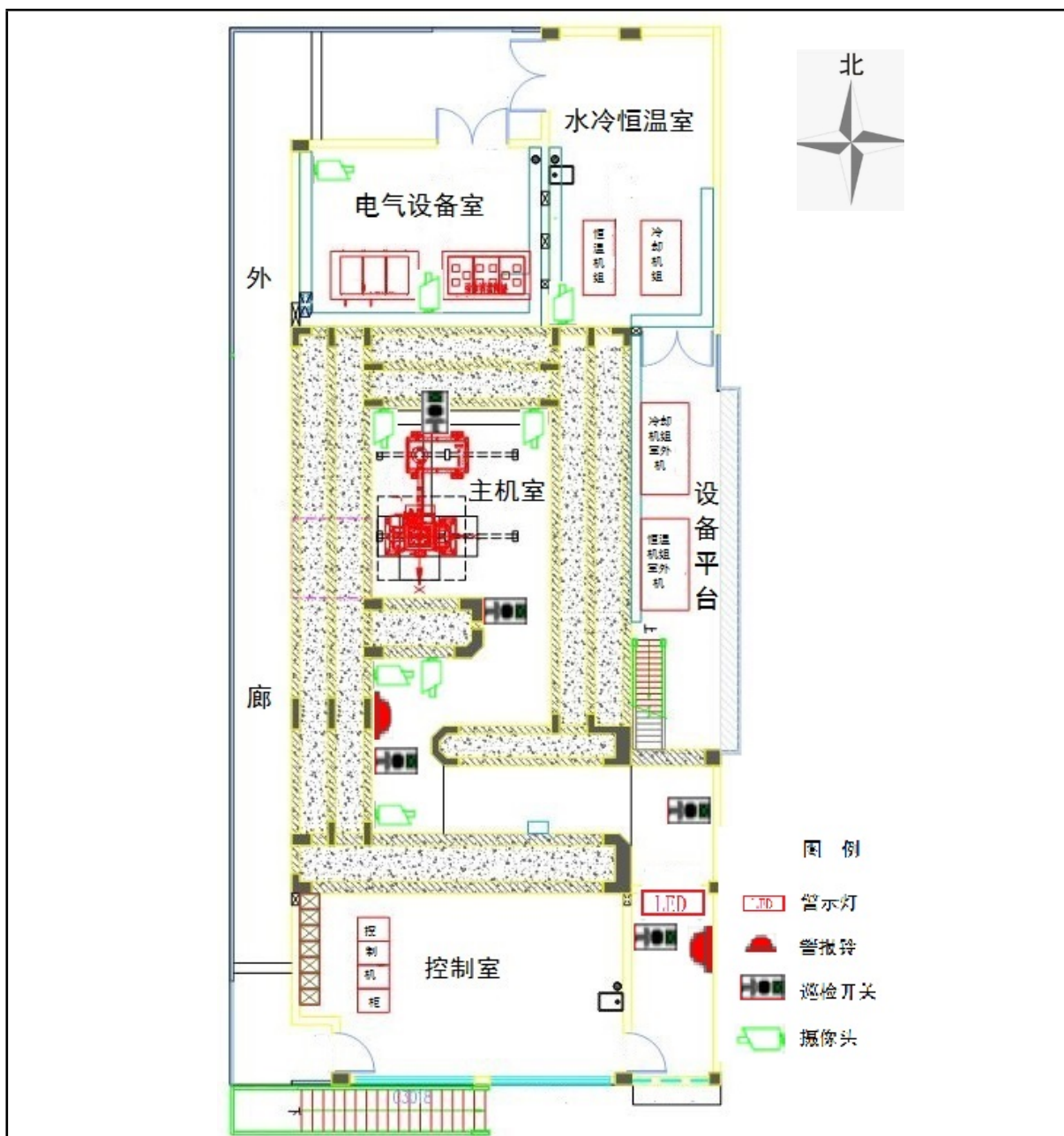


图8-5-2 二层安全设施分布图

8.1.4 其他人员安全防护措施

(1) 按照《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，本项目岗位人员专职进行工业电子加速器的操作及上下货工作，为本岗位从业人员配备个人剂量仪（共 4 支，由个人剂量检测机构配发），拟配备和个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪，定期对辐照室及主机厅周围 X- γ 射线空气吸收剂量进行检测，建立检测台帐。

(2) 建立工作人员健康档案和个人剂量档案，定期为工作人员健康查体，按季度进行监测，每人一档，由专人负责保存和管理，为辐射工作人员终生保存。辐射工作人员调换单位的，原用

人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

8.1.5通风系统

本项目加速器机房设有1套专门的通风系统，辐照室内配备送风、排风风机，排风量为13000m³/h，每小时通风换气次数为490次；主机室排风量为4000m³/h，每小时通风换气次数为53次。进风和排风分别为专门的管路，互不影响。排风口位于受照区域侧方，辐照室内产生的臭氧等非放射性有害气体经排风口沿地下排风管道排出辐照室，与二层主机室室顶排风风机相连，通过机房顶部排风口排放。

8.1.6其他安全防护措施

(1) 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，须经设计单位认可，并经监管部门同意后才能进行。

(2) 按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中的要求，公司拟对电子加速器辐照系统进行日检查、月检查及半年检查，做好日常检修（管理）及记录。

(3) 按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中的要求，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该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。

(4) 本项目配备工作人员专职负责本项目电子加速器的运行，公司须安排辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核成绩合格后才能上岗。

8.1.7 加速器设施退役

当本项目辐照工作场所及加速器不再使用时，应实施退役程序。包括以下内容：

(1) 设备设施应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

8.2 三废治理

本项目为工业电子加速器应用，在加速器运行过程中不产生放射性废气和放射性固体废物。

加速器设备中设计有冷却水循环系统，这部分水可能由于活化而含有较强的放射性。本项目电子加速器最大能量为10MeV，因此活化物产生量较小，且冷却水中被活化而形成的放射性核素主要为¹⁵O、¹⁶N，它们的半衰期分别为2.1min和7.3s，半衰期很短，只需放置一定时间其活度就可以衰减到较低的水平。本项目加速器一次冷却水为内循环水，正常运行时不外排，在排放前将提前放置一段时间，水中的放射性核素很快即可衰减至可忽略的水平。因此，本项目不涉及放射性废水的排放。

在加速器开机运行时，电子束与辐照室空气可通过电离作用产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，本项目加速器辐照室设有专门的通风系统，废气通过排风口、排风管道，最终经1根排气筒排放，

满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)的要求。本项目臭氧排放浓度可满足《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 1 小时平均浓度二级限值。

本项目设备基本布置在室内，室外风机采用低噪音箱式离心风机，并采取隔声减震等措施，本项目噪声对周围环境影响较小。

表 9 环境影响分析

9.1 项目建设期对环境的影响

本项目建设阶段主要内容为加速器机房施工和加速器的安装和调试，由于加速器安装、调试阶段对环境的影响较小，因此，本次评价仅对加速器机房施工阶段对环境的影响进行分析。

9.1.1 声环境影响分析

本项目施工期噪声主要来自拟建位置仓库拆除、场地平整、打桩、混凝土浇筑等几个阶段，本项目施工期较短，在施工时严格执行相关要求，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。此外，本项目施工过程均在厂区内进行，经厂区内其他建筑隔声和距离衰减后，对周边环境影响较小。

9.1.2 水环境影响分析

施工期废污水主要来自两个方面：一是施工泥浆废水，二是施工人员的生活污水。施工泥浆水主要是在混凝土灌注，施工设备的维修、冲洗中产生，应设置一定容量的沉淀池，把施工泥浆水汇集入沉淀池充分沉淀后，上清水重复利用，淤泥集中堆放后统一清运。

施工人员生活污水主要为洗涤废水和粪便污水。总施工期约60天，按施工高峰时总的施工人员约10人，每人每天生活污水产生量以40L计，生活污水产生量仅约0.4m³/d，依托厂区内化粪池收集后委托环卫部门清运，不外排，对周边环境影响较小。

9.1.3 固体废物

(1) 生活垃圾：施工期间人员日常生活产生的生活垃圾统一放至厂区内临时生活垃圾存放点，由环卫部门定期清运。对周围环境影响较小。

(2) 施工垃圾：施工期间产生的建筑垃圾如果处置不当，由于扬尘和雨水淋洗等原因，会对空气环境和水环境造成二次污染，对周围环境产生不利影响。

因此，从环保的角度看，对建筑废弃物的妥善处置十分重要。建设单位应要求施工单位规范处理，首先弃渣处置必须坚持“先挡后弃”。其次将建筑垃圾分类，尽量回收其中可利用的部分材料，对没有利用价值的，运送到环卫部门指定的建筑垃圾堆埋场，另外运输时必须采用密封的车箱，不随路散落，也不随意倾倒建筑垃圾，制造新的“垃圾堆场”。在采取措施后，对周围环境影响较小。

9.1.4 大气环境影响分析

本项目在建设施工期需进行打桩、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a. 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b. 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c. 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。经采取以上措施后，本项目施工阶段对周边大气环境影响较小。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 电子束对周围环境的影响

本项目工业电子加速器能发射能量为 10MeV 的电子束，电子在物质中的最大射程可由以下公式估算（自《辐射防护技术与管理》）。

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\beta \max} \quad (9-1)$$

式中： d —最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³；

$E_{\beta \max}$ —电子最大能量，MeV。

由上式，电子束的最大能量为 10MeV 时，在空气中（ $\rho=0.00129\text{g/cm}^3$ ）的最大射程约为 3876cm，在混凝土（ $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ）中的最大射程约为 2.13cm。本项目辐照室墙体混凝土厚度均在 1100cm 以上，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。

9.2.2 X 射线对周围环境的影响

本项目拟建电子加速器电子束能量为 10MeV，电子束流强度为 2.0mA，已完成了辐照机房的屏蔽设计。本项目辐照室和主机室的屏蔽计算，采用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中相关公式，计算各关注点处的辐射剂量率。

（1）辐照室周围 X 射线影响

本次评价按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中推荐公式及相关参数进行计算。

1）初级 X 射线分析

辐照加速器运行时，电子束从真空钛窗出来后运动方向朝下，在辐照室内电子束可能轰击的物质有 3 种：

- ①辐照产品（妇婴卫生用品）。
- ②钛窗下方的金属束下装置，一般为不锈钢材料，本项目为不锈钢辐照产品传送带。
- ③辐照室内钛窗下方的混凝土地面。

在这 3 种轰击物质中，不锈钢的 Z 值（原子序数 29）最大，X 射线发射率最高，本次评价选取不锈钢的 Fe 元素作为韧致辐射轰击靶进行辐射防护评价。

本项目加速器运行时束流方向朝下，因此 X 射线 0° 方向是地面（地下为土层），不需要防护。辐照室四周墙壁的厚度取决于 90° 方向 X 射线，主机室四周的墙壁厚度取决于漏束 90° 方向 X 射线。

2）辐射源强

①计算公式

根据建设单位提供的资料，本项目电子加速器详细参数见表 7-1。由于本项目加速器距离辐

射源 1m 处吸收剂量率无确定数据，故采用计算方式进行估算。

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot fe \tag{9-2}$$

式中： D_{10} ——距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率（Gy·h⁻¹）；
 Q ——X 射线发射率（Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹），见表 9-1；
 I ——电子束流强度（mA）；
 fe ——X 射线发射率修正系数，见表 9-2。

②参数选取

A) X 射线发射率 Q

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。HJ979-2018 附录 A 表 A1 中单能电子入射到高 Z 厚靶（Z>73）时距靶 1 米处的 X 射线发射率 Q 见下表。

表 9-1 X 射线发射率 单位:Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹										
入射电子 能量(MeV)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0
前向 0°	0.008	0.26	1.3	3.3	7.0	14.0	30.0	63.2	170	450
侧向 90°	0.07	0.4	1.0	1.6	2.5	3.2	4.8	6.5	10.0	13.5

由上表可知，本项目 10MeV 入射电子在距靶 1 米处侧向 90° 的 X 射线发射率为 13.5 Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹。

B) 修正因子 fe

通常被辐照的物质很少为高 Z 材料，因此须对表 9-1 中电子束打高 Z 靶的数据进行修正。根据 HJ979-2018 附录 A，不同材料及方向的修正因子如下。

表 9-2 低 Z 靶或材料结构的 X 射线发射率修正因子 fe			
靶或材料结构	原子序数	束流前进方向（0°） 修正因子	束流前进方向（90°） 修正因子
铜或铁	26 或 29	0.7	0.5
铝、混凝土	13	0.5	0.3

参考 HJ979-2018 翻译出处 NCRP51 号报告附录 E.3 “电子撞击低 Z 厚靶时 X 射线发射率”，对 10MeV 电子束加速器打铁靶 X 射线发射率修正系数保守取值为 1。

③计算结果

根据式 9-2 和上述参数，本项目加速器在 90° 方向上辐射源强取值为：

$$D_{10}=60\times 13.5\times 2.0\times 1=1620 \text{ (Gy}\cdot\text{h}^{-1}\text{)}$$

3) X 射线辐射剂量率估算

①计算公式

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中 Bx 计算公式推导：

$$Bx = (1 \times 10^{-6}) \left[\frac{H_M d^2}{D_{10} T} \right]$$

$$H_M = 10^6 \frac{D_{10}}{d^2} Bx T \quad (9-3)$$

式中： H_M ——参考点处辐射剂量当量率（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）；

Bx ——X 射线的屏蔽透射比；

d ——X 射线源与参考点之间的距离（m）；

T ——居留因子；计算点位置人员全居留时取值 1（控制室、生产作业区）、部分居留取 1/4（电气设备室、冷却机室）、偶然居留取 1/16（供电室、外廊、迷道）。

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

X 射线的屏蔽透射比：

$$Bx = 10^{-\frac{S-T_1+Te}{Te}} \quad (9-3)$$

式中： S ——屏蔽体厚度(cm)；

T_1 ——在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层(cm)，见表 9-3；

Te ——平衡十分之一值层，该值近似于常数(cm)，见表 9-3；

n ——为十分之一值层的个数。

②参数选取

A) 各方向电子的相应等效能力

在 90° 方向发射的 X 射线能能量低于 0° 方向发射的 X 射线能量，根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.4，可知 10MeV 束流侧向 90° 方向的等效能量为 6.0MeV。

B) 屏蔽材料的十分之一层厚度

本项目辐照车间各防护墙体及楼板屏蔽材料采用普通混凝土（ $\rho = 2.35\text{g/cm}^3$ ）。根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.2、表 A.3 可得不同材料的十分之一值层厚度如下：

表 9-3 各防护材料的 X 射线不同能量 下的 $T_1(Te)$ 单位: cm

X 射线能量 (MeV)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0
T_1 (cm)	15.2	18.5	20.4	22.1	24.2	26.1	30.5	32.5	36.8	41
Te (cm)	11.9	15.0	18.3	30.1	22.5	24.7	30.5	32.5	36.8	38.6

采用内插法计算，等效入射电子能量为 6MeV 时， T_1 取 35.5cm， Te 取 35.5cm。

③计算结果

项目辐照室四周墙体外 30cm 处的 X 剂量率估算结果见表 9-4，参考点示意图见图 9-1。

表 9-4 辐照室四周墙体外 30cm 处的 X 剂量率估算结果

参考点	位置	有效屏蔽层厚度 S, cm	参考点距靶点距离 d, m	D10, Gy/h	Bx	参考点剂量率 Hc, $\mu\text{Sv/h}$	限值要求 $\mu\text{Sv/h}$
A	东墙外 30cm 处	290	6.8	1620	6.76×10^{-9}	0.0148	2.5
B	南墙外 30cm 处	346	11.85	1620	1.78×10^{-10}	0.0021	2.5
C	迷道出口	240	12.0	1620	1.74×10^{-7}	0.1223	2.5
D	供电室内墙外 30cm 处	252	5.15	1620	7.94×10^{-8}	0.3031	2.5
E	上下货区域	347	6.0	1620	1.7×10^{-10}	0.0072	2.5
F	西墙外 30cm 处	347	5.0	1620	1.7×10^{-10}	0.0026	2.5
G	迷道入口	240	12.0	1620	1.74×10^{-7}	0.1223	2.5
H	北墙外 30cm 处	346	11.85	1620	1.78×10^{-10}	0.0005	2.5

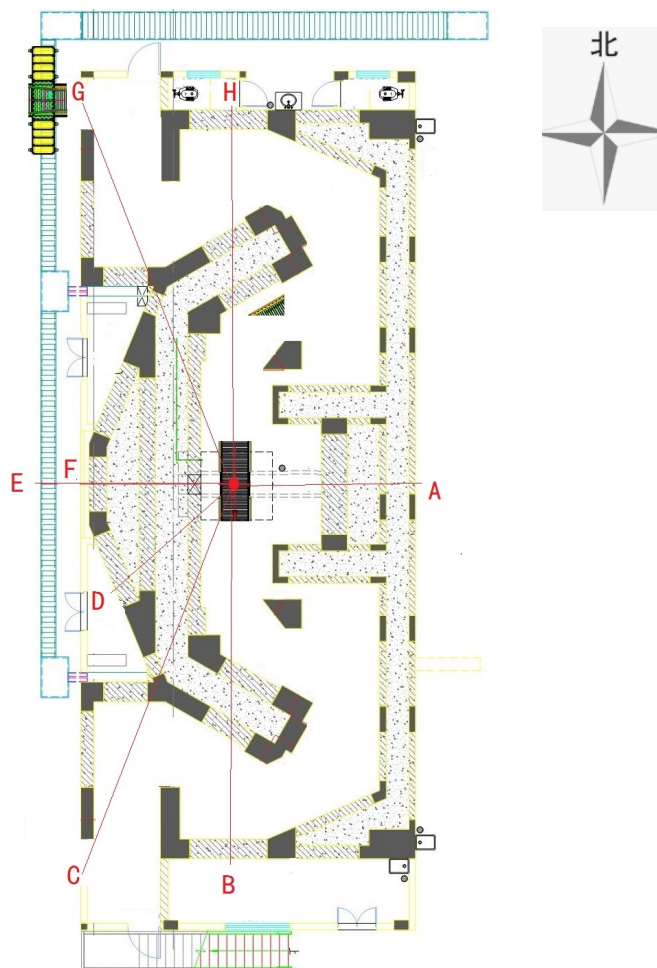


图 9-1 辐照室周围 X 剂量率参考点示意图

由上表可知，辐照室四周墙体处人员可到达处的 X 剂量率为 $0.0005 \mu\text{Sv/h} \sim 0.3031 \mu\text{Sv/h}$ ，均满足 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率限值要求。

(2) 主机室周围 X 射线影响

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中 A.4 “电子加速器辐照装置设备设计制造单位提供加速器在主机室的束流损失，按此值根据 A.2、A.3 方法计算主机室的屏蔽设计”。

1) 辐射源强

①计算公式

根据建设单位提供的资料，本项目电子加速器在主机室的束流损失率为 $\leq 2\%$ ，即损失的电子束流强度为 $2\text{mA} \times 2\% = 0.04\text{mA}$ ，束流损失点能量为 3MeV ，根据式 9-2，计算得本项目加速器束流损失 90° 方向上辐射源强取值及计算结果如下。

表 9-5 项目加速器束流损失 90° 方向 X 射线辐射源项取值

电子能量	方向	X 射线发射率 $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	束流强度 mA	修正系数	距离 X 射线辐射源 1m 处 吸收剂量率 $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$
3MeV	侧向 90°	3.2	0.04	1	7.68

注：1. 项目加速器束流损失点能量为 3MeV ，根据 HJ979-2018 表 A.1 侧向 90° 方向 X 射线发射率取 $3.2\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

2. 项目加速器损失束流强度为 0.04mA ；

3. X 射线发射率修正系数保守取值为 1。

2) X 射线辐射剂量率估算

根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.4，可知 3.0MeV 束流侧向 90° 方向的等效电子能力为 1.9MeV 。对照表 9-3，采用内插法计算等效入射电子能量 1.9MeV 时，混凝土 T_i 取 21.4cm ， T_e 取 27.74cm 。

①主机室加速器束流损失产生的 X 射线影响

主机室四周墙体外 30cm 处的 X 剂量率估算结果见表 9-6。参考点示意图见图 9-2。

表 9-6 主机室四周墙体外 30cm 处的 X 剂量率估算结果

参考点	位置	有效屏蔽层厚度 S, cm	参考点距靶点距离 d, m	D10, Gy/h	Bx	参考点剂量率 Hc, $\mu\text{Sv/h}$	限值要求 $\mu\text{Sv/h}$
A'	东墙外 30cm 处	200	5.6	7.68	6.17×10^{-8}	0.00378	2.5
B'	迷道进出口	270	8.2	7.68	1.86×10^{-10}	1.32×10^{-6}	2.5
C'	南墙外 30cm 处	300	9.25	7.68	1.55×10^{-11}	1.39×10^{-6}	2.5
D'	西墙外 30cm 处	200	3.5	7.68	6.17×10^{-8}	0.00967	2.5
E'	北墙外 30cm 处	200	5.55	7.68	6.17×10^{-10}	0.00385	2.5

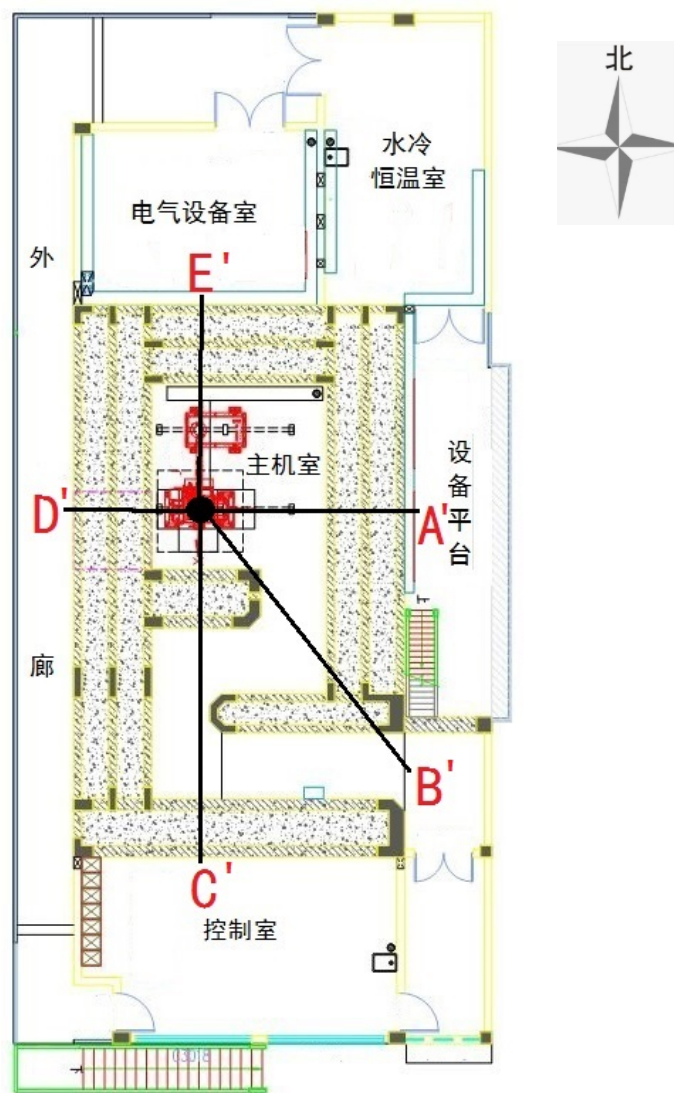


图 9-2 主机室周围 X 剂量率参考点示意图

②辐照室 X 射线穿过辐照室顶对主机室周围的影响

辐照室内 X 射线穿过辐照室顶对主机室周围墙外 30cm 处的辐射剂量率估算结果见表 9-7, 参考点示意图见图 9-3。

表 9-7 主机室周边墙体外 30cm 处的 X 剂量率估算结果

参考点	位置	有效屏蔽层厚度 S, cm	参考点距靶点距离 d, m	D10, Gy/h	Bx	参考点剂量率 Hc, uSv/h	限值要求 uSv/h
A'	主机室东侧墙外 30cm 处	334	5.8	7.68	9.12×10^{-13}	5.21×10^{-8}	2.5
C'	主机室南侧墙外 30cm 处	508	9.45	7.68	4.9×10^{-19}	4.21×10^{-13}	2.5
D'	主机室西侧墙外 30cm 处	246	3.97	7.68	1.35×10^{-9}	1.64×10^{-4}	2.5
E'	主机室北侧墙外 30cm 处	311	5.88	7.68	6.17×10^{-12}	3.43×10^{-6}	2.5

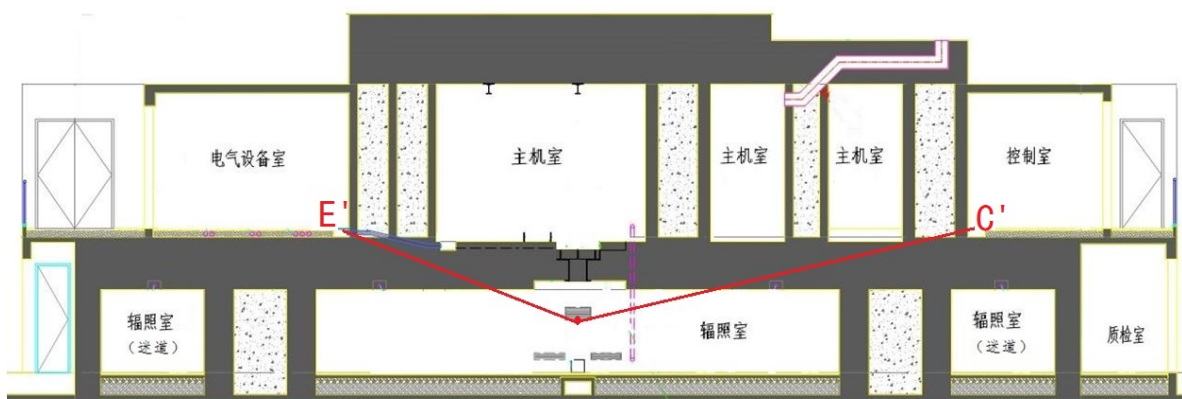


图 9-3(1) 辐照室 X 射线穿过室顶对主机室周围 X 剂量率参考点示意图

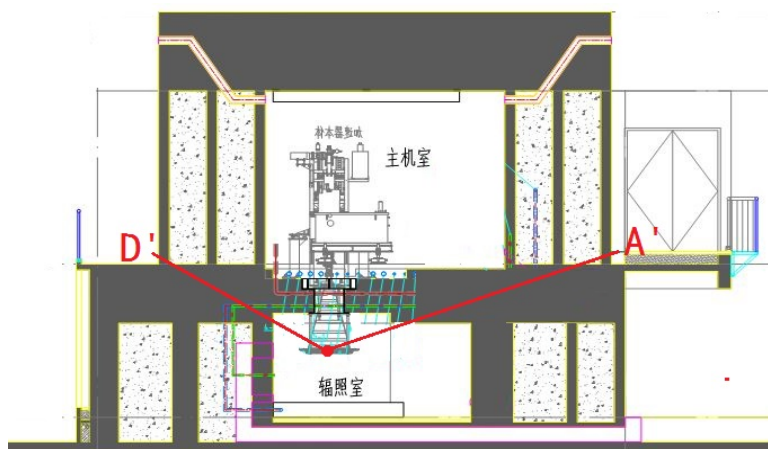


图 9-3(1) 辐照室 X 射线穿过室顶对主机室周围 X 剂量率参考点示意图

考虑主机室内电子加速器的束流损失产生的 X 射线影响及辐照室电子束产生的 X 射线穿过辐照室顶对主机室周围的影响，则主机室周围参考点处辐射剂量率估算结果见表 9-9。

表 9-8 主机室周围参考点辐射剂量率估算结果

参考点	位置	主要室束流损失辐射影响 $\mu\text{Sv/h}$	辐照室辐射影响 $\mu\text{Sv/h}$	叠加值 $\mu\text{Sv/h}$	限值要求 $\mu\text{Sv/h}$
A	主机室东侧墙外 30cm 处	0.00378	5.21×10^{-8}	0.00378	2.5
B	主机室迷道进出口	1.32×10^{-6}	—	1.32×10^{-6}	2.5
C	主机室南侧墙外 30cm 处	1.39×10^{-6}	4.21×10^{-13}	1.39×10^{-6}	2.5
D	主机室西侧墙外 30cm 处	0.00967	1.64×10^{-4}	0.00983	2.5
E	主机室北侧墙外 30cm 处	0.00385	3.43×10^{-6}	0.00385	2.5

根据表 9-6、表 9-7、表 9-8，主机室四周墙外 30cm 处的剂量率为 $1.32 \times 10^{-6} \sim 0.00983 \mu\text{Sv/h}$ ，均满足 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率限值要求。

(3) 迷道外口处辐射水平预测

① 计算公式

防护 X 射线的迷道迷道外入口的剂量率，采用下式保守估算。

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

式中： α_1 ——入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α_2 ——随后从屏蔽层材料表面散射出来的对应 0.5MeV（的）能量 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；

A_1 ——X 射线入射到第一散射物质的散射面积（ m^2 ）；

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

d_1 ——X 射线辐射源到第一反射层的距离（m）；

$dr_1, dr_2 \dots dr_j$ ——沿着迷道长轴的中心线距离； $dr_j/A_2^{1/2}$ 的比值应在 1~6 之间；

j ——指第 j 个散射过程。

在任何迷道的设计中，沿 X 射线源方向的线路，所设计迷道墙厚度的总和应不小于迷道的其它屏蔽墙的厚度。

②参数选取

根据 HJ979-2018 附录 A 公式（A-5），对于能量大于 3MeV 的 X 射线认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV，对于初级 X 射线，散射系数 α_1 取值 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线系数 α_2 （假设一次散射后的反射过程一样， $E=0.5MeV$ ）取值为 2×10^{-2} 。

③计算结果

主机室 X 射线经过 5 次散射到达迷道出入口， A_1 为第一次散射宽度与高度乘积，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积，散射路径图见图 9-4（1）。

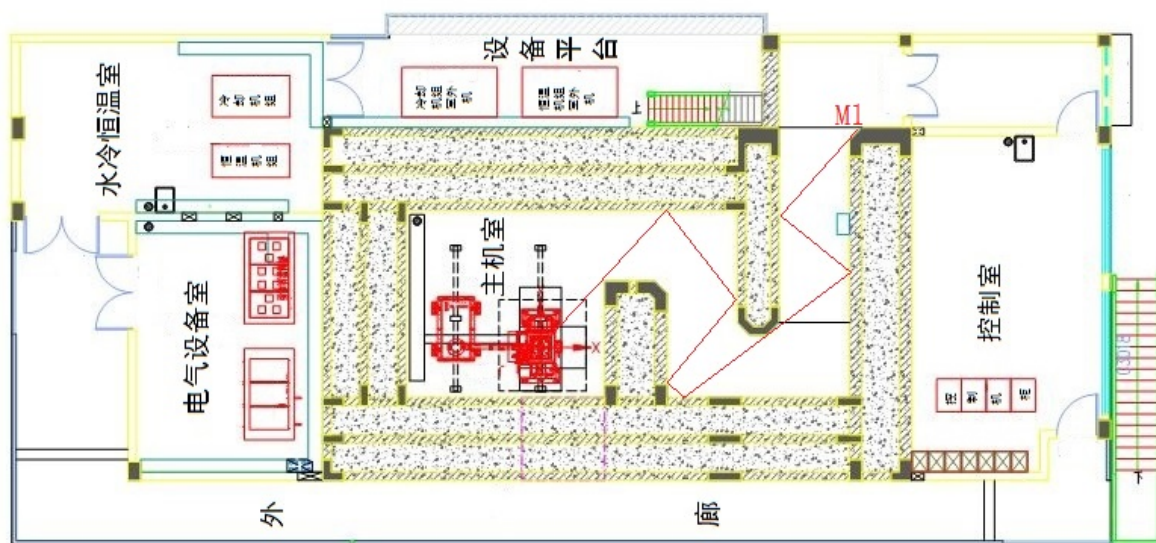


图 9-4(1) 主机室 X 射散射至迷道外口路径示意图

根据主机室设计尺寸和图 9-4（1），M1 点： $A_1 = (1.7 + 3.5) \times 3.5 = 18.2m^2$ ， $A_2 = 1.7 \times$

$3.5=5.95\text{m}^2$, $A3=1.7\times 3.5=5.95\text{m}^2$, $A4=1.7\times 3.5=5.95\text{m}^2$, $A5=1.7\times 3.5=5.95\text{m}^2$ 。

辐照室 X 射线最少经过 6 次散射到达迷道出口、入口, 散射路径图见图 9-4 (2)。

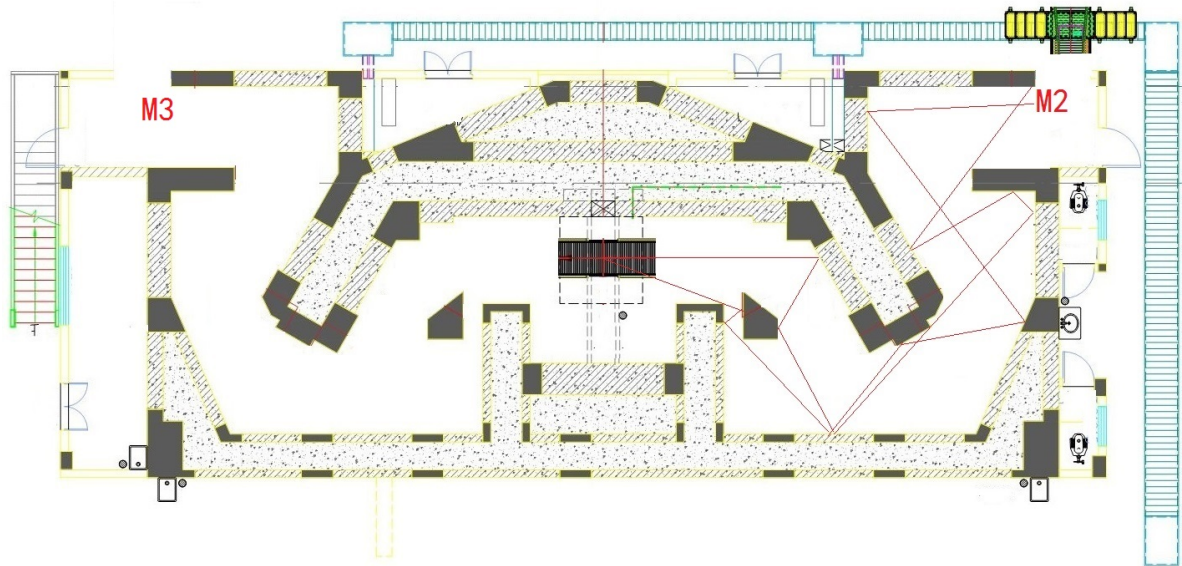


图 9-4(2) 辐照室 X 射散射至迷道外口路径示意图

辐照室迷道散射面积的确定: 根据图 9-4 (2), M2、M3 点:

$A1=(1.2+0.5)\times 1.9=3.23\text{m}^2$, $A2=3.26\times 1.9=6.19\text{m}^2$, $A3=6.4\times 1.9=12.16\text{m}^2$, $A4=1.0\times 1.9=1.9\text{m}^2$, $A5=3.77\times 1.9=7.16\text{m}^2$, $A6=2.05\times 1.9=3.90\text{m}^2$ 。

辐照室和主机室的迷道散射计算结果见表 9-9。

表 9-9 迷道散射 X 剂量率估算结果

参考点	M1 主机室迷道口外	M2 辐照室迷道入口外	M3 辐照室迷道出口外
D10 (Gy/h)	1620	7.68	7.68
散射系数 α_1	0.005	0.005	0.005
散射系数 α_2	0.02	0.02	0.02
散射面积 A1 (m^2)	18.2	3.23	3.23
散射面积 A2 (m^2)	5.95	6.19	6.19
散射面积 A3 (m^2)	5.95	12.16	12.16
散射面积 A4 (m^2)	5.95	1.9	1.9
散射面积 A5 (m^2)	5.95	7.16	7.16
散射面积 A6 (m^2)	—	3.90	3.90
路径 (m)	2.45, 3.9, 2.7, 2.8, 5.45	3.28, 3.36, 5.93, 2.75, 3.9, 1.52, 4.5	3.28, 3.36, 5.93, 2.75, 3.9, 1.52, 4.5
参考点辐射剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.91×10^{-10}	4.95×10^{-14}	4.95×10^{-14}

根据估算结果，主机室迷道入口的散射剂量率为 $1.91 \times 10^{-10} + 1.32 \times 10^{-6} = 1.32 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$ ；辐照室迷道进、出口的剂量率为 $4.95 \times 10^{-14} + 0.1223 = 0.1223 \mu\text{Sv/h}$ ，均能满足 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率限值要求。

(4) 天空反散射影响

项目机房屋顶厚度首先考虑直射的防护，本次设定加速器运行时主机室屋顶上方无人。因此，对屋顶直射的防护主要考虑从一层辐照室 X 射线源经天空反散射对参照点 P 的剂量贡献。

① 计算公式

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），天空反散射的公式如下：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2}$$

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

B_{XS} ——X 射线的屋顶屏蔽的透射因子；

D_{10} ——在距离辐射源 1m 处的吸收剂量率（Gy/h）；

Ω ——由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角（Sr）；

d_i ——在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离（m）；

d_s ——X 射线源至 P 点的距离（m）。

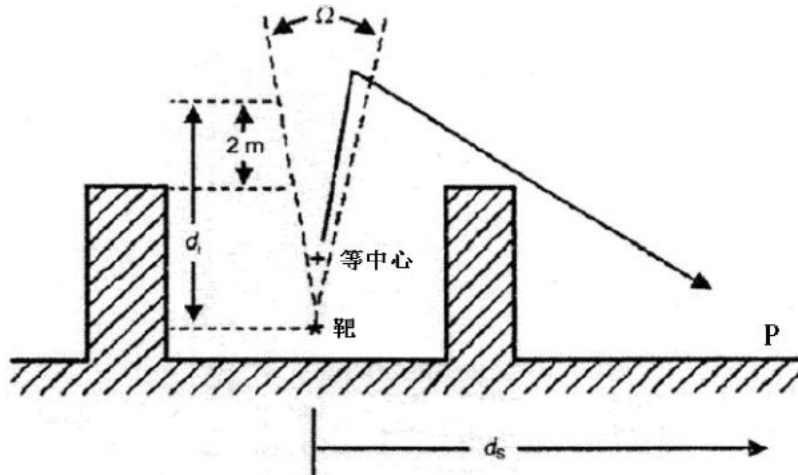


图 9-5 X 射线天空反散射示意图

根据《辐射源室屏蔽设计与评价》中关于天空反散射的影响，球面度 Ω 的计算公式如下：

$$\Omega = 4 \tan^{-1} \frac{ab}{cd}$$

式中： a 、 b ——辐射源到墙外的最小长度和宽度的一半；

c ——辐射源到屋顶表面的距离；

d ——辐射源到屋顶边缘的距离， $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ 。

② 参数选取

根据 HJ979-2018 附录 A，X 射线发射率取入射电子能量侧向 90° 方向的相应数值。根据前文计算结果：D₁₀=1620Gy/h；根据项目机房设计参数，d_i=9.8m。

立体角 α 的参数取值：辐照室 a=0.5m(辐照室室顶孔洞长度一半)，b=0.275m(辐照室室顶孔洞宽度一半)，c=7.8m，d=(0.5²+0.275²+7.8²)^{1/2}=7.82m，则 Ω=4×tan⁻¹[(0.5×0.275)/(7.8×7.85)]=0.51Sr。

本项目主机室顶部混凝土厚度 1.60m，辐照室 10MeV 入射电子侧向 90° 方向屏蔽 6MeV 电子能量照射对应混凝土 T₁ 和 T_e 值分别为 T=35.5cm，T_e=35.5cm，主机室 2MeV 入射电子侧向 90° 方向屏蔽 1.9MeV 电子能量照射对应混凝土 T₁=35.5cm，T_e=35.5cm。

③计算结果

表 9-10 屋顶天空反散射计算结果

位置	D ₁ (Gy/h)	有效屏蔽层厚度 S (cm)	B _{xs}	Ω (Sr)	d _i	d _s	参考点剂量率 (μSv/h)
辐照室	1620	160	3.11×10 ⁻⁵	0.51	9.8	10	5.46×10 ⁻⁸

根据上表计算结果，本项目辐照机房天空反散射的 X 射线周围剂量不超过 5.46×10⁻⁸ μSv/h。

(5) X 射线通过屋顶的侧向散射

本项目加速器机房建成后高为 8.20m，加速器机房周边 20m 范围内建筑物高度约为 10m，与加速器机房高度相当，因此本次评价不再计算 X 射线通过屋顶的侧向散射影响。

(6) 通风口、管线口外的辐射水平

本项目通风口位于受照区域正下方及迷道墙上，设计吸风地槽，通过地埋式排气管道进入辐照室排气筒，向空中排放。由于本项目排风管道通过地埋式排气管道 U 型穿墙进入排风道排气筒向空中排放，通风口不直接穿过地上屏蔽墙体，项目电缆沟均采用 U 型设计穿越墙体。因此漏射线到达通风口外、管线口外需经屏蔽墙体屏蔽，散射线经地下管道到达排气口处需经过多次散射，剂量率将大大降低。因此，通风口外、管线口外的辐射水平可满足标准要求。

9.2.3 有害气体对周围环境的影响

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 B，加速器运行时电子束与辐照室空气可通过电离作用产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且臭氧毒性最高，所以主要考虑臭氧的产生及其防护。

(1) 臭氧产额估算

根据 HJ979-2018 中 B.1，平行电子束所致 O₃ 的产生率可以用以下公式进行保守估算。

$$P=45dIG$$

式中：P——单位时间电子束产生 O₃ 的质量 (mg/h)；

I——为电子束流强 (mA)，项目装置为 2；

d——为电子在空气中的行程 (cm)，结合电子在空气中的线阻止本领 s=2.5keV/cm 和辐照室尺寸选取；根据项目资料，束下传输装置上放置工件和下部钛窗距离与 60cm。

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

计算得： $P=54000\text{mg/h}$ 。

(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 的变化为：

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

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

T_e ——对臭氧的有效清除时间，h；

V ——辐照室内体积， m^3 ，本项目为 26.08m^3 。

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d}$$

T_v ——辐照室换气一次所需时间，h，容积/风量= $26.08/13000=2.01 \times 10^{-3}\text{h}$ ；

T_d ——臭氧的有效化学分解时间，约为 50min。

计算得： $T_e=0.002\text{h}$ 。

此种情况下， $T_v \ll T_d$ ，因而 $T_e \approx T_v$ 。当长时间辐照时，则辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V}$$

计算得， $C_s=4.14\text{mg/m}^3$ 。

(3) 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国家标准所规定的浓度限值。当加速器停止运行后，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：

$$d_C / dt = -C / T_e$$

当 $t=0$ 时， $C=C_s$ ，则：

$$C = C_s e^{-\frac{t}{T_e}}$$

式中： t ——为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间，h。

关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$t = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s}$$

式中 C_0 ——臭氧的最大容许浓度， 0.3mg/m^3 。

计算得： $t=0.005\text{h}$ 。

(4) 臭氧产生与排放计算结果

表 9-11 臭氧的产生与排放计算结果

项目参数	电子行程 d (cm)	束流强度 I (mA)	O ₃ 产生速率 P (mg/h)	平衡浓度 Cs (mg/m ³)	辐照室体积 V(m ³)	关机后风机运行时间 t(min)
辐照室	60	2	54000	4.14	26.08	0.3

电子加速器设备正常生产时，开启臭氧风机，当辐照设备停束后，风机保持开启 0.3 分钟之后人员方可进入辐照室内，此时，辐照室内 O₃ 浓度值小于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）中工作场所空气中 O₃ 的最高容许浓度（0.3mg/m³）。

本项目制定相关规定并设置通风联锁装置，加速器停机后必须继续排风 5min 后方可进入辐照室。项目设置的排风口位于机房顶部，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，对环境影响较小。

（5）区域气象资料

临清气象站位于 115° 44' E, 36° 49' N，台站类别属一般国家气象站。该站近 20 年（2002～2021 年）年最大风速为 15.6m/s（2005 年），极端最高气温和极端最低气温分别为 41.5℃（2009 年）和 -19.6℃（2021 年），年最大降水量为 955.9mm（2021 年）；2017-2021 年年平均风速 2.1m/s。

临清气象站近 20 年主要气候统计资料见表 9-12，近 20 年各风向频率见表 9-13，

临清近 20 年风向频率玫瑰图见图 9-6。

表 9-12 临清气象站近 20 年（2002～2021 年）主要气候要素统计

月份 项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年
平均风速 (m/s)	2.0	2.4	2.9	2.9	2.6	2.3	1.9	1.7	1.7	1.9	2.1	2.1	2.2
平均气温 (℃)	-1.7	2.1	8.7	14.8	20.7	25.6	26.9	25.4	20.8	14.5	6.6	-0.1	13.7
平均相对 湿度(%)	60.9	58.7	53.2	58.7	63.0	61.7	77.3	81.6	77.0	69.2	68.0	64.5	61.1
平均降水 量(mm)	2.4	12.3	8.4	34.4	49.0	75.9	146.6	137.6	63.7	28.1	19.2	4.4	582.0
平均日照 时数(h)	147.5	152.5	214.6	229.1	260.7	229.5	195.5	190.7	180.9	177.7	153.6	149.4	2281.8

表 9-13 临清气象站近 20 年（2002～2021 年）各风向频率

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
平均	6.4	8.0	7.4	4.9	3.9	3.3	4.8	10.1	17.1	8.2	4.3	2.7	2.7	2.3	3.1	4.3	7.0

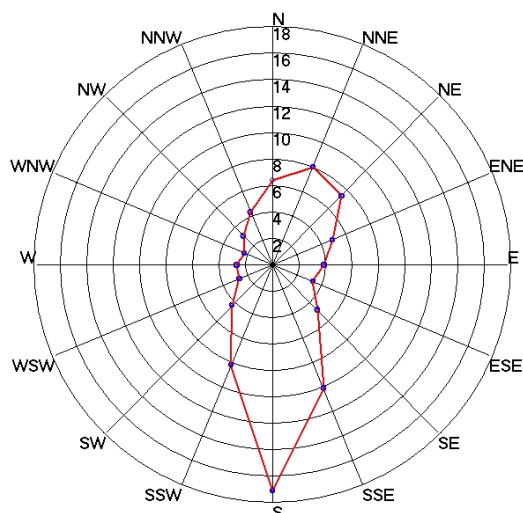


图 9-10 临清近 20 年（2002～2021 年）风向频率玫瑰图

（6）臭氧的排放对周围环境的影响

本次采用《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）推荐的估算模式 AERSCREEN 进行预测（点源，高斯扩散模型），了解臭氧对周围大气环境的影响程度。计算参数选取见表 9-14，评价因子及标准见表 9-15。

表 9-14 估算模型参数表

参数		取值
城市农村/选项	城市/农村	农村
	人口数(城市人口数)	/
最高环境温度		41.8° C
最低环境温度		-19° C
土地利用类型		建设用地
区域湿度条件		半湿润区
是否考虑地形	考虑地形	否
	地形数据分辨率(m)	90
是否考虑海岸线熏烟	考虑海岸线熏烟	否
	海岸线距离/km	/
	海岸线方向/o	/

表 9-15 评价因子及评价标准一览表

污染物	评价时段	标准值 (ug/m ³)	标准来源
臭氧(O ₃)	1h 平均浓度	200	《环境空气质量标准》（GB 15581-2026）二级标准

根据 AERSCREEN 预测结果，在不考虑臭氧分解的情况下，排气筒臭氧的最大落地浓度为 26.9 μg/m³，低于《环境空气质量标准》（GB3095-2026）二级限值（1 小时平均浓度限值 200 μg/m³）。

此外，臭氧的有效分解时间仅约 50min，排入大气后可很快分解为氧气。综上所述，本项目排放的臭氧对周围大气环境影响较小。

9.2.4 水环境影响分析

本项目冷却用去离子水直接外购，不在厂区内制备，运营期无生产废水产生和排放。

根据前述计算，本项目生活污水产生量为 48m³/a，废水中污染物浓度 COD_{Cr}≤300mg/L、NH₃-N≤30mg/L，污染物产生量分别为 COD_{Cr}0.0144t/a、NH₃-N0.00144t/a。生活污水经厂内化粪池处理后由环卫部门定期清运，不直接排入外环境。

因此，项目运营对周围水环境影响较小。

9.2.5 固体废物影响分析

本项目生产过程不产生固体废物。

项目建成后新增固体废物主要为生活垃圾，由环卫部门定期清运。

9.2.6 声环境影响分析

根据建设单位提供的设计资料，机房主机室顶部设置两台引风风机，二楼机柜室设置水冷机组，设备噪声值范围为 70dB(A)~80dB(A)。本次对机房顶部风机及水冷机组等设备运行过程中产生的噪声进行评价。

(1) 选用低噪声设备：项目选用低噪音箱式离心风机，并通过提高设备的安装质量和精度，从源头减轻设备的噪声量；

(2) 对噪声设备设置减振基础，采取台基减振、橡胶减振接头以及减振垫等措施减轻其振动影响；

(3) 注意维护各种生产设备的正常运转，加强主要产噪设备的维护，确保设备处于良好的运转状态，杜绝因设备不正常运转时产生的高噪声现象。

(4) 项目拟在风机等设备处安装消音器、设减震基础、通风管道均采用软性接头，水冷机组设置在室内，隔声量按照 20dB(A)考虑，可极大减少风机和水冷机组等设备产生的噪声。

通过以上控制措施和距离衰减，噪声影响有效降低，同时考虑到本项目位于现有厂区内，因此，项目运行期间噪声对周围环境影响较小。

9.2.7 年有效剂量估算

(1) 估算公式选取

$$H=D_r \times T$$

式中：H——年有效剂量当量，Sv/a；

D_r ——空气吸收剂量率，Sv/h；

T ——年受照时间，h/a。

(2) 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目加速器为连续出束，主射方向为定向朝下（地面），加速

器年工作时间不超过 2400h。

(3) 估算结果及评价

①职业工作人员年有效剂量

本项目电子加速器机房外工作人员正常生产可到达区域的辐射年有效剂量见表 9-16。

表 9-16 项目工作人员辐射年有效剂量

位置	最大辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	现场 人员	居留 因子	时间(h/a)	最大年有效剂 量率(mSv/a)	剂量率控制值 (mSv/a)
控制室	1.39×10^{-6}	辐照 工作 人员	1	2400	3.34×10^{-6}	5.0
质检室	1.78×10^{-10}		1	2400	4.27×10^{-10}	5.0
电气设备室	0.00385		1/4	2400	0.00231	5.0
冷却设备室	0.00385		1/4	2400	0.00231	5.0
供电室	0.3031		1/16	2400	0.0455	5.0
主机室入口	1.32×10^{-6}		1/16	2400	1.98×10^{-7}	5.0
东侧平台	0.00378		1/16	2400	5.67×10^{-4}	5.0
上下货区域	1.7×10^{-10}	装卸货人员	1	2400	4.08×10^{-10}	5.0

由估算结果可知，本项目职业人员的年有效剂量最大为 0.0455mSv/a，低于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的剂量限值（5mSv/a）。

②公众成员的年有效剂量

本项目公众活动区域位于辐照室一层周围，根据估算结果，电子加速器运行状态下辐照室及迷道周围 X 剂量率的最大值为 $0.1223 \mu\text{Sv/h}$ （迷道出入口），该区域外侧为仓储卸货场，加速器正常开机运行时一般无公众人员逗留，且加速器运行时，职业人员对机房周围进行巡视，禁止无关人员逗留，因此公众成员居留因子取 1/16。据此估算该区域活动公众成员的年有效剂量为：

$$H=0.1223 \mu\text{Sv/h} \times 2400\text{h} \times 1/16/1000=0.0183\text{mSv/a}$$

机房周边东、南、北侧均为公司厂区范围，西侧为货物及产品暂存区，加速器正常开机运行时，主机室所在二层机房四周 X 剂量率的最大值为 $0.00983 \mu\text{Sv/h}$ （主机室西侧外廊），此处区域禁止公众人员进入和逗留，居留因子取 1/16，估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$H=0.00983 \mu\text{Sv/h} \times 2400\text{h} \times 1/16/1000=0.00147\text{mSv/a}$$

天空反散射至地面的辐射剂量率最大为 $5.46 \times 10^{-8} \mu\text{Sv/h}$ ，P 点处公众成员居留因子保守取 1/4，估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$H=5.46 \times 10^{-9} \mu\text{Sv/h} \times 2400\text{h} \times 1/4/1000=3.28 \times 10^{-8} \text{ mSv/a}$$

由以上估算结果可以看出，公众成员的年有效剂量最大为 0.0183mSv/a，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的剂量限值（0.1mSv/a）。

9.2.8 运行分析与评价

由上述运行期间的分析可以看出，本项目使用拟购工业电子加速器正常运行期间：

电子加速器运行时，加速器机房周围辐射水平低于本次评价相应的剂量率控制目标值。

在曝光时间 2400 小时/年的条件下，职业工作人员的年有效剂量不大于 0.0455mSv/a，低于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的剂量限值和本报告提出管理剂量约束值的（5mSv/a）。

在曝光时间 2400 小时/年的条件下，公众成员年有效剂量不大于 0.0183mSv/a，低于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定和本报告提出的管理剂量约束值（0.1mSv/a）。

综上所述，本项目加速器机房周围的辐射水平、职业工作人员及公众成员所接受的年有效剂量均不大于本报告提出的评价指标，满足国家有关要求。

9.3 事故影响分析

9.3.1 可能的风险事故

（1）人员误入或误留机房

工业电子加速器在照射时，电子束及其韧致 X 射线在辐照室内形成高剂量率的辐射场，如加速器开机状态下有人误入或误留辐照室内，将造成超剂量照射，严重时可导致人员死亡。这是本项目最主要的安全风险，也是本次风险评价的重点。

（2）操作人员违规操作或误操作

操作人员违规操作或误操作，可能造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

（3）通风系统故障或不畅

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时间不足，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。

（4）电击事故

加速器的工作电压具有潜在的危险性，特别是高压电路的电压、X 射线头内脉冲电压器的输入输出电压，以及钛泵的直流高压等，调试和检修工作触动上述电压会造成严重的伤害，也有可能带来人身伤亡事故。

9.3.2 辐射事故防范措施

（1）根据建设单位提供的设计资料，为防止人员误入或误留机房造成辐射事故，本项目加速器机房内设置了联锁装置、巡视装置、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设施。

进入辐照室、主机厅和迷道前必须先拨下控制钥匙，并随身携带，此时相应加速器无法开机；

机房出入口外设计有电离辐射警告标志，可对人员起到警示作用；每次开机前工作人员均须进入辐照室内巡视是否清场并确定巡视开关是否全部按下，否则相应加速器无法开启；加速器开机前蜂鸣信号器会响 30s，正常运行时工作状态指示灯会亮起警示，可对人员起到提醒作用；迷道进出口位置均安装有红外线感应系统，加速器运行时若有人经过红外线感应系统，加速器将立刻停止照射；主机厅及防护门设计有门禁系统，需要钥匙及识别卡才能打开，可有效防止因人员误入造成辐射事故；控制区内各个区域均布置有应急开关，可起到紧急停机的作用，如有人员滞留在辐照室内，可就近按下应急开关以停止照射。此外，距离操作区输送机位或防护体不小于 1m 处，以规则直线划分警戒线，以防止无关人员靠近。

通过多元化的安全防护措施，在防止不当开机、开机前预警、紧急停机、防止人员误留、外部警示等多个方面进行了安全防护，且各个方面大都设置了不止一项防护设施，各项防护措施均具有独立性，可起到防止事故发生的作用，在严格管理的情况下，不会出现人员受照事故。本次评价要求建设单位定期巡检各项安全设施，确保联锁装置、光电开关、紧急停机装置等均能正常运转。

(2) 为避免上述事故隐患的发生，要求辐射工作人员每次上班时首先要按操作规程完成辐照室和主机室内日常巡检，确认开机前无人停留在室内。严格落实 HJ979-2018 要求的日常维修（管理），实现日检查、月检查、半年检查，并在运行及维修维护期间完成运行日志的记录，保存日志档案。

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

(4) 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。

(5) 本项目工业电子加速器调试和检修工作全部由专业人员承担，检修时应采取必要的防护措施，以避免电击事故发生。

表 10 辐射安全管理

10.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置 10.1.1 辐射安全管理机构 山东恒发卫生用品有限公司须按照《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）中对使用射线装置单位的要求，成立辐射安全领导机构，签订辐射工作安全责任书，法人代表为辐射工作安全第一责任人，统一指挥射线装置运行安全的工作。 10.1.2 职业人员管理 公司拟为本项目配备4名辐射工作人员，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》的规定，本次评价要求工作人员参加国家核技术利用辐射安全防护培训，并考核合格后方可上岗。 公司应加强人员培训管理，培训考核合格证明到期前及时参加再培训和考核。
10.2 辐射安全管理规章制度 公司按相关法规，拟制定各类辐射安全管理制度，如《辐射岗位工作人员培训制度》、《射线装置辐射防护与安全保卫制度》、《射线装置操作规程》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置设备检修维护设备》、《自行检查及年度评估制度》等规章制度及《辐射监测方案》、《辐射事故应急预案》，以满足日常辐射安全管理要求。 各项规章制度中应对操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、使用等方面分别做出明确的要求和规定。在制定相关制度后，可以满足辐射管理要求。 公司拟由辐射安全负责人负责宣传贯彻辐射安全的相关政策及法规，制定合理的规章制度及防护措施，对探伤工作提出合理建议并进行监督管理，对环境风险事故进行处理，对职业人员的工作过程进行管理。
10.3 辐射监测 10.3.1 辐射工作场所监测 根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）等有关标准的规定，公司须制定《辐射监测方案》，购置辐射检测仪器，并根据监测计划对工作场所和周围环境进行监测。监测方案须包括以下内容： （1）监测因子：X(γ)空气吸收剂量率 （2）监测频次 定期监测：正常情况下，每年进行1~2次例行监测。 应急监测：工作场所如发现或怀疑有异常情况，应对场所周围进行应急监测。 （3）监测范围 以加速器机房为中心，周围 50m范围内。

(4) 监测布点

监测点主要涵盖以下几处位置：

- ①通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；
- ②检测辐照室产品进出口、主机室防护门外；
- ③辐照室、主机室四周外30cm离地面高度为1m 处，每个防护面至少测3个点；
- ④人员经常活动的位置，主要包括操作位以及其他人员能够到达的位置。

10.3.2 个人剂量的监督与检测

根据《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）要求，公司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，本项目职业工作人员均应配戴个人剂量计（每人1支），由个人剂量检测档案。个人剂量档案要做到一人一档，其中应包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应终生保存。

个人剂量进行年度评估，一旦发现超过计量约束值，应当立即核实和调查，并采取有效措施确保辐射工作人员的年有效剂量不超过约束值。

建设单位按上述内容认真落实后，在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力能够符合相应法律法规的要求。

10.3.3 日常检修

(1) 日检查

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

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

(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，发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目至少应包括：

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

(3) 半年检查

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

- 1) 配合年检修的检测;
- 2) 全部安全设备和控制系统运行状况。

10.4 辐射事故应急

10.4.1 辐射事故应急预案

建设单位拟根据《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与防护条例》等法律法规的要求,制定《辐射安全事故应急预案》,发生风险事件时迅速采取必要和有效的应急响应行动,保护工作人员、公众和环境的安全。企业放射事故应急预案主要包括以下内容:

(1) 辐射事故应急处理机构与职责

1) 公司成立辐射事故(事件)应急指挥中心,组织开展风险事件的应急处理工作。应急预案中应明确应急处理领导小组名单及联系方式。

2) 应急处理领导小组职责

a) 定期组织对检测电子辐照现场、设备和人员进行辐射防护情况自查和检测,发现事故隐患及时督导整改;

b) 发生人员受超剂量照射事故,应启动本预案;

c) 事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理;

d) 负责向环保及卫生行政部门及时报告事故情况;

e) 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作;

f) 人员受照时,要迅速估算受照人员的受照剂量;

g) 负责迅速安置受照人员就医,及时控制事故影响。

(2) 辐射事故应急原则

a) 生命第一的原则;

b) 主动抢救原则;

c) 迅速报告原则;

d) 科学施救,防止事故扩大的原则;

e) 保护现场,收集证据的原则。

(3) 辐射事故应急处理程序

a) 事故发生后,当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开,并及时上报辐射事故应急处理领导小组;

b) 应急处理领导小组召集专业人员,根据具体情况迅速制定事故处理方案;

c) 事故处理必须在应急处理领导小组的领导下，在有经验的工作人员和辐射防护人员的参与下进行；

d) 各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

(4) 应急预案的启动

接到事故发生报告后，立即启动应急预案，联系有关部门。市生态环境局应急联系电话：0635—8909767，卫生部门应急联系电话：120。电话号码张贴于办公电话附近。

(5) 应急行动的中止

当发生辐射事故的射线装置或场所完成修复，且受照人员得到妥善救治后，经环保部门监测安全合格，报请行政主管部门批准，即可中止当次应急行动。要及时收集与事故有关的物品和资料，做好调查研究工作，认真分析事故原因，并采取妥善措施，尽量减少事故发生。

总之，为避免事故发生，必须加强管理力度，提高职业人员的技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，并加强设备检查和维修，减少故障发生，提高单位应急能力。

10.4.2 应急培训与演练计划

(1) 培训

结合公司具体情况，制定辐射事故应急培训计划和方案，每年对辐射事故应急响应有关人员至少进行一次培训。

(2) 演练

结合公司具体情况，根据辐射事故应急预案，每年至少有计划、有组织地开展一次辐射事故应急演练。演练结束后，应及时总结评估辐射事故应急预案的可行性，必要时，对应急预案做出修改和完善。

表 11 结论与建议

11.1 结论 11.1.1 项目概况 山东恒发卫生用品有限公司成立于 2003 年 9 月,位于山东省聊城市临清市金郝庄镇冯杨村。公司投资 2000 万元,购置一套 GY-DZ-10/20 型辐照电子直线加速器(电子束最大能量 10MeV,束流强度 2.0mA),在厂区东北部现有厂房位置新建占地面积 270.07 平方米的辐照厂房,建设一条辐照灭菌加工线,用于企业生产的卫生用品灭菌消毒,年辐照加工能力为 30000 吨。加速器主体建筑按照实际功能需求划分为设备间、控制室、加速器室、迷道、辐照室,并设置动力通风装置等防护措施。 本项目有利于提高企业卫生用品产品质量,具有明显的经济效益和社会效益,且对周围的辐射环境影响满足国家各项标准规定,符合实践正当性原则。 11.1.2 选址合理性分析 本项目位于聊城市临清市金郝庄镇冯杨村北,在现有厂区内进行建设。根据山东恒发卫生用品有限公司土地证鲁(2021)临清市不动产权第0002530号,本项目所用地块性质为工业用地,项目用地符合规划要求。 拟建项目位于企业厂区东北部,拆除现有仓库建设电子加速器机房,机房东侧、北侧邻近厂区边界,南侧为厂区道路、西侧为现有仓库。项目机房西侧为物料暂存区和产品暂存区,方便货物运送,便于生产衔接,经现场勘查,项目机房四周 50m 范围无居民区等环境保护目标,周围少有公众成员停留,项目选址合理。 11.1.3 现状监测 本项目拟建加速器机房区域中心位置及周围环境 γ 辐射剂量率现状值为 64.36~67.30nGy/h(即 $6.44\times 10^{-8}\sim 6.73\times 10^{-8}\text{Gy/h}$),处于聊城市环境天然辐射水平的范围(室内 $6.47\times 10^{-8}\sim 12.85\times 10^{-8}\text{Gy/h}$);厂区道路处环境 γ 辐射剂量率现状值为 56.34nGy/h(即 $5.63\times 10^{-8}\text{Gy/h}$),处于聊城市环境天然辐射水平的范围(道路 $1.90\times 10^{-8}\sim 6.67\times 10^{-8}\text{Gy/h}$),均属于正常的本底水平。 11.1.4 环境影响分析 (1)根据理论计算结果,本项目工业电子加速器处于运行状态时,加速器机房周围及室顶均可到达区域辐射水平均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率限值要求,对周围环境影响较小。 (2)在曝光时间 2400 小时/年的条件下,职业工作人员的年有效剂量不大于 0.0455mSv/a,低于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)规定和本报告提出的管理剂量约束值(5mSv/a)。 (3)在曝光时间 2400 小时/年的条件下,公众成员年有效剂量不大于 0.0183mSv/a,低于

《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定和本报告提出的管理剂量约束值（0.1mSv/a）。

（4）在加速器开机运行时，电子束与辐照室空气可通过电离作用产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，本项目加速器辐照室内均设有专门的通风系统，电子加速器设备正常生产时，开启臭氧风机，当设备停束后，风机保持开启，0.3 分钟后人员方可进入辐照室内，此时，辐照室内 O₃ 浓度值小于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）中工作场所空气中最高容许浓度（0.3mg/m³）。根据预测结果，在不考虑臭氧分解的情况下，机房顶部排放口排放臭氧的最大落地浓度为 26.9ug/m³，低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级限值要求(臭氧日小时平均浓度限值 200 μg/m³)；氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一。因此，本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

（5）本项目加速器机房设计有联锁装置、钥匙控制、束下装置联锁、巡检按钮、信号警示装置、急停装置、防人误入装置、剂量联锁、监控装置、通风联锁、辐射监测装置、烟雾报警等多项安全防护措施，可满足安全防护需求。

11.1.5 辐射安全管理

（1）公司拟设立辐射防护机构，并拟制定各项管理规章制度。在运行过程中将各项安全防护措施落实到位，在此条件下，可以确保工作人员、公众的安全，并能有效应对可能的突发辐射事故。

（2）公司拟配备4名具备从事工业电子加速器辐照技术能力的职业工作人员，专职进行本项目工业电子加速器的操作。目前具体人员尚未确定，在确定人员名单后，公司将尽快安排相关人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加辐射安全与防护学习，考试合格后方可上岗。

（3）公司拟配备个人剂量计4支（人手1 支，由个人剂量检测单位配发）、个人剂量报警仪、辐射检测仪器，可满足相关要求及工作需求。

（4）公司拟定期对工作人员的个人剂量进行监督检测，并建立工作人员个人剂量档案。个人剂量档案内包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并为工作人员终生保存。

（5）项目的设施较为简单，环境风险因素单一，建设单位拟制定《放射事故应急预案》，在根据本次评价要求进一步完善风险防范措施和制定事故应急预案条件下，项目环境风险是可控的。

综上所述，在认真落实相关法律法规和本次评价所提出的安全防护措施后，该单位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，从辐射环境保护的角度分析，该项目的运行是安全可行的。

11.2 承诺和建议

11.2.1 承诺

- 1、严格按照设计方案建设加速器机房，并使用拟购型号工业电子加速器。
- 2、加强工作人员的个人剂量监督。
- 3、严格执行公司制定的各项制度和操作规程。
- 4、在设备购入前，办理辐射安全许可证。
- 5、项目建成后，运行 3 个月内，按照相关要求自行开展项目竣工验收并备案。

11.2.2 建议

- 1、加强对工作人员的教育和培训，避免辐射事故（件）的发生。
- 2、根据实际工作情况不断完善操作规程、管理制度以及应急响应方案。
- 3、对操作人员，要求熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众和工作人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

审批

下一级环保部门预审意见：

经办人签字：

单位盖章

年 月 日

审批意见：

经办人签字：

单位盖章

年 月 日

附 件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 关于资料提供和环评内容的确认承诺函
- 附件 3 建设项目备案证明
- 附件 4 建设单位营业执照
- 附件 5 建设单位现有工程现状评估报告备案意见
- 附件 6 项目所在厂区土地证
- 附件 7 现状监测报告

附 图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 临清市国土空间总体规划图
- 附图 3 项目周边环境关系图

委 托 书

聊城市环境科学工程设计院有限公司：

我单位拟建设山东恒发卫生用品有限公司电子加速器辐照消毒项目，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《建设项目环境保护管理条例》等有关条款规定，特委托贵公司承担该项目的环评工作，编制环境影响报告表。

委托单位（公章）：山东恒发卫生用品有限公司

联系人：

电 话：

委托时间：2026 年 4 月 30 日

关于资料提供和环评内容的确认承诺函

聊城市环境科学工程设计院有限公司：

依据我公司委托山东顺世环保科技有限公司与贵公司签订的《山东恒发卫生用品有限公司电子加速器辐照消毒项目技术服务合同》约定，我单位承诺提供给贵公司的材料均为真实、合法的。

由贵公司编制的《山东恒发卫生用品有限公司电子加速器辐照消毒项目环境影响报告表》已收悉，经对报告内容认真核对，我单位确认相关技术资料及支撑性文件均为我方提供，环评内容符合本项目合同规定的要求，可以上报主管部门审查。由于我方提供资料的真实性、合法性引起的法律责任，由我方承担。

特此承诺！

建设单位（公章）：

2026 年 7 月 6 日

山东省建设项目备案证明



项目单位基本情况	单位名称	山东恒发卫生用品有限公司		
	证照号码	913715817544815848	联系人	刘宪朝
项目基本情况	项目代码	2605-371581-89-02-349708		
	项目名称	山东恒发卫生用品有限公司电子加速器辐照消毒项目		
	建设地点	临清市		
	建设地点详情	临清市金郝庄镇冯杨村		
	建设规模和内容	该项目为技术改造项目，位于临清市金郝庄镇冯杨村山东恒发卫生用品有限公司厂区内。项目依托现有厂区进行建设，不新增占地，计划拆除部分仓库，新建一座两层辐照厂房，占地面积270.07平方米，建筑面积505.57平方米。项目购置1套GY-DZ-10/20型辐照电子直线加速器和配套装置，用于公司自产产品的辐照消毒灭菌。项目建成后，年辐照消毒卫生用品30000吨。资金来源全部为企业自筹。项目建成运营期年综合能源消费量122.9吨标准煤（当量值），301.5吨标准煤（等价值），电力消费量100万千瓦时。我公司承诺，我公司该项目不涉及《产业结构调整指导目录》限制类、淘汰类所列工艺、技术、装备及产品，符合国家产业政策。原项目代码：临发改备〔2016〕41号。		
	总投资额（万元）	2000万元	建设起止年限	2026年至2027年
	项目负责人	刘宪朝	联系电话	138****2088
备注	无			
承诺： 山东恒发卫生用品有限公司（单位）承诺所填写各项内容真实、准确、完整，建设项目符合相关产业政策规定。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由本单位承担全部责任。 法定代表人或项目负责人签字：_____ 备案时间：2026-05-06				

	
营业执照	
(副本) 1-1	
统一社会信用代码 913715817544815848	 扫描市场主体身份码了解更多登记、备案、许可、监管信息，体验更多应用服务。
名称 山东恒发卫生用品有限公司	注册资本 壹亿元整
类型 有限责任公司(自然人投资或控股)	成立日期 2003年09月18日
法定代表人 刘宪朝	住所 山东省聊城市临清市金郝庄乡冯杨村
经营范围 许可项目：卫生用品和一次性使用医疗用品生产；第二类医疗器械生产。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）一般项目：卫生用品和一次性使用医疗用品销售；母婴用品制造；母婴用品销售；纸制品销售；个人卫生用品销售；第一类医疗器械生产；第一类医疗器械销售；第二类医疗器械销售；产业用纺织制成品制造；产业用纺织制成品销售；日用口罩（非医用）生产；日用口罩（非医用）销售；针织或钩针编织物及其制品制造；针纺织品及原料销售；货物进出口；日用杂品制造；宠物食品及用品批发。（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）	
登记机关 行政审批服务局	
2025 年 11 月 7 日	

临 清 市 环 境 保 护 局

临环字【2016】10 号

关于对临清市恒发卫生用品有限公司 婴儿及成人纸尿裤生产项目环境监管的意见

一、项目基本情况。该项目位于临清市金郝庄镇冯杨村村北，占地面积 30001.5 平方米，总投资 800 万元。建设内容：购置无纺布、卫生盘纸、流延膜、绒毛浆等原料，经粉碎、成型、分切、消毒、包装等工序，生产纸尿裤，设计能力为年产 200 万片。建成构筑物有生产车间、仓库办公室、宿舍等，总建筑面积 32295 平方米。

该项目未批先建已投入生产，列入全省清理整顿环保违规建设项目清单，属依法完善手续类。项目符合国家产业政策。

二、主要环保措施。1、生产线全部采用封闭式橱窗，并加强车间通风，分切粉尘经集气罩收集后由圆笼式除尘机组除尘；厨房采用液化石油气并安装抽油烟机，油烟净化效率 $\geq 85\%$ ，经净化后的油烟引至楼顶 1.5 米处排放。2、食堂含油废水隔油处理后同其他生活污水经化粪池预处理后用于厂区绿化，同时对化粪池等进行硬化防渗处理。3、工业固体废物不合格产品、废边角料及废包装材料经收集后出售给废品回收公司，生活垃圾及化粪池污泥经收集后交由环卫部门定期清运。4、设备噪声源主要是纸尿裤生产线、拉拉

组除尘，确保粉尘排放满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中无组织排放监控浓度限值要求；厨房采用液化石油气并安装抽油烟机，净化后的油烟引至高于屋顶 1.5m 处排放，确保油烟排放满足《饮食业油烟排放标准》(DB37/597-2006)要求。

3、严格落实水污染防治措施，食堂含油废水经隔油处理和其他生活污水经化粪池处理后用于厂区绿化及抑尘。

4、要加强固体废物的管理，对于本项目产生的不合格产品、废边角料、废包装材料收集后外售，生活垃圾和化粪池污泥委托清运，不得随意处置和倾倒。

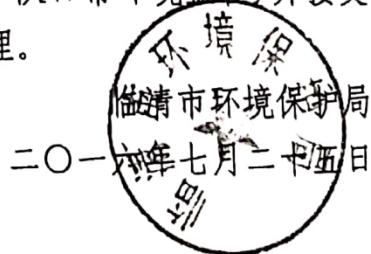
5、要切实加强噪声污染防治设施的日常维护，确保厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类标准，严禁出现噪声超标、扰民现象发生。

6、加强环境安全管理，严格按照现状环境影响评估报告要求，落实各项环境风险评价防范措施。

7、进一步加强厂区环境绿化，使厂区乔木、灌木、草坪相结合，发挥其降噪、吸尘、净化空气和美化环境作用，减少对环境的污染。

8、如项目进行扩建、改建、迁建或技术改造，应依法另行环境影响评价。

三、临清市恒发卫生用品有限公司婴儿及成人纸尿裤生产项目纳入临清市环境保护局环境监察五中队日常环境监管，并接受各级环境保护行政主管部门的监督管理。



临清市环境保护局

临环评函【2016】09号

关于临清市恒发卫生用品有限公司 婴儿及成人纸尿裤生产项目的备案意见

临清市恒发卫生用品有限公司：

经研究，对你公司婴儿及成人纸尿裤生产项目提出备案意见如下：

一、该项目位于临清市金郝庄镇冯杨村村北，占地面积30001.5平方米，总投资800万元。建设内容：购置无纺布、卫生盘纸、流延膜、绒毛浆等原料，经粉碎、成型、分切、消毒、包装等工序，生产纸尿裤，设计能力为年产200万片。建成构筑物有生产车间、仓库办公室、宿舍等，总建筑面积32295m²。

该项目未批先建已投入生产，列入全省清理整顿环保违规建设项目清单，属于依法完善手续类。你单位委托有资质的环评机构编制了现状环境影响评估报告，通过评估和监测，各项污染物均实现达标排放。

二、下一步须重点做好的工作

1、你公司在以后的生产过程中须进一步增强环保意识，完善环境管理制度，落实岗位责任制，正常运行各种治污设施，并建立健全固废（危废）贮存、处理、台账，确保各类污染物稳定达标排放。

2、严格落实大气污染防治措施，生产线全部采用封闭式橱窗，并加强车间通风，分切粉尘经集气罩收集后由圆笼式除尘器

裤生产线等，为减少工业噪声污染，项目选用低噪声设备，采取减震、隔声等降噪措施；墙体、屋顶安装吸音材料，门窗采用隔声设计，同时在项目区种植树木，使工业厂界噪声达标排放。

三、经现状环境影响评估及现状环境监测，认为该项目不符合污染物在线监测设施安装条件，没有安装污染物在线监测设施。

四、加强环境管理，健全了环境风险防范措施。

五、对环境质量影响。根据聊城市科源环保检测服务中心出具的污染物达标排放监测报告，临清市恒发卫生用品有限公司婴儿及成人纸尿裤生产项目排放的污染物能够达标排放，不会对我市的生态环境质量造成较大影响。



附件 6

晋 (2021) 临清市 不动产权第 0002530 号	
权利人	山东恒发卫生用品有限公司
共有情况	单独所有
坐落	松金路以北、西孙村西南
不动产单元号	371581111223GB00003W000000000
权利类型	国有建设用地使用权
权利性质	出让
用途	工业用地
面积	12146.00m ²
使用期限	国有建设用地使用权 2021年2月1日 起 2071年1月31日 止
权利其他状况	

宗地图



界址点坐标表

点号	X	Y	边长
21	400000.000	39411436.000	0.00
22	400000.000	39411436.000	0.00
23	400000.000	39411436.000	0.00
24	400000.000	39411436.000	0.00
25	400000.000	39411436.000	0.00
26	400000.000	39411436.000	0.00
27	400000.000	39411436.000	0.00
28	400000.000	39411436.000	0.00
29	400000.000	39411436.000	0.00
30	400000.000	39411436.000	0.00
31	400000.000	39411436.000	0.00

绘图日期: 2021年2月24日
审核日期: 2021年2月24日

1:1000

绘图员: 王飞
审核员: 刘冰



鼎嘉检测
DINGJIA
TESTING



检测报告

山东鼎嘉环检【2026】157号

项目名称：山东恒发卫生用品有限公司电子加速器辐照消毒

项目环境现状检测

委托单位：聊城市环境科学工程设计院有限公司

检测类别：委托检测

报告日期：2026年5月28日

山东鼎嘉环境检测有限公司



说 明

- 1 报告无本单位检测报告专用章、骑缝章及章无效。
- 2 复制报告未重新加盖本单位检测报告专用章无效。
- 3 报告涂改无效。
- 4 自送样品的委托测试，其检测结果仅对来样负责；对不可复现的检测项目，结果仅对采样（或检测）当时所代表的时间和空间负责。
- 5 对检测报告如有异议，请于报告发出之日起的两个月之内以书面形式向本公司提出，逾期不予受理。

单位名称：山东鼎嘉环境检测有限公司

单位地址：中国（山东）自由贸易试验区济南片区高新

万达广场 2 号写字楼 1512 室

电 话：0531-59803517

邮政编码：250100

电子邮件：sddj2018@126.com

检测报告

山东鼎嘉环检【2026】157号

检测项目	X- γ 辐射剂量率		
委托单位	聊城市环境科学工程设计院有限公司		
委托单位地址	山东省聊城市高新技术产业开发区湖南东路环保科技园		
联系人	贾德瑞	电话	13505413699
检测类别	委托检测	委托日期	2026 年 5 月 25 日
检测地点	聊城市临清市金郝庄乡冯杨村山东恒发卫生用品有限公司厂区内。		
检测日期	2026 年 5 月 28 日		
环境条件	天气：晴，温度：28.5℃，相对湿度：44.2%RH		
检测主要仪器设备	设备名称	X- γ 辐射剂量率仪	
	设备型号	MR-3512	
	设备编号	A-2503-01	
	测量范围	吸收剂量率：10nGy/h～100mGy/h 能量范围：25keV～7MeV	
	检定单位	华东国家计量测试中心上海市计量测试技术研究院有限公司	
	检定证书编号	2026S10-20-6438437001	
	检定有效期至	2027 年 4 月 7 日	
检测依据	1. 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 2. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。		
解释与说明	受聊城市环境科学工程设计院有限公司委托，山东鼎嘉环境检测有限公司根据委托方提供检测方案及检测要求，对山东恒发卫生用品有限公司电子加速器辐照消毒项目进行环境现状检测。 检测结果及检测布点图见正文第 2～4 页； 项目现场照片及现场检测照片见正文第 5 页。		

检测报告包括：封面、说明、正文（附页），并盖有计量认证章（CMA）、检测专用章和骑缝章。

检测 报 告

山东鼎嘉环检【2026】157 号

表 1 X- γ 辐射剂量率检测结果			
序号	点位描述	检测结果（nGy/h）	
		检测值	标准偏差
1#	辐照机房拟建区域北侧	64.36	0.29
2#	辐照机房拟建区域东侧	66.11	0.28
3#	辐照机房拟建区域南侧	65.21	0.27
4#	辐照机房拟建区域西侧	66.65	0.26
5#	辐照机房拟建区域中心位置	67.30	0.34
6#	厂区内空地	56.34	0.26

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值（10.28±0.25）nGy/h。

检测报告

山东鼎嘉环检【2026】157号

附图 1:

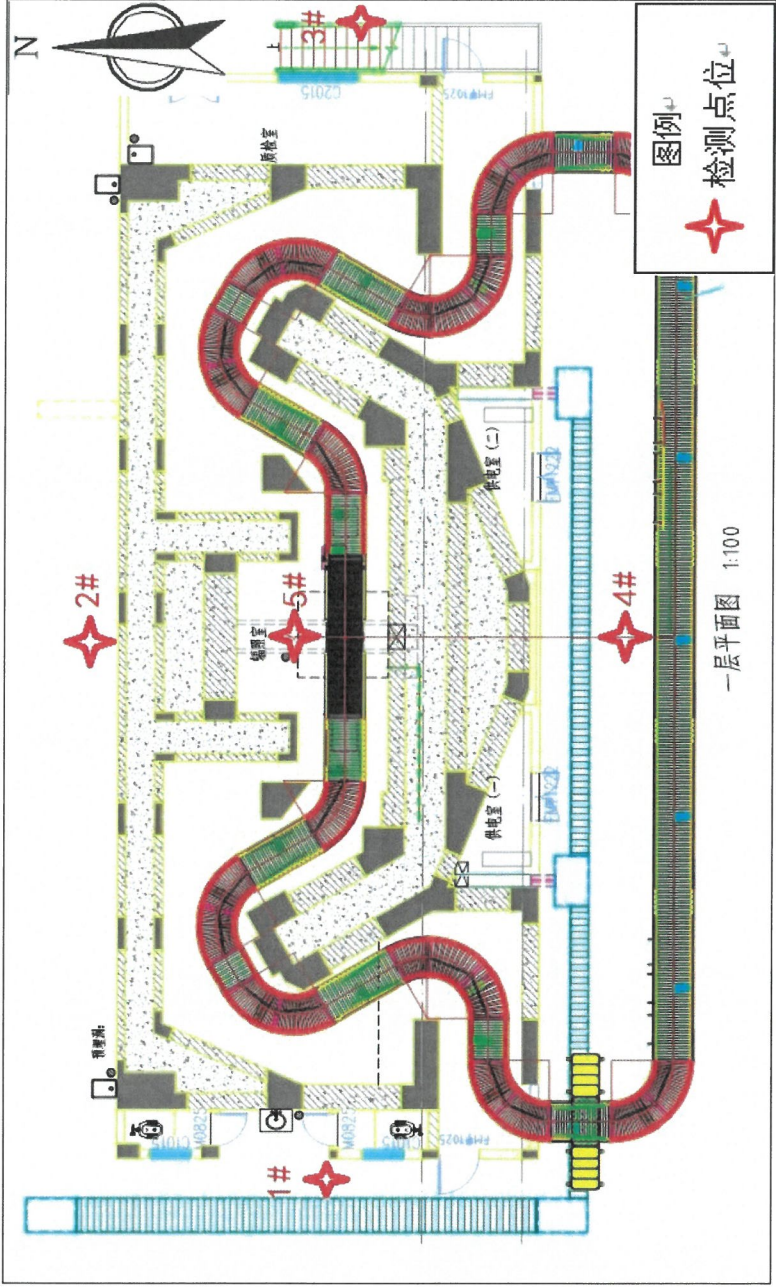


检测布点示意图

检测报告

山东鼎嘉环检【2026】157号

附图 2:



检测布点示意图

检测报告

山东鼎嘉环检【2026】157号

附图 3:



项目现场照片



现场检测照片

以下空白

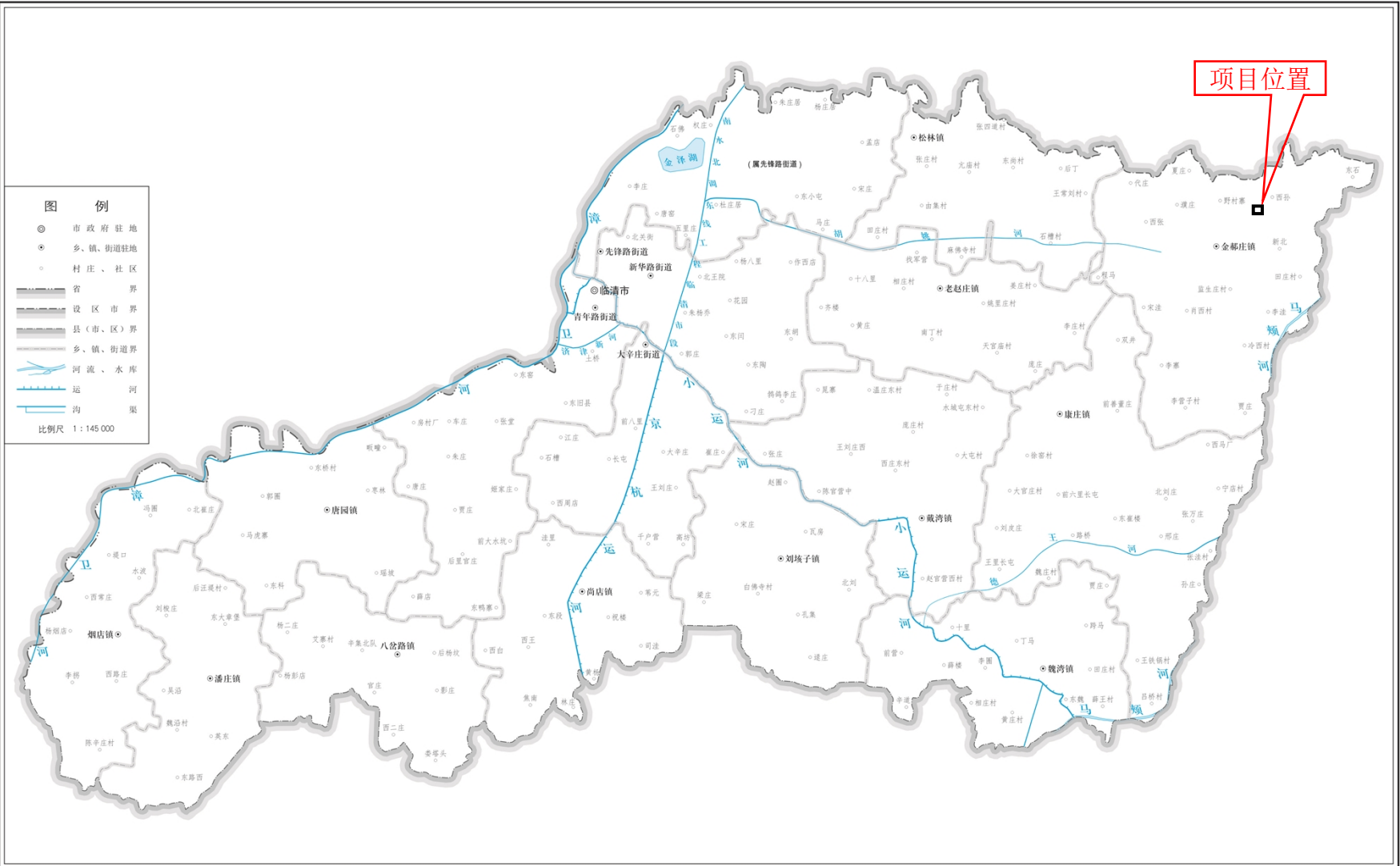


编制人员: 叶小东 审核人员: 孙伟 签发人员: 孙伟 批准日期: 2026.5.28

临清市地图

山东省标准地图

县(市、区)·政区版



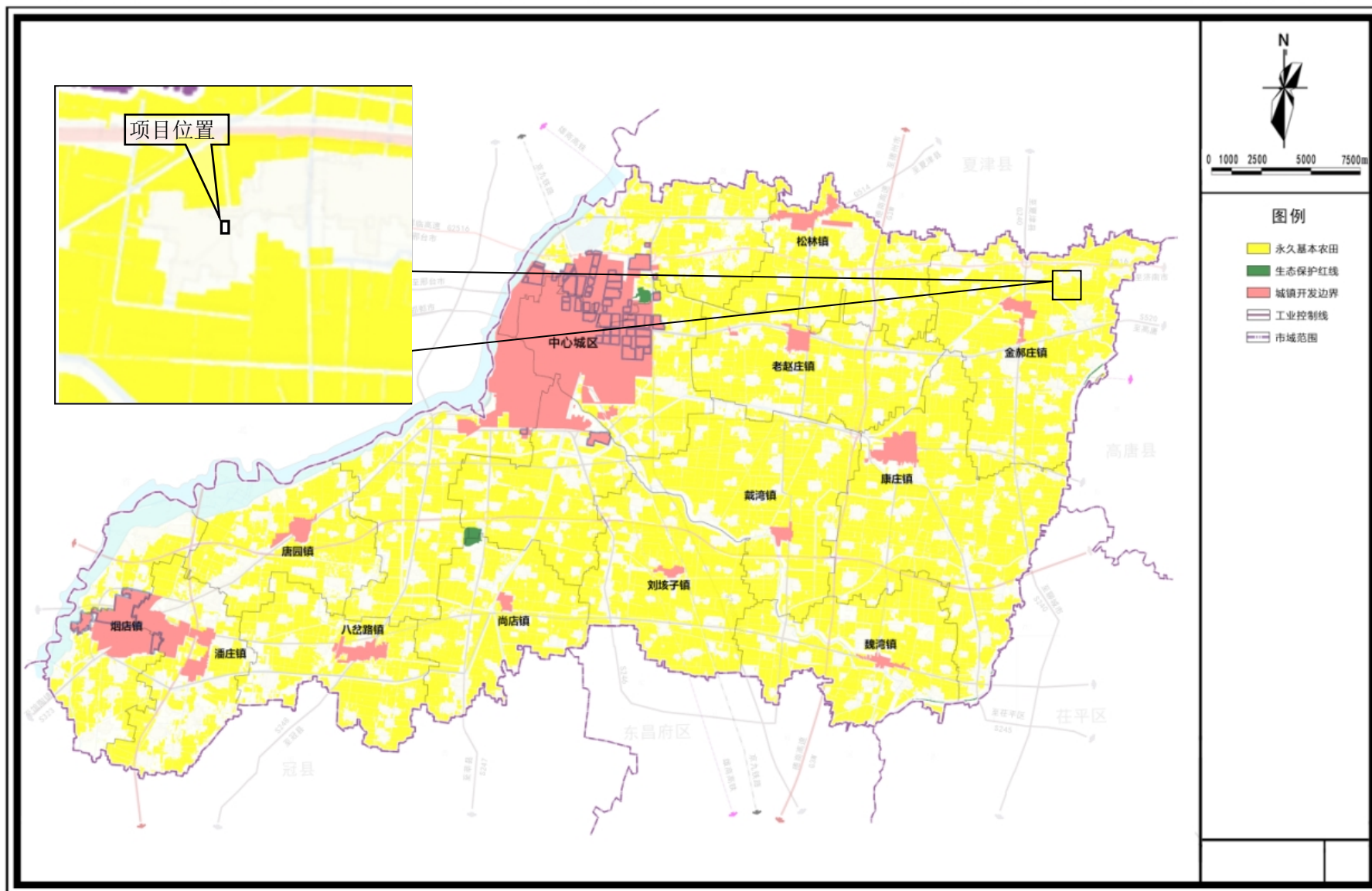
审图号：鲁SG(2020)019号

山东省自然资源厅监制 山东省地图院编制

附图1 项目地理位置图

临清市国土空间总体规划（2021-2035年）

市域国土空间控制线规划图



附图 2 临清市国土空间总体规划（2021-2035 年）



附图 3 项目周边环境关系影像图