

核技术利用建设项目

新疆鎏行色纺织科技有限公司 60 万锭纺纱
+1000 台织机+70 条印染线+年制衣 2100 万
件项目抗菌面料研发项目
环境影响报告表

新疆鎏行色纺织科技有限公司

二〇二五年九月

中华人民共和国生态环境部监制

核技术利用建设项目

新疆鎏行色纺织科技有限公司 60 万锭纺纱
+1000 台织机+70 条印染线+年制衣 2100 万
件项目抗菌面料研发项目
环境影响报告表

建设单位名称：新疆鎏行色纺织科技有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：新疆喀什地区巴楚县工业园区产业孵化园

邮政编码：843800

联系人：张继业

电子邮箱：

联系电话：15379763545

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新疆鑠行色纺织科技有限公司 60 万锭纺纱+1000 台织机+70 条 印染线+年制衣 2100 万件项目抗菌面料研发项目			
建设单位		新疆鑠行色纺织科技有限公司			
法人代表	吴跃杰	联系人	张继业	联系电话	15379763545
注册地址		新疆喀什地区巴楚县工业园区产业孵化园 311			
项目建设地点		新疆喀什地区巴楚县工业园区			
立项审批部门		巴楚县发展和改革委员会	批准文号	2506131604653130000139	
建设项目总投资 (万元)		22000	项目环保投资 (万元)	1100	投资比例(环保 投资/总投资)
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)	本项目位于 抗菌楼内, 抗 菌楼占地 6289m ²
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他					
项目概况					
1.1 建设单位概况					
<p>新疆鑠行色纺织科技有限公司成立于 2025 年 4 月 25 日,注册地位于新疆喀什地区巴楚县工业园区产业孵化园 311, 经营范围主要包括新材料技术研发、面料纺织加工、纺纱加工、面料印染加工、针纺织品及原料销售、针纺织品销售、家用纺织制成品制造; 针织或钩针编织物及其制品制造等。</p> <p>《新疆鑠行色纺织科技有限公司 60 万锭纺纱+1000 台织机+70 条印染线+年制衣 2100 万件项目》(项目代码 2506131604653130000139) 于 2025 年 6 月 13 日取得巴楚县发展和改革委员会备案(备案证号: 2506131604653130000139)。该项目分三期建设, 其中一期建设 10 万锭纺纱、20 条针织印染线、500 台针织圆机、年制衣 500 万件设备、4 条电子束加速器设备及相关配套设施; 二期建设</p>					

30 万锭纺纱、40 条梭织印染线、10 条针织印染线、500 台针织圆机、年制衣 1600 万件设备、2 条电子束加速器设备及相关配套设施；三期建设 20 万锭纺纱设备及相关配套设施。目前该项目环境影响报告书正在编制过程中，其环境影响报告书中明确不包含辐射部分相关评价内容。

电子加速器主要用于对纺织面料进行辐照，即使用电子加速器产生的高能射线作用于纺织品纤维，在纺织品纤维分子上形成活性点，再将具备抗菌抗病毒的制剂与纺织品纤维进行结合，实现抗菌抗病毒等功能的高性能化和持久性。

本项目为《新疆鑫行色纺织科技有限公司 60 万锭纺纱+1000 台织机+70 条印染线+年制衣 2100 万件项目抗菌面料研发项目》，主要对备案中的电子加速器涉及的辐射部分进行评价，本项目分两期建设，一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施。

公司之前不涉及辐射类项目，无需办理辐射安全许可证，待本项目审批通过后将及时办理辐射安全许可证。

1.2 项目概况

项目建设的电子加速器主要用于对纺织面料进行辐照，即使用电子加速器产生的高能射线作用于纺织品纤维，在纺织品纤维分子上形成活性点，再将具备抗菌抗病毒的制剂与纺织品纤维进行结合，实现抗菌抗病毒等功能的高性能化和持久性。

本项目一期、二期电子加速器型号相同，最高能量均为 1.5MeV、额定束流强度均为 80mA。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号），本项目加速器属于 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号修订）、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），使用 II 类射线装置的核技术利用建设项目应当编制环境影响报告表。本项目电子加速器主要技术指标见表 1-1。

表 1-1 项目电子加速器主要技术指标

型号	AB1.5
厂家	无锡爱邦辐射技术有限公司
电子束能量	1.5MeV
束流损失点能量	0.15MeV
束流损失率	0.5%
X 射线发射率(未修正)	90°方向 1.0Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹

最大束流功率	120kW
额定电子束流	80mA
扫描宽度	2.0m
能量不稳定性	小于 2%
束流不稳定性	小于 2%
主射束方向	向下
加速器工作方式	连续

1.3 项目选址及周边保护目标情况

新疆鎏行色纺织科技有限公司位于新疆喀什地区巴楚县工业园区，公司占地共涉及 4 个地块，本项目位于地块二，地块二四周均为空地，地块二中主要建筑物包括一期染色车间、一期纺织车间、二期染色车间和抗菌楼（一、二期合用）。本项目拟建电子加速器位于抗菌楼内，一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施。项目地理位置图见附图 1，地块二周边关系图见附图 2，地块二平面布置图见附图 3，抗菌楼平面布置图见附图 4。

本项目电子加速器机房为两层，一层为辐照室、二层为主机室。项目一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施，每 2 条为一组，共 3 组，每组设计完全相同。每组一层辐照室设计 2 个人员出入口，位于南侧和北侧，人员通过迷道进入辐照区，控制室位于一层。物料通过迷道进出辐照室，为厚 150mm，宽 2150mm 的矩形孔通道，该通道与墙体呈 30°夹角。二层设计为主机室，设计有迷道；二层除主机室外，布置臭氧风机、震荡柜、水冷机组等辅助设施。电子加速器机房平面布置图见附图 5。

1.4 与产业政策的相符性和实践正当性分析

1.4.1 与产业政策的相符性

本项目辐照纺织面料，起到接枝作用。经过辐照的普通面料，成为抗菌面料，提高了产品的市场竞争力。

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“第一类鼓励类”中“六、核能”中第 4 项内容，即“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，因此本项目的建设与国家的产业政策是相符的。

1.4.2 实践正当性

本项目属于抗菌面料生产，在“后疫情时代”，人们渴望更加健康的纺织品，愈发关注抗菌、抗病毒等新技术，本项目产品是既具有良好的抗菌效果又具有良

好的抗病毒效果的功能纺织品。本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.5 劳动定员及工作制度

本项目拟配备 1 名管理人员，每台加速器拟配备 2 名辐射工作人员，实行 2 班制，每班 12 小时，年工作 250 天。本项目年开机时间约为 6000 小时，每名工作人员的年工作时间约 3000 小时。辐射工作人员在上岗前进行辐射安全与防护培训，持证上岗。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II	6	AB1.5	电子	1.5MeV	80mA	辐照	拟建电子加速器机房(位于抗菌楼内)	一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	/	/	$<0.3\text{mg}/\text{m}^3$	不暂存	排气筒排放，臭氧排放后约数小时完全分解为氧气
氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	不暂存	排气筒排放

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L ，固体为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ；年排放总量用 kg 。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none">1、《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；2、《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；3、《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日；4、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令），2019 年 3 月 2 日修订；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；6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号令修改），2021 年 1 月 4 日修订；7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部 18 号令），2011 年 4 月 18 日；8、《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》，2006 年 9 月 26 日；9、《突发环境事件信息报告办法》（原环境保护部令第 17 号），2011 年 4 月 18 日；10、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日起实行）；11、《射线装置分类》（原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）；12、《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知（环办辐射函〔2016〕430 号）》；13、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）；14、《新疆维吾尔自治区辐射事故应急预案》，新政办发〔2016〕175 号；15、《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》，新疆维吾尔自治区人民政府令第 192 号，2015 年 7 月 1 日起施行；16、《新疆维吾尔自治区环境保护条例》，2018 年 9 月 21 日实施17、《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>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 2、《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）； 3、《辐射加工用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）； 4、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 5、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 6、《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）； 7、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 8、《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995年8月）； 9、《辐射防护手册》第一分册《辐射源与屏蔽》（李德平主编）； 10、《辐射防护导论》（方杰主编）； 11、《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）。
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、环境影响评价委托书； 2、本项目现状监测报告； 3、新疆鎏行色纺织科技有限公司提供的其他技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用射线装置的单位应当组织编制环境影响评价文件。电子加速器属II类射线装置，按照有关规定需要编制环境影响报告表。

依据《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》（HJ10.1-2016）射线装置应用项目的评价的范围为所在场所实体屏蔽物边界外 50m。

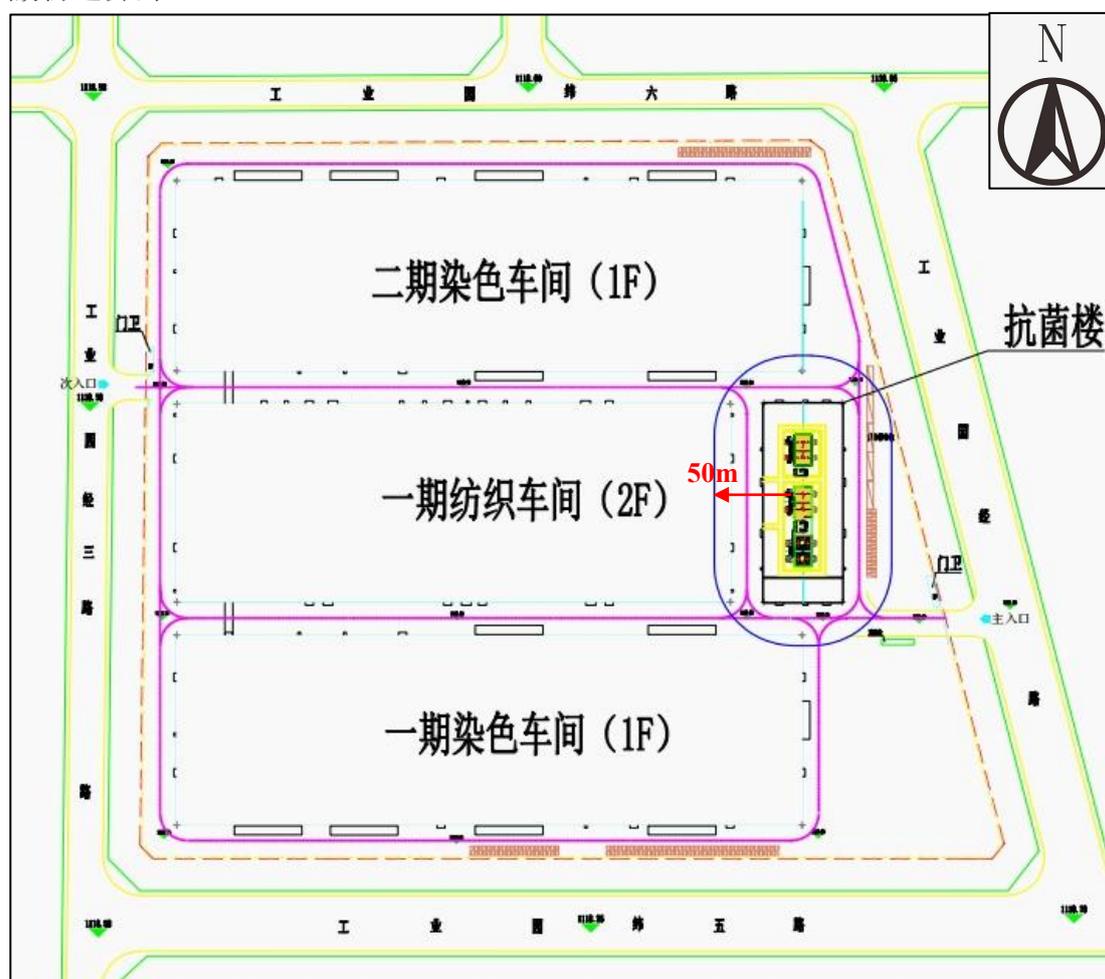


图 7-1 项目评价范围图

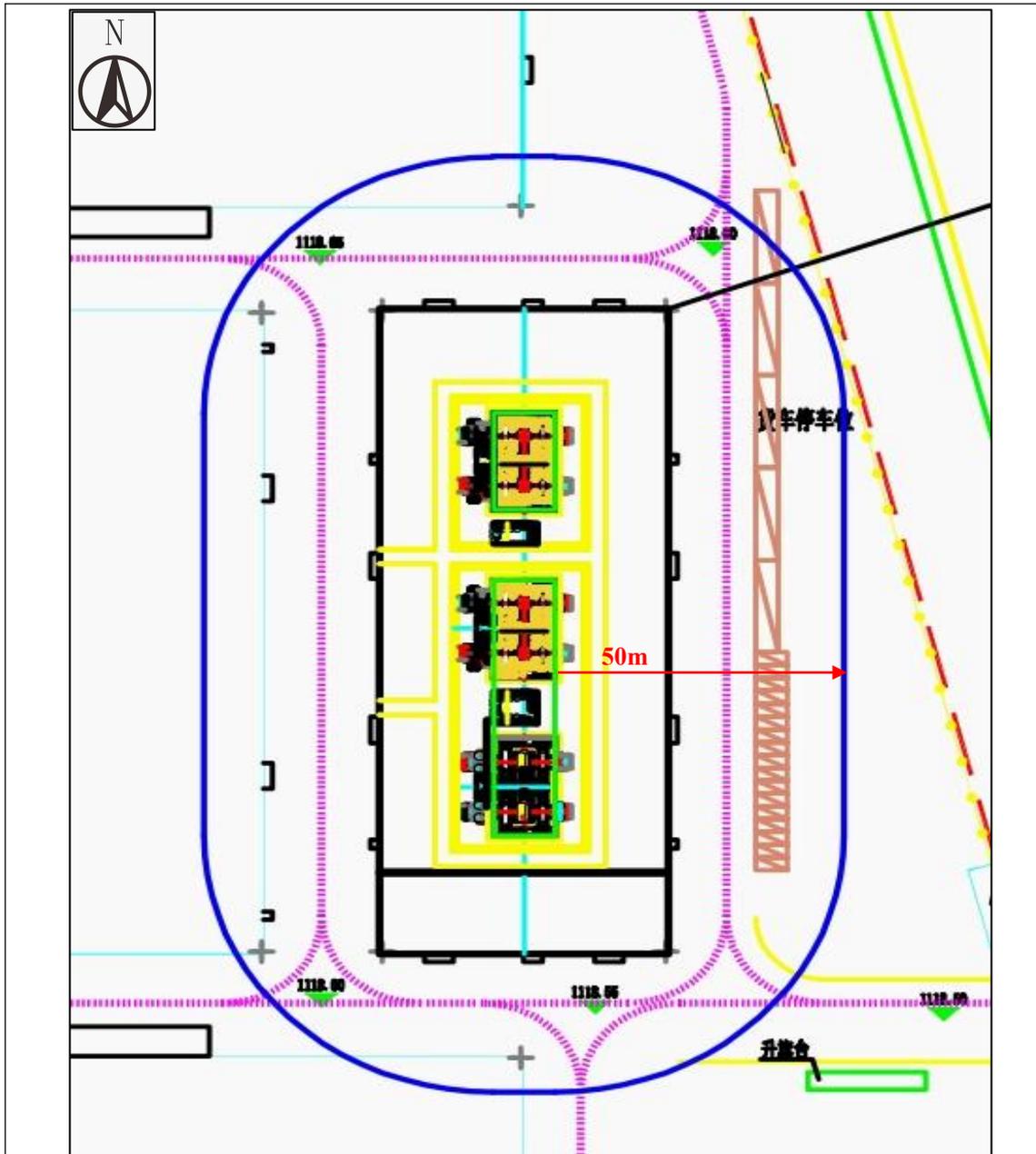


图 7-2 项目评价范围图（局部放大图）

保护目标

本项目所用电子加速器为II类射线装置，评价范围为实体屏蔽物边界外 50m，故本项目的主要辐射防护和环境保护目标为操作电子加速器的职业工作人员、厂区内从事非辐射工作的公众人员。

表 7-1 本项目的主要辐射防护与环境保护目标情况

编号	保护目标	相对电子加速器的方位	与实体屏蔽装置的最 近距离(m)	人员类型	人数
1	控制室	W	7	职业工作人员	2
2	水冷平台	E	3.5	职业工作人员	2

3	化料台	S、N	7	公众人员	2
4	一期染色车间	S	43	公众人员	2-3
5	一期纺织车间	W	39	公众人员	1-2
6	二期染色车间	N	40	公众人员	3-4
7	厂内道路	四周	20	公众人员	1-2
8	辅助用房	S、N	7	公众人员	3-4

评价标准

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

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。

附录B中规定：

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何辐射工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

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；

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

2、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）（节选）

4.1 辐射安全要求

4.1.1 安全原则

4.1.1.1 纵深防御

多层防护与安全措施（即纵深防御），以确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，达到：

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

4.1.1.2 冗余性

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

4.1.1.3 多元性

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

4.1.1.4 独立性

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

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

4.1.2 辐射工作场所的分区

按照GB18871 的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：控制区，主机室和加速器室及各自出入口以内的区域；

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

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

4.1.4 使用手册、操作规程和应急程序等文件以及关键的安全部件标识和安

全标识都应使用中文。

4.2 辐射防护要求

4.2.1 辐射防护原则

(3) 个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足GB18871 的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；

a) 公众人员个人年有效剂量为 0.1mSv。

4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h。如屏蔽体外为社会公众区域，屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

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

5 电子加速器辐照装置的辐射屏蔽

5.1 屏蔽设计原则

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

5.2 屏蔽设计计算

5.2.1 屏蔽设计计算应包括：加速器室和主机室及各自迷道、屋顶、孔洞等。

5.2.2 屏蔽设计和计算结果应在设计文件中加以说明。

5.2.3 电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法可参见附录A。

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加速器室门联锁。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。加速器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加速器室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁；

(5) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。

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

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

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

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

(10) 烟雾报警。辐照室应设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即

停机并停止通风。

6.3 其他要求

6.3.3 通风系统

(1) 主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧和氮氧化物等有害气体浓度满足GBZ 2.1 的规定。有害气体的排放应满足GB 3095 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GB 3095 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。

3、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）（节选）

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。

本标准 3.20 中规定，控制区，需要或可能需要专门防护手段或安全措施的区域。主机室、加速器室及其迷道为控制区。

3.21 监督区：不需要采取专门措施，但要定时检查和评价驻留人员职业受辐射状况的区域。控制室、周围辅助用房以及操作区域为监督区。

8.1.3 中规定，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，密度不应低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ；

b) 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商提供的土建工艺指导数据；

c) 监督区的辐射剂量水平应符合GB 18871-2002 和GB 5172-1985 中的职业照射剂量限值要求；在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量限值为 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显示电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志；

f) 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备；

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

4、《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ 2.1-2019）（节选）

《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ 2.1-2019）表 1 对工作场所空气化学物质容许浓度有以下规定：工作场所空气中臭氧浓度限值为 0.3mg/m³。

5、相关标准限值要求

根据以上标准并结合建设单位实际情况，本项目采用的相关标准限值及要求见表 7-2。

表 7-2 本项目采用的标准限值要求一览表

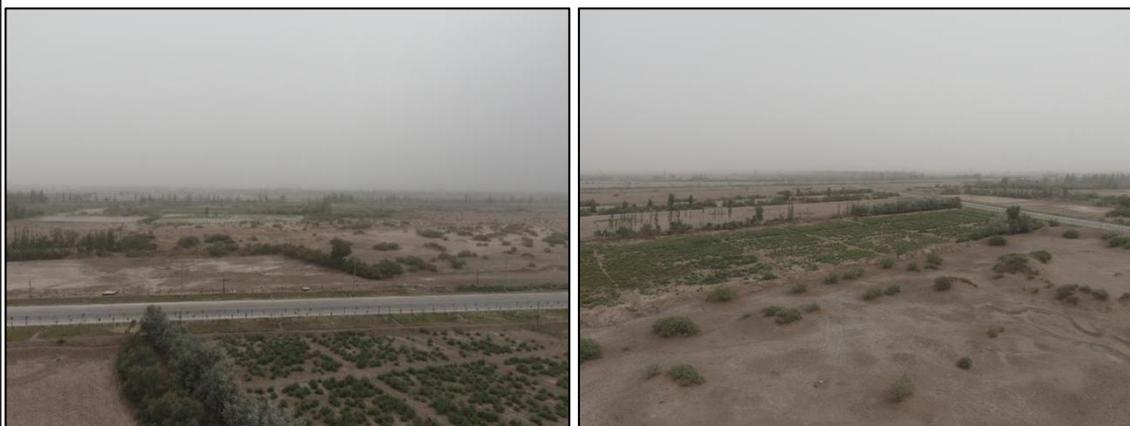
分类	标准限值及要求
年有效剂量	辐射工作人员职业照射年有效剂量约束值取5mSv；公众照射年有效剂量约束值取0.1mSv。
周围剂量当量率	电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处及以外区域周围剂量当量率不能超过2.5μSv/h。
臭氧浓度	0.3mg/m ³

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

新疆鎏行色纺织科技有限公司位于新疆喀什地区巴楚县工业园区，公司占地共涉及 4 个地块，本项目位于地块二，地块二中心坐标为东经 78°28'12.850"，北纬 39°50'29.620"。地块二四周均为空地，地块二中主要建构物包括一期染色车间、一期纺织车间、二期染色车间和抗菌楼（一、二期合用）。本项目拟建电子加速器位于抗菌楼内，一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施。

本项目电子加速器机房为两层，一层为辐照室、二层为主机室。项目一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施，每 2 条为一组，共 3 组，每组设计完全相同。每组一层辐照室设计 2 个人员出入口，位于南侧和北侧，人员通过迷道进入辐照区。控制室位于一层。物料通过迷道进出辐照室，为厚 150mm，宽 2150mm 的矩形孔通道，该通道与墙体呈 30°夹角。二层设计为主机室，设计有迷道；二层除主机室外，布置臭氧风机、震荡柜、水冷机组等辅助设施。



拟建位置东侧

拟建位置南侧



拟建位置西侧

拟建位置北侧

图8-1 项目所在位置现状图

8.2 监测因子和监测点位

1、监测因子： γ 辐射剂量率。

2、监测布点：本项目监测布点考虑项目建设完成后评价范围内的情况，在评价范围内共布设 14 个监测点位。

3、监测时间及监测频次：2025 年 8 月 15 日监测 1 天。

4、检测仪器

表 8-1 检测仪器情况表

检测仪器名称	型号	编号	主要技术指标
便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪	RJ32-3602P	XCJC-YQ-023	能量响应：20KeV~3.0MeV；探测器剂量率范围：1nSv/h~150mSv/h 有效日期 2025.04.04~2026.04.03

5、监测分析方法：监测分析方法和测量仪器按《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中要求的方法执行。

表 8-2 项目监测点位

编号	监测点
1	一期辐照间中心 1#
2	一期辐照间中心 2#
3	二期辐照间中心
4	辐照间东侧
5	辐照间西侧
6	辐照间南侧
7	辐照间北侧
8	抗菌楼东侧道路
9	抗菌楼南侧道路
10	抗菌楼西侧道路
11	抗菌楼北侧道路
12	一期染色车间
13	一期纺织车间
14	二期纺织车间

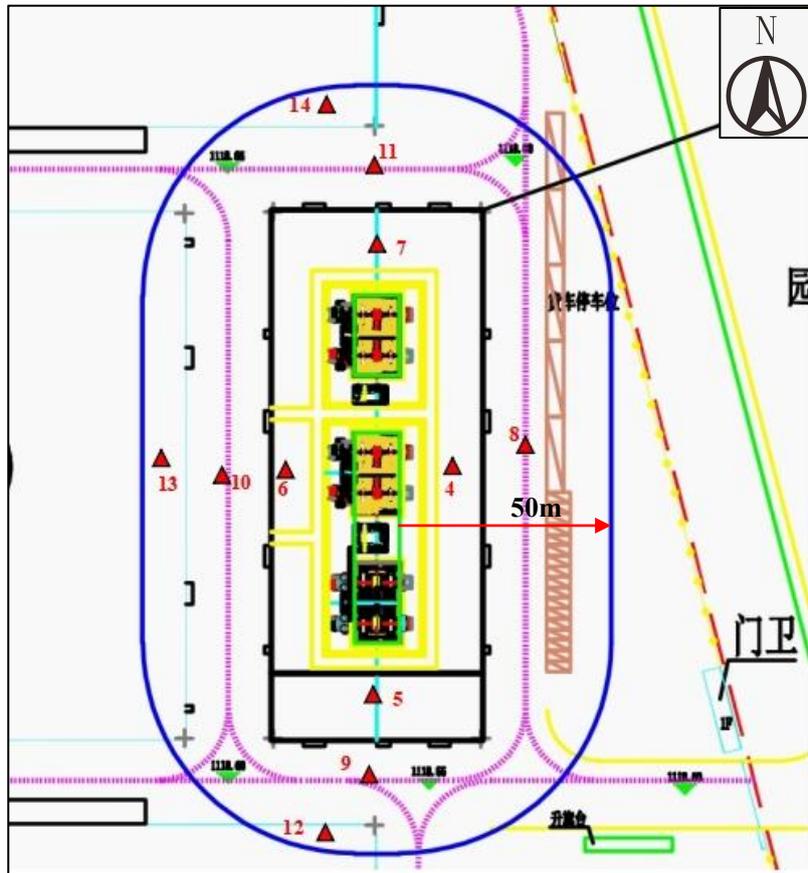
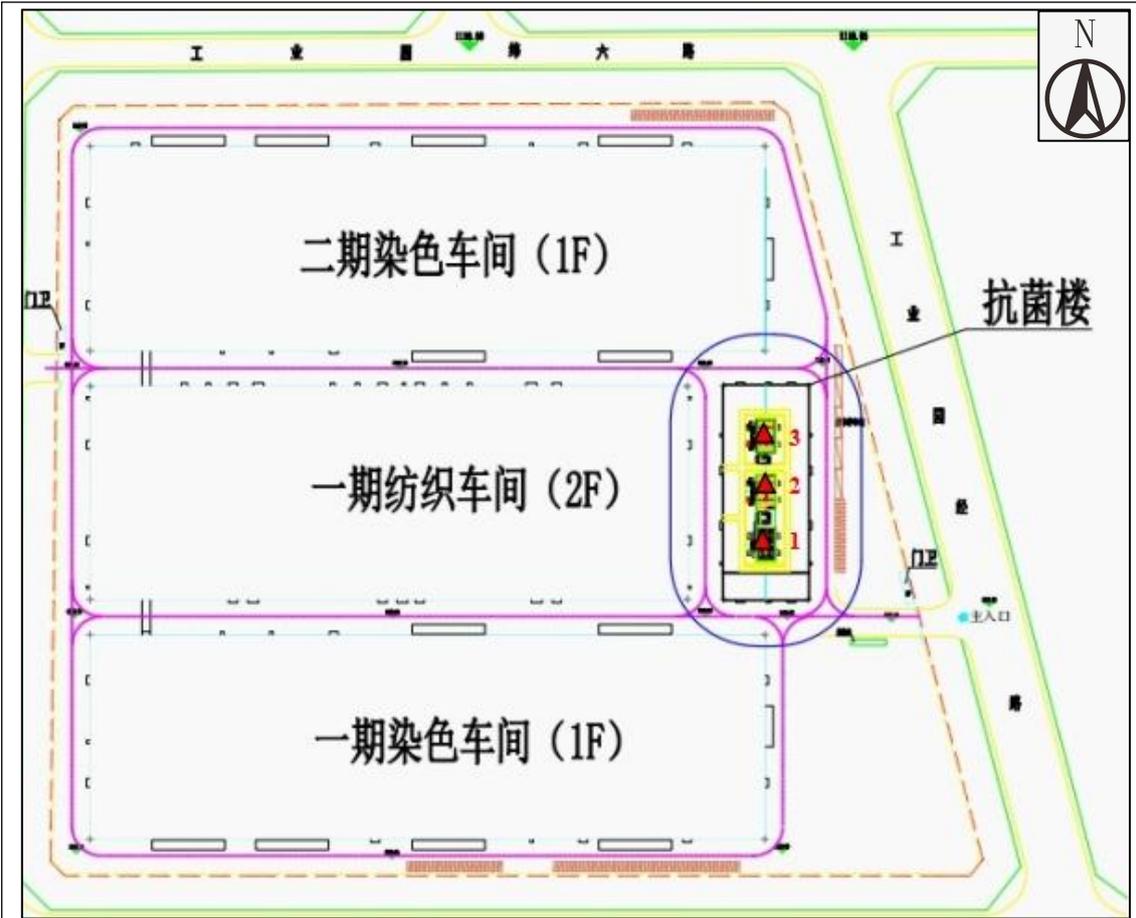


图 8-2 项目监测点位图

8.3 监测结果

表 8-3 项目辐射环境质量现状检测结果

编号	检测点位	γ 辐射剂量率 (nGy/h)
1	一期辐照间中心 1#	76.1
2	一期辐照间中心 2#	79.0
3	二期辐照间中心	81.2
4	辐照间东侧	77.1
5	辐照间西侧	81.0
6	辐照间南侧	83.2
7	辐照间北侧	79.3
8	抗菌楼东侧道路	78.0
9	抗菌楼南侧道路	88.1
10	抗菌楼西侧道路	86.0
11	抗菌楼北侧道路	82.3
12	一期染色车间	83.3
13	一期纺织车间	82.1
14	二期纺织车间	92.0

注：监测结果未扣除宇宙射线响应值。

由《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告》可知，喀什地区天然贯穿辐射室内辐射剂量率为 96.3~387.8nGy/h，室外辐射剂量率为 53.4~403.5nGy/h，项目所在地的 γ 辐射本底水平属于当地本底水平。

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

施工控制在厂区内，施工期的主要污染为废气、废水、噪声、固体废物等；

1、废气：建筑材料搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘等。

2、废水：施工期间施工人员的生活污水。

3、噪声：设备安装噪声。

4、固体废物：建筑垃圾及施工人员产生的少量生活垃圾。

9.2 运行期

本项目电子加速器机房为两层，一层为辐照室、二层为主机室。项目一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施，每 2 条为一组，共 3 组，每组设计完全相同。本项目年开机时间约为 6000 小时，每名工作人员的年工作时间约 3000 小时，每台加速器拟配备 2 名辐射工作人员，实行 2 班制，每班 12 小时，年工作 250 天。

9.3 工程设备组成

电子加速器主体由多个系统组成，按照其功能分为下列系统：高压发生器系统、头部电源、电子发射和加速系统、电子光学系统、引出扫描系统、真空系统、冷却系统、钛窗冷却装置等。

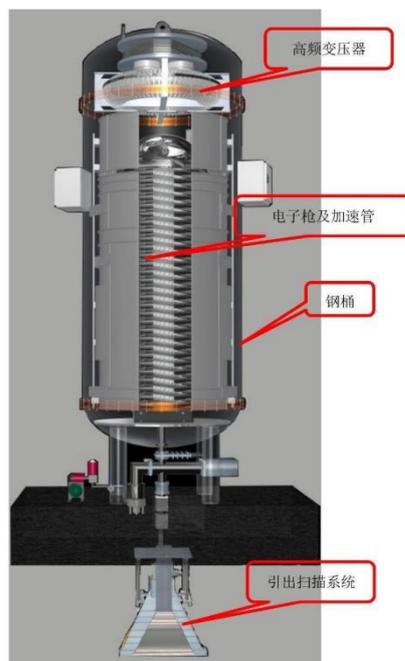


图 9-1 项目电子加速器主体结构示意图

(1) 高压发生器系统

本项目电子加速器需要输出 1.5MeV 能量的电子束流，就必须建立 1500kV 的直流负高压。高压发生器系统功能就是产生和维持电子加速器最高电压，主要由下列零部件构成：高压钢筒、高频变压器、射频电极、高频整流高压柱体。

A、高压钢筒：高压钢筒由三段组成，分别称为上钢筒、中钢筒和下钢筒。为保证加速器主体几百万伏高压的稳定，加速器柱体必须安放在充有绝缘气体的钢筒内。钢筒内的绝缘气体是氮气和二氧化碳的混合气体，压力为 1.6-1.7MPa。钢筒处在零电位。

B、高频变压器：高频变压器又称槽路线圈、空心变压器：由若干线圈串接组成。每两个线圈之间有放电球保护，线圈外部有屏蔽环保护。高频变压器安装在中钢筒上端，输入端与振荡器输出电缆连接，输出端与射频电极连接。高频变压器将电子管阳极输出电压升压，输出到射频电极。

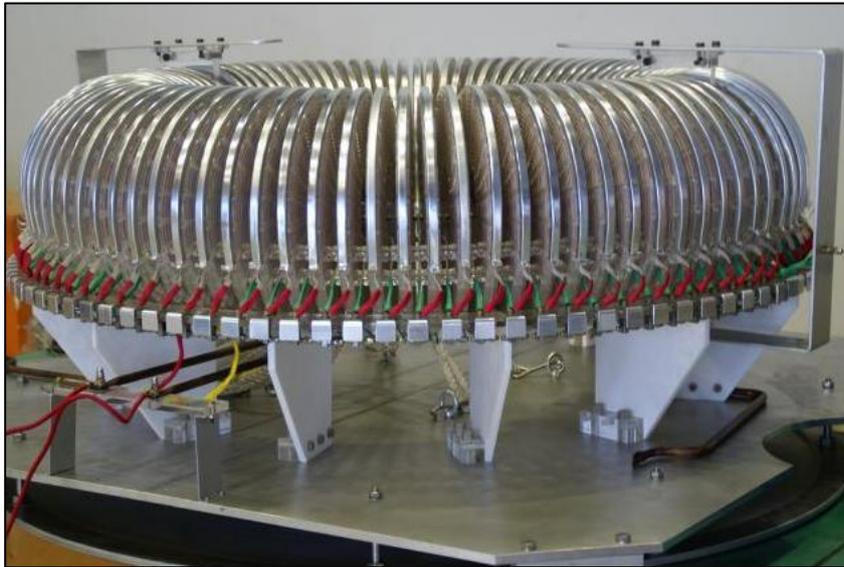


图 9-2 高频变压器（厂家提供）

C、射频电极：射频电极为两块相对而立的金属弧形板，安装在中钢筒内壁，通过绝缘支撑板与钢筒绝缘，上端与高频变压器次级相连。射频电极与钢筒、主体上的耦合环构成一定的分布电容。在射频电极的后面还有一块电极板，构成反馈电容，通过引线从钢筒壁引出，与电子管栅极连接。

D、高频整流高压柱体：高频整流高压柱体是一个圆柱体，由耦合环、高频整流器、高压电极和绝缘子与支持片组合的柱体骨架等组成，垂直安装于钢筒底部。

（2）头部电源

头部电源布置在高频整流高压柱体顶端，主要给电子枪供电。电子加速器产

生的直流高压就在高压电极（头部）上，它就是加速电子束的高压。高压电极内安装有电子枪，为给处于如此高压下的电子枪灯丝供电，设置了发电机供电，发电机是通过绝缘杆由处在地电位的电动机驱动发电的。头部电源由底板、发电机、灯丝变压器、变阻器组成。

（3）电子发射及加速系统

电子发射及加速系统是电子加速器的重要系统，它决定电子束流能量，最大电子束流等电子加速器的基本参数和电子加速器的运行可靠性。该系统主要由电子枪、引出系统和加速管组成。

A、电子枪：电子枪是电子发射的源头，它像一把手枪，持续向加速管内发射电子，在电子加速器高电压作用下被加速，形成高能电子束。它由灯丝（阴极）、光栅和阳极（引出极）组成。灯丝由纯钨丝绕制，被加热到 2000°C 时开始发射电子；聚焦极初步约束电子束形状；阳极实际上是独立的部件，直接安装在加速管电极片上，用来引出电子，以约束电子定向进入加速管加速。

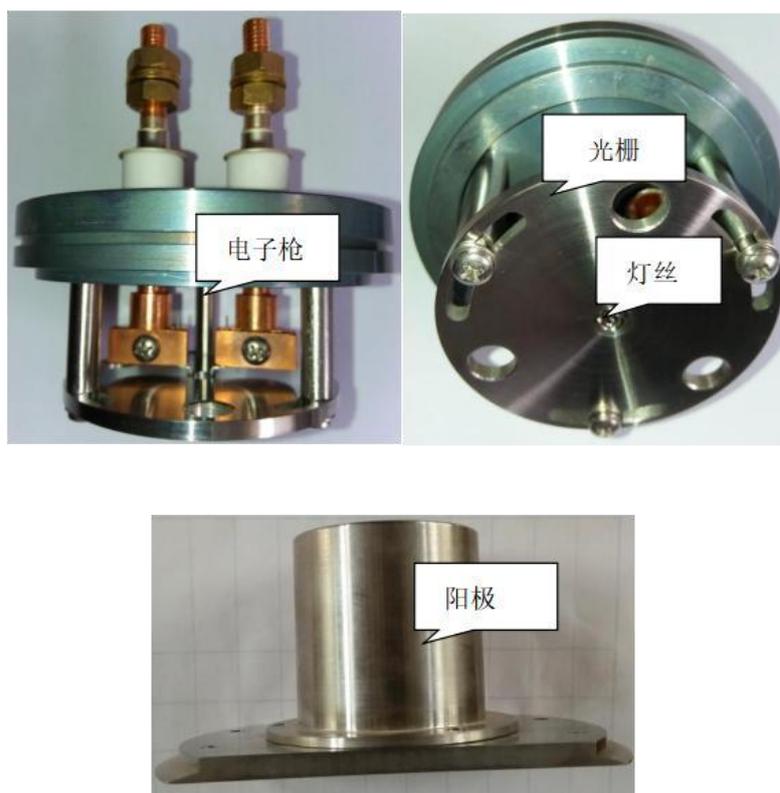


图 9-3 电子枪（厂家提供）

B、加速管：加速管安装于柱体中心，上端安装电子枪，下端与真空系统的管道连接。电子在加速管两端高压的作用下被加速，形成高能电子束。根据需要的加速电压确定加速管的长度。工作时，加速管外部为高气压，内部为高真空，

两端为高电压。加速管是加速器的关键部件之一。电子加速器的加速管由两端法兰、电极片、陶瓷绝缘环经过特殊的胶接工艺封装而成。

为防止由加速管内部或外部引起的过电压造成加速管损坏，在加速管电极片之间安装有过电压保护球。为使整根加速管有均匀的电压梯度，加速管每个电极之间必须接有分压电阻，形成电阻链。

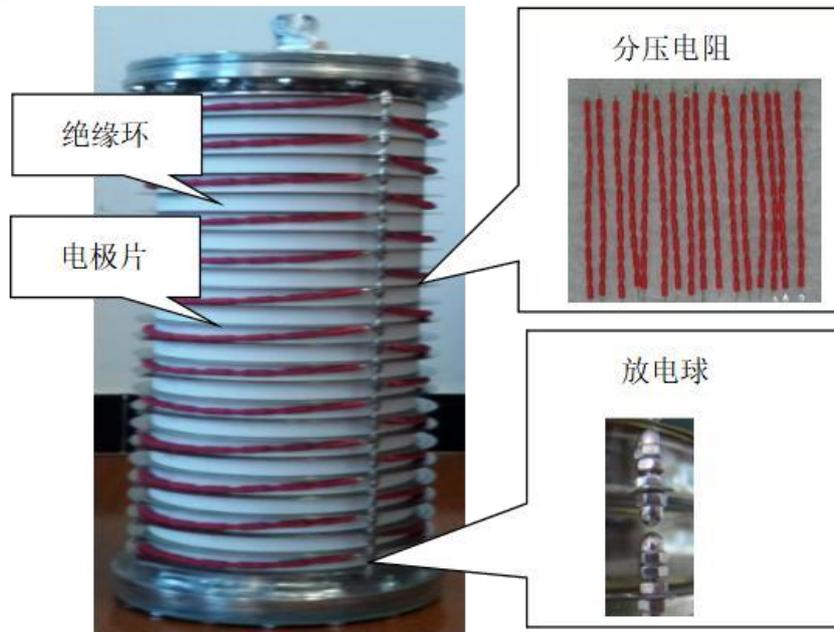


图 9-4 加速器管

(4) 电子光学系统

从电子枪发射出来的电子束流是发散的，若不加以约束，具有能量的电子束轰击电极片或真空管道将造成严重的损坏，失去电子加速器应用的目的。电子光学系统的功能就是使从电子枪发射出的电子束流顺利通过加速管、真空管道和扫描窗变成扫描束，引出钛窗供辐照应用。

(5) 引出扫描系统

电子束穿过聚焦透镜后，进入真空漂移管道、经过扫描磁铁组件时在三角波磁场和正弦波磁场的作用下，进行 X 和 Y 相互垂直两个方向的扫描，最后经长条形的钛箔窗口引出。

(6) 真空系统

真空系统由两大部分组成，第一部分是抽真空部分，包括电子枪、加速管、漂移管道、扫描室和扫描盒。第二部分是抽真空用的真空机组，通常由旋片式真空泵、分子泵、溅射离子泵、真空管道、真空阀门和真空测量组成。

真空系统的功能就是建立、维持电子发射、加速和引出扫描空间良好的真空

度。也只有在良好真空度的条件下，电子束流才能顺利穿越钛窗，实现辐照加工的目的。

(7) 冷却系统

电子加速器钢筒内电源器件有功率消耗，会使绝缘气体温度上升。真空系统内扫描盒、光栏内壁会受到散射束流轰击，温度升高。分子泵高速运转，需要降温。另外高频振荡器电子管工作阳极需要冷却。可见，为确保电子加速器正常运行，必须设置冷却系统，对各需要冷却降温部分输出冷却介质，置换热量，冷却介质为水。

AB1.5 型电子加速器上设计了一套独立的冷却系统，冷却钢筒内部、真空系统部件及振荡器电子管。

(8) 钛窗冷却装置

当电子束流通过钛箔时要损耗部分能量，在电子能量 1.5MeV 时，一般要在钛箔上损耗 18keV。若电子加速器在 1.5MeV、80mA 运行，钛箔上吸收的能量为 640W，钛箔散热条件极差，640W 的功率会不断积累以至温度不断升高，很快达到熔化程度，所以钛窗冷却十分重要。钛窗过热烧毁，这是十分危险的事故。AB1.5 型加速器对钛窗进行冷却的主要方式是风冷，高压离心风机产生的强大气流不断通过吹嘴以 14m/s 的速度掠过钛箔表面，带走钛箔的热量。

启动高压前，必须先启动“钛窗风机”。控制系统设计了安全联锁，在风管道上安装有微压差开关，在风管道内有风流量时，开关触点闭合后，高压可以启动。高压运行中若风管内无风流量，则高压瞬间切断。

9.4 工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

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

本项目电子加速器是用于电子束接枝，其原理为利用电子加速器产生的电子束在纺织物的纤维大分子上打开化学键，再将若干个功能分子枝杈“嫁接”到这个

纤维大分子中，纤维大分子会成为自带抗病毒抗菌“武器”的新型抗病毒抗菌功能材料。

(2) 工艺流程

本项目主要对辐照加工工艺进行评价。辐照加工工艺流程简述如下：

①调整好加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度；

②工作人员依次巡视主机室，按顺序按下巡检开关，关闭主机室门；巡视辐照室，按顺序按下巡检开关，关闭辐照室门；

③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产品进出口传送出，进入下一道工序。辐照过程中会产生 X 射线、臭氧及氮氧化物。

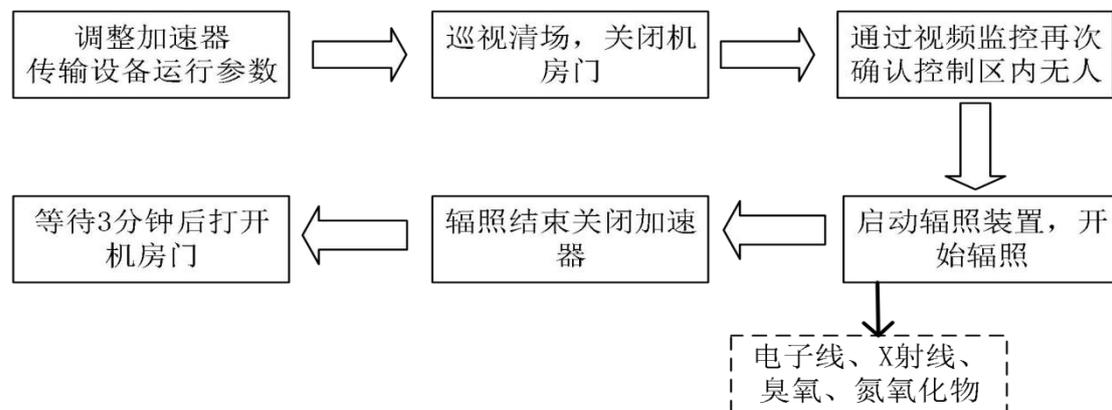


图 9-5 辐照加工工艺流程图

污染源项描述

加速器进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成均匀的有一定宽度的电子束，利用电子束对传送带上产品进行辐照。电子束打到钢铁传送带/托盘制成的束下装置等物质时，由于韧致辐射会产生高能 X 射线，X 射线的贯穿能力极强，若未完全屏蔽，会对辐照室周围环境造成辐射污染。此外电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在真空加速管壁上，产生 X 射线，也可能造成加速器主机室内的辐射。

一般，当电子能量低于 1MeV 时，发射光子的最大发射率方向倾向于与电子束入射方向垂直；随着电子能量增高，最大发射率方向越来越偏向于入射电子束方向。本项目使用的 1.5MeV 电子加速器，发射光子的最大发射率方向与入射电子束方向基本一致。本项目电子加速器利用电子束进行辐照加工，加速器电子束流向下，电子的射程较短，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。这里需要防护的是高能电子束作用于被辐照物及束下传送装置而产生的韧致辐射，其中又以侧向为重点防护方向（90°

方向)。韧致辐射（X 射线）是随加速器的开关而产生和消失。

本项目电子加速器输出电子束能量最高为 1.5MeV，韧致辐射产生的 X 射线的最大能量为 1.3MeV。根据《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），对于能量不高于 10MeV 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。因此本项目工业辐照加速器机房无需考虑中子防护。

由上述污染源项分析及工艺流程、产污环节可知，本项目运行后主要产生以下污染：

（1）电离辐射污染

加速器机房内由 1.5MeV/80mA 电子束韧致辐射产生的 X 射线，若未完全屏蔽，可能对加速器机房外工作人员和公众产生一定外照射。机房内电子束和 X 射线是本项目主要污染物；机房外 X 射线是本项目主要污染物。

事故工况下污染物与污染途径与正常工况下相同。

（2）非电离污染

辐照室内气体分子在强电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。其中臭氧的毒性最大，产额最高，不仅对人体产生危害，同时能使薄膜等有机分子材料加速老化。

综上所述，本次环境影响评价的评价重点为 X 射线、臭氧。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、工作场所布局及辐射防护分区

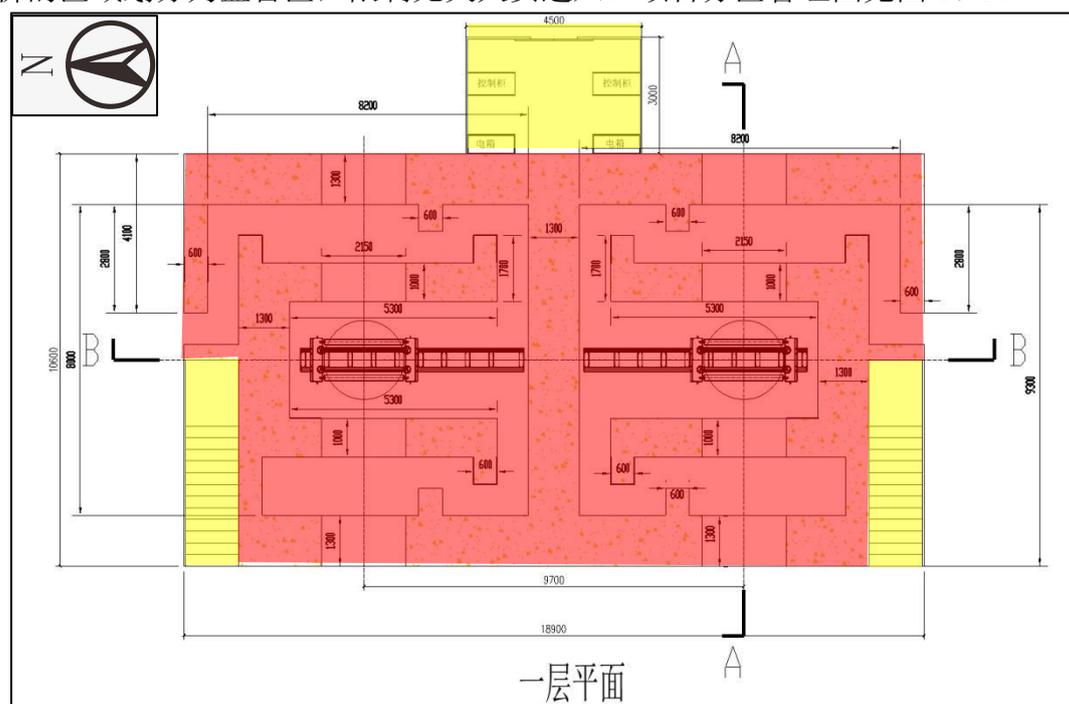
(1) 工作场所布局

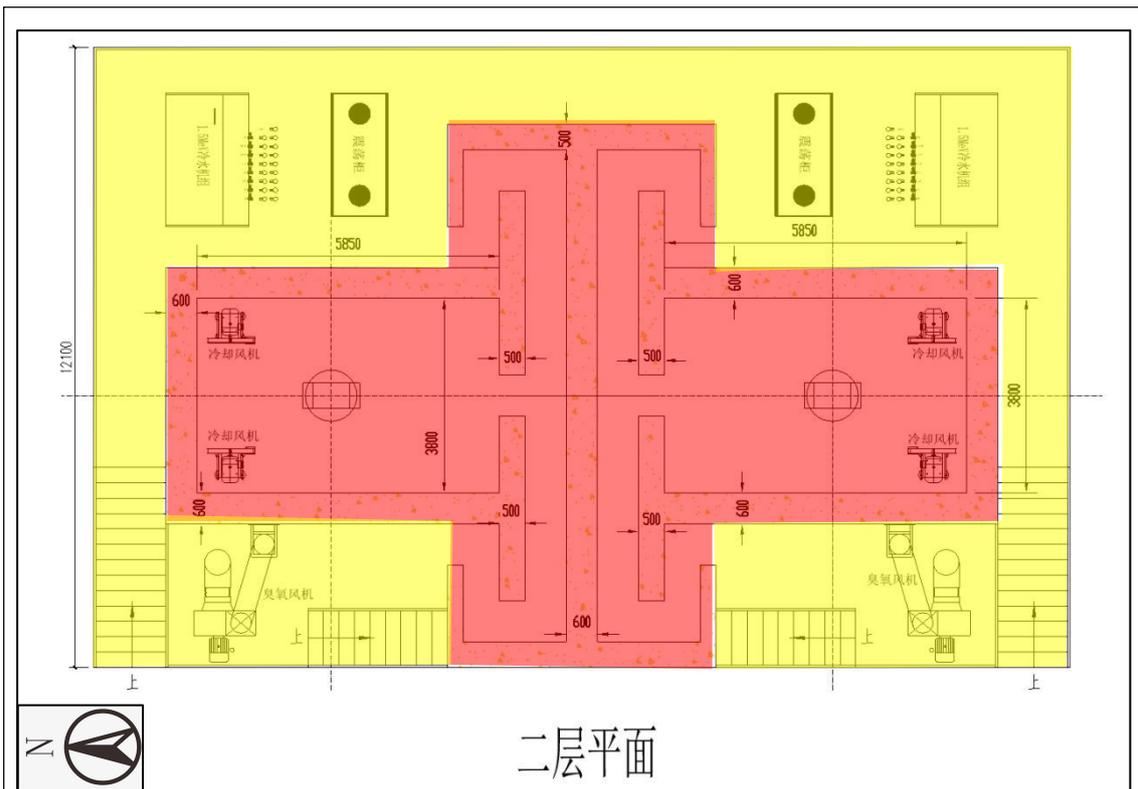
本项目电子加速器机房为两层，一层为辐照室、二层为主机室。项目一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施，每 2 条为一组，共 3 组，每组设计完全相同。每组一层辐照室设计 2 个人员出入口，位于南侧和北侧，人员通过迷道进入辐照区。控制室位于一层。物料通过迷道进出辐照室，为厚 150mm，宽 2150mm 的矩形孔通道，该通道与墙体呈 30°夹角。二层设计为主机室，设计有迷道；二层除主机室外，布置臭氧风机、震荡柜、水冷机组等辅助设施。

加速器工作时，辐射工作人员在一楼控制室内负责设置并监控加速器运行参数，并通过监控视频等观察加速器机房内外及周边情况。加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留。电子加速器机房平面布置图见附图 5。

(2) 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），将需要和可能需要专门的防护手段或安全措施的区域定为控制区，严格限制非工作人员进入。将不需要专门防护手段和措施，但需要经常对照射条件进行监测和评价的区域划分为监督区，限制无关人员进入。项目分区管理图见图 10-1。





控制区
 监督区

图 10-1 项目分区管理图

2、辐射屏蔽防护措施

项目一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施，每 2 条为一组，共 3 组，每组设计完全相同。每组中的两台加速器屏蔽防护措施完全相同，因此本次评价仅对每组中的 1#加速器（左侧为 1#、右侧为 2#）的屏蔽防护措施进行详述。项目所采取的屏蔽防护措施详见附图 5。

表 10-1 项目电子加速器机房空间尺寸及墙体厚度

屏蔽防护部位		屏蔽材料及屏蔽厚度
一层 辐照 室	东墙、西墙	迷道内墙 1000mm，迷道外墙 1300mm 混凝土
	南墙	1300mm 混凝土
	北墙	迷道内墙 1300mm 混凝土，迷道外墙 600mm 混凝土，迷道宽 800mm
	顶板	600mm 混凝土
	门洞	宽 800mm、高 2000mm
	屏蔽门	钢制门，宽 1000mm，高 2200mm
二层 主机	东墙、西墙	迷道内墙 600mm 混凝土，迷道外墙 500mm 混凝土，迷道宽 800mm

室	南墙	600mm 混凝土
	北墙	600mm 混凝土
	室顶	500mm 混凝土
	门洞	宽 800mm、高 2000mm
	屏蔽门	钢制门，宽 1000mm，高 2200mm

3、安全措施

(1) 钥匙控制。控制柜、辐照室进出门、主机室进出门设计有钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动电子加速器出束；同时，电子加速器的开关钥匙也是该加速器辐照室门、主机室门的开关钥匙。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该电子加速器的开关钥匙，因此，电子加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开。在防护门打开的情况下，由于开关钥匙在防护门上，此情况下电子加速器无法开机出束。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连，在使用钥匙打开辐照室、机房门时，可利用便携式辐射监测仪实时监测辐射剂量率，在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。

(2) 巡检按钮。主机室、辐照室内设置“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。

(3) 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、主机室及其迷道内的急停装置采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还设置紧急开门按钮，以便人员离开控制区。

(4) 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（采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁。

(5) 信号警示装置。辐照室、主机室内部设置音响、灯光警示信号，用于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工作状态相对应。

(6) 门机联锁。辐照室和主机室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机。

(7) 烟雾报警。辐照室设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。

(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。本项目辐照室设置通风系统，排风量不低于 15000m³/h，运行过程中，如果排风机未启动运行或因故障停机，系统将无法启动出束或停止出束。通风系统与其相应的电子辐照加速器控制系统联锁，电子加速器停机后，只有达到预先设定的时间（≥3min）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) 束下装置联锁

本项目电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立硬件及软件接口。任意一台电子加速器辐照装置的束下装置偏离正常运行状态或停止运行时，电子加速器自动停机。

4、其它防护措施

(1) 电离辐射警告标识

辐照室人员入口门、主机室入口门上拟设置明显的电离辐射警告标识。

(2) 应急照明、出口指示

辐照室、主机室内拟安装应急照明灯和出口指示灯箱，断电时可提供应急照明。

(3) 货物出入口迷道设计

货物通道经过西迷道外墙、内墙，东迷道内墙、外墙，在墙体上为一个厚 150mm，宽 2150mm 的矩形缝隙。从西侧与墙体呈 30°角斜上穿过西迷道外墙，后斜下 30°角经过西迷道，再与西迷道内墙呈 30°角斜上穿过墙体，然后斜下 30°角至加速器束下辐照区平行地面经过辐照区，斜上 30°角至东迷道内墙，与墙体呈 30°角斜下穿过墙体，后斜上 30°角经过东迷道，斜下 30°角穿过东迷道外墙，出辐照室。

(4) 辐射监测设备及防护用品

本项目拟配备 26 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X-γ辐射监测仪，辐射工作人员配备个人剂量卡。

(5) 防火系统

辐照室内设置火灾报警装置和灭火器做为应急设施。

(6) 职业人员个人剂量管理

本项目拟为辐射工作人员配备个人剂量卡，定期（3个月）送检一次，并建立辐射工作人员个人剂量档案。

项目安全设施设置情况及数量见图 10-2（以每组为单位）。

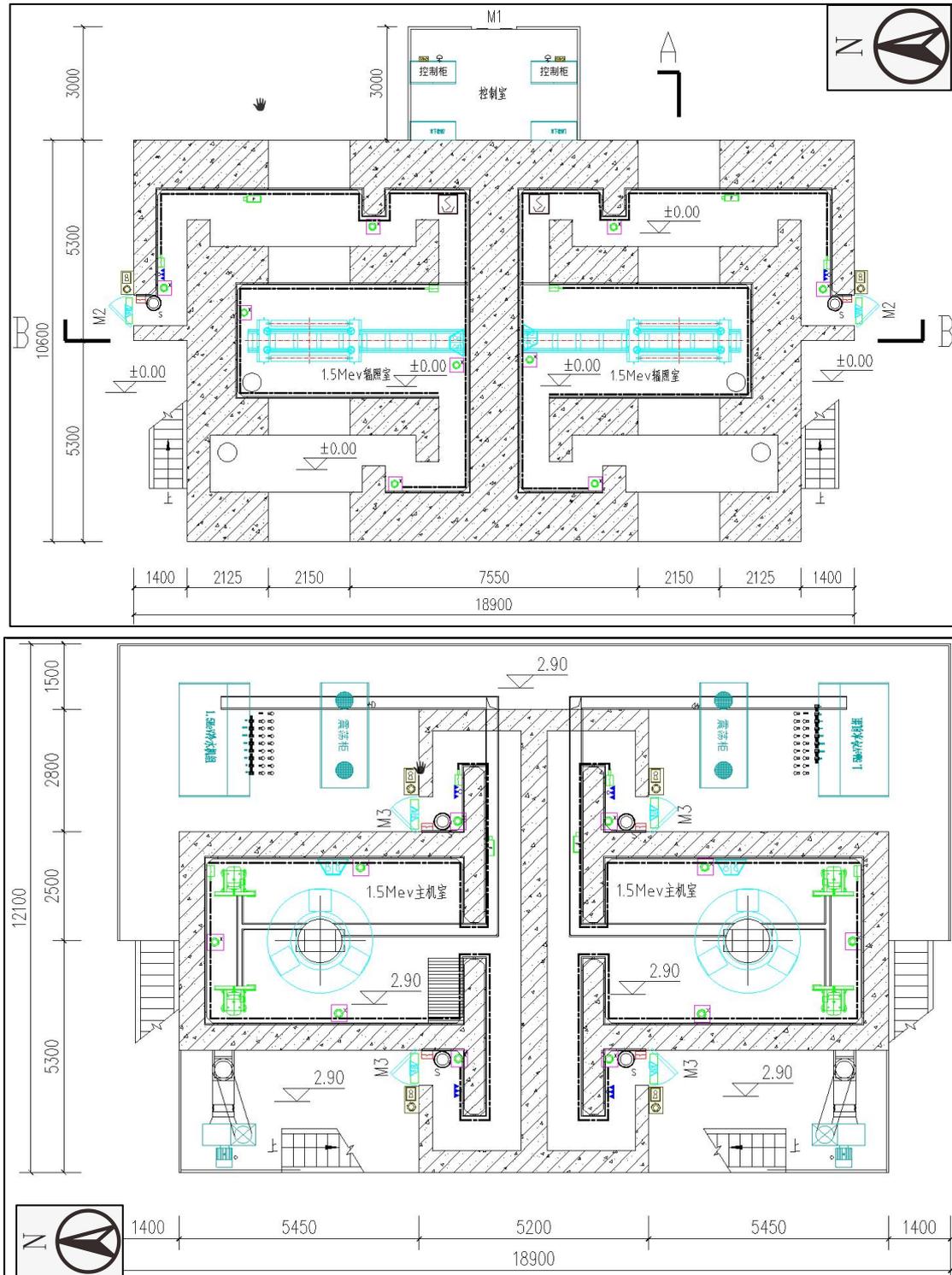


图 10-2 项目安全设施分布图

图例	名称	单位	数量	备注
	紧急开门按钮（带延时）	个	6	1.25m高
	门连锁开关	个	6	2m高
	拉绳开关	个	6	1.4m高
	三连光电开关	个	6	0.6+0.9+1.2m高
	巡检	个	19	1.25m高
	声光报警器	个	4	2.5m高
	三色工况指示灯带报警	个	6	2.5m高
	离子感烟探测器	个	2	吸顶
	辐射剂量传感器	个	4	1.25m高
	钥匙开关	个	8	1.25m高
	急停按钮	个	4	

图 10-3 项目安全设施数量（以每组为单位）

5、人员培训

公司每台电子加速器配备两名专业从事辐射工作的人员，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，取得上岗资格。

本项目加速器机房安全防护设施设计与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）辐照装置辐射安全设计符合性分析详见表 10-2。

表 10-2 电子加速器辐射安全防护措施与标准要求对比表

标准要求	本项目	符合性
必须设置功能齐全、性能可靠的安全连锁保护装置，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连锁和监控。安全连锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全连锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全连锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。	项目已按要求设计烟雾连锁、光电连锁、急停连锁、拉线连锁、钥匙连锁、门机连锁、巡视连锁，任一连锁触发均可自动切断高压。任一连锁装置触发或故障加速器均不能运行。	符合

<p>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。</p>	<p>项目已按要求设计钥匙联锁，开启加速器时，钥匙必须插入控制台上且不能拔出；要开启主机室门、辐照室门，必须拔出控制台钥匙，用钥匙开启门。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。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>项目已按要求设计门机联锁装置，辐照室和主机室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器自动停机。</p>	<p>符合</p>
<p>束下装置联锁。电子直线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。</p>	<p>项目已按要求设计束下装置联锁。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，加速器自动停机。</p>	<p>符合</p>
<p>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，并与电子直线加速器辐照装置联锁。</p>	<p>项目已按要求设计信号警示装置。在控制区出入口处及内部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。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>项目已按要求设计巡检按钮。主机室和辐照室内均设置“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。</p>	<p>符合</p>
<p>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。</p>	<p>项目已按要求设计防人误入装置。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，并与加速器的开、停机联锁。</p>	<p>符合</p>
<p>急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区。</p>	<p>项目已按要求设计急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置，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采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还设置开门机构，以便人员离开控制区。</p>	<p>符合</p>

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。	项目已按要求设计剂量联锁。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。	符合
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。	项目已按要求设计通风联锁。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。	符合
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。	项目已按要求设计烟雾报警装置，遇有火险时，加速器立即停机并停止通风。	符合
辐照室和主机室的耐火等级不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	项目将按照上述要求执行，使辐照室和主机室的耐火等级不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	符合

综上，本项目采取措施满足《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的对电子加速器辐照装置安全设计的全部要求。

三废的治理

本项目电子加速器的冷却水为封闭循环模式不外排，不产生废水和放射性废水。加速器运行过程中不产生固废和放射性固废。仅辐照室空气中气体分子受强电离辐射的作用产生臭氧和氮氧化物，是本项目运行期最主要的非辐射污染因子。

本项目辐照室设计了通风系统，风机安装在加速器主机室外，其排风管道（直径均为 600mm）从辐照室地下U型穿过墙体后，竖管贯穿至厂房屋顶外，最终在厂房屋顶上方排放。

辐照室内臭氧风机吸风口位于辐照室钛窗旁，也是高能电子电离空气产生臭氧的位置，满足HJ979-2018要求的“辐照室内主排气口应设置在易于排放臭氧的位置”。

辐照进行时，开启排风机，加速器设计有门机联锁，加速器停机 3min后，等风机排放臭氧至可接受浓度后，门禁断开可以由外部开门。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

项目施工期主要为加速器辐照室建设和电子辐照加速器设备安装等施工内容，施工期主要为施工扬尘、噪声、废水和固体废物等污染。

1、大气环境影响分析

本项目在施工期需进行的挖掘地基、混凝土浇筑等作业，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。

本项目土建阶段现场施工机械主要以电力为能源，无废气的产生，运输车辆以汽、柴油为燃料，有机械尾气的排放，但使用期短，尾气排放量较少，随施工的开始而很快消失，因此在施工方扬尘防治措施到位的条件下，施工期废气对环境影响较小。

本项目施工期扬尘提出以下控制措施：

- (1) 制定严格的施工期扬尘防治管理制度，实行责任人制度；
- (2) 在施工场地的边界设置 2.5m 以上连续、密闭的围挡；
- (3) 施工现场的主要出入口、主要道路及材料堆放区地面作硬化处理；
- (4) 施工现场出入口处设置洗车、清污设施，运输车辆除泥、冲洗干净后，方可出场；
- (5) 施工现场的建筑材料、构件、料具分类布局；对易产生扬尘的大堆物料，采取洒水、覆盖防尘措施；
- (6) 项目混凝土浇筑采用商品混凝土，现场不建设搅拌系统；
- (7) 裸露场地和集中堆放的土方采取覆盖、洒水等措施降尘；
- (8) 运输车辆进入施工场地应低速或限速行驶，减少扬尘产生量；
- (9) 开挖、运输和浇筑等施工作业时，应当辅以洒水压尘等措施；遇到四级以上大风天气，应当停止土方施工作业，并在作业处覆盖防尘网；
- (10) 施工现场进行切割、抹灰、钻孔、凿槽等易产生粉尘的作业时，采取喷雾等方式进行降尘。

施工期在严格采取防治措施后，会大大降低扬尘的产生，有效地减轻了施工期扬尘对周围环境的影响。施工扬尘对大气环境质量的不利影响是偶然的、短暂的、局部的，也是施工中不可避免的，其将随施工的开始而消失。类比同类施工场地，本项目采取的施工扬尘防治措施合理可行。

2、水环境影响分析

项目施工期废水主要为施工人员生活污水和施工过程中产生的冲洗废水。项目不建设施工营地，现场施工人员生活污水为施工人员盥洗废水，废水水质较为简单，直接泼洒抑尘；施工废水为车辆清洗废水和地面冲洗废水，废水水质较为简单，采用沉淀池收集后回用或用于地面洒水抑尘。废水不外排，不会对水环境产生影响。

3、声环境影响分析

施工过程中使用设备和运输车辆产生的噪声会对周边声环境产生。

选用低噪声设备和工作方式，加强设备的维护与管理，把噪声污染减少到最低程度。如施工联络方式采用旗帜、无线电通信等方式，尽量不使用鸣笛等联络方式；机械在运转操作时，应在设备噪音声源处进行遮挡，以降低设备对周边声环境的影响；增加消声减振的装置，如在某些施工机械上安装消声罩，对振捣棒等强噪声源周围适当封闭等。

4、固废影响分析

项目建设过程中地基开挖产生的多余土方在周边平整场地，无废弃土方产生。施工产生生活垃圾采用垃圾桶收集后由环卫部门定期清运；建筑垃圾运送至指定地点，施工期不会对周边环境产生影响。

5、设备安装调试影响分析

设备安装调试过程中主要污染因子包括调试时产生的 X 射线和设备包装废物。设备安装调试工作应由厂家专业人员进行，设备调试时应设置醒目的指示牌，调试期间加强巡视工作，禁止无关人员在设备附近逗留。调试期间相关工作人员应配备好个人剂量牌、个人剂量报警仪，穿戴好防护服等。安装调试过程中严格遵守操作规程，检查安全联锁装置、声光报警安全装置、监视装置、急停开关等。在辐照设备通道出入口，均设立电离辐射警示标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故发生。

运行阶段对环境的影响

本报告表的环境影响预测及评价根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求展开。首先对辐照室墙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进行估算，然后对加速器运行时的职业工作人员及公众人员受到的附加照射剂量进行了估算。根据估算结果分析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是否满足标准要求，以及受照人员的附加照射剂量是否满足个人剂量约束值的要求。

加速器产生辐射可分为瞬时辐射和剩余辐射两种。瞬时辐射包括初级辐射和次级辐射。初级辐射指被加速的带电粒子，次级辐射指带电粒子与靶材料或加速器结构材料相互作用产生的 X 射线和中子等。剩余辐射是上述辐射与周围物质相互作用产生的感生放射性材料放出的辐射(如 β 、 γ 等)。对于能量低于 10MeV 的电子加速器主要辐射源项是加速电子束产生的初级辐射和电子与靶材料以及加速器中的管壁等部件作用产生的 X 射线，只需考虑散射和漏射的剂量。

电子轰击辐照物及辐照传送带和容器等，产生韧致辐射，即射线，其最大能量相当于入射电子的最大能量。X 射线具有较强的贯穿能力，所以在防护设计中以 X 射线防护为主。

由于加速管采用的是竖直摆放结构，无论辐照加工区还是加速器主机室，电子束流垂直方向由上向下照射，主要考虑与束流垂直（侧向）方向上的屏蔽。

一、辐射影响分析

1、电子加速器技术参数

本项目所用 6 台电子加速器参数相同，详见表 11-1。

表 11-1 电子加速器技术参数

型号	AB1.5
电子束能量(MeV)	1.5
最大束流功率(kW)	120
最大束流强度(mA)	80

2、电子加速器几何及位置参数

项目 1.5MeV 电子加速器布置在二层，辐照间布置在一层，加速器电子束方向向下。

(1) 电子加速器 X 射线主要辐射源的剂量参数

1) 辐照室 X 射线发射率

这里计算的是 X 射线侧向屏蔽，因此需要给出侧向（90°方向）X 射线发射率，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录表 A.1，当入射能量为 1.5MeV 时，侧向 90°方向 X 射线发射率为 $1.0\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。保守计算考虑，X 射线发射率修正系数为 1。当束流强度为 80mA，则：

$$D_{10} (90^\circ\text{方向}) = 1.0\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \times 80\text{mA} \times 1 \times 60\text{min} = 4.8 \times 10^3 \text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$$

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录表 A.4，当入射能量为 1.5MeV 时，90°方向电子的相应等效能量为 1.0MeV。

2) 主机室加速器束流损失所致 X 射线发射率

电子在加速过程中发生束流损失,不同类型的电子加速器在加速过程中的束流损失有很大差异。二层加速器室中,加速管加速电子会产生漏射线。根据设计单位提供资料,项目加速器束流损失率为 0.5% (即电子束流强度为 $80\text{mA} \times 0.5\% = 0.4\text{mA}$),束流损失点能量为 0.15MeV,根据《辐射防护导论》(方杰编)图 3.3 可查得,0.15MeV 入射电子在距靶 1 米处侧向 90° 的 X 射线发射率为 $0.005\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。则

$$D_{10}(90^\circ) = 0.005\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 0.4\text{mA} \times 1 \times 60\text{min} = 0.12\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}。$$

参考《辐射防护导论》(方杰编)图 3.25,保守取 0.15MeV 入射电子能量 90° 方向上等效入射电子能量为 0.13MeV。

3) 设计采用的屏蔽材料

本项目屏蔽设计材料采用混凝土 ($\rho = 2.35\text{g}/\text{cm}^3$)。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录表 A.2、表 A.3, 1.0MeV 的 $T_1 = 18.5\text{cm}$, $T_e = 15.0\text{cm}$ 。

根据《辐射防护导论》(方杰编)图 3.22 可查得,入射电子能量为 0.13MeV 时, $T_1 = 12\text{cm}$ 、 $T_e = 8\text{cm}$ 。

3、X 射线屏蔽防护计算

按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A 进行计算。

(1) X 射线的屏蔽透射比

屏蔽厚度的计算采用十分之一值层法。

$$B_x = 10^{-n}$$

$$S = T_1 + (n-1) T_e$$

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;查表《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。

T_e : 平衡十分之一值层,该值近似于常数;查表《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A 中表 A.3。

n: 为十分之一值层的个数。

(2) 剂量当量率

$$H_m = \frac{B_x \times D_{10} \times T}{d^2 \times 1 \times 10^{-6}}$$

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

D₁₀: 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); 本项目 1.5MeV 电子加速器一层辐照室吸收剂量率 4.8×10³Gy·h⁻¹, 二层主机室吸收剂量率 0.12Gy·h⁻¹;

Hm: 参考点周围剂量当量率 (μSv·h⁻¹);

d: X 射线源与参考点之间的距离 (m);

T: 居留因子。

常数 (1×10⁻⁶) 为单位转换系数。

项目一期设置 4 台电子加速器, 二期设置 2 台电子加速器, 每 2 个为 1 组, 每组中均设有 1#主机室、2#主机室、1#辐照室、2#辐照室等。每台、每组电子加速器参数及各项设计指标均相同, 因此本次评价仅对单组设备进行预测。项目预测点位图见图 11-1。

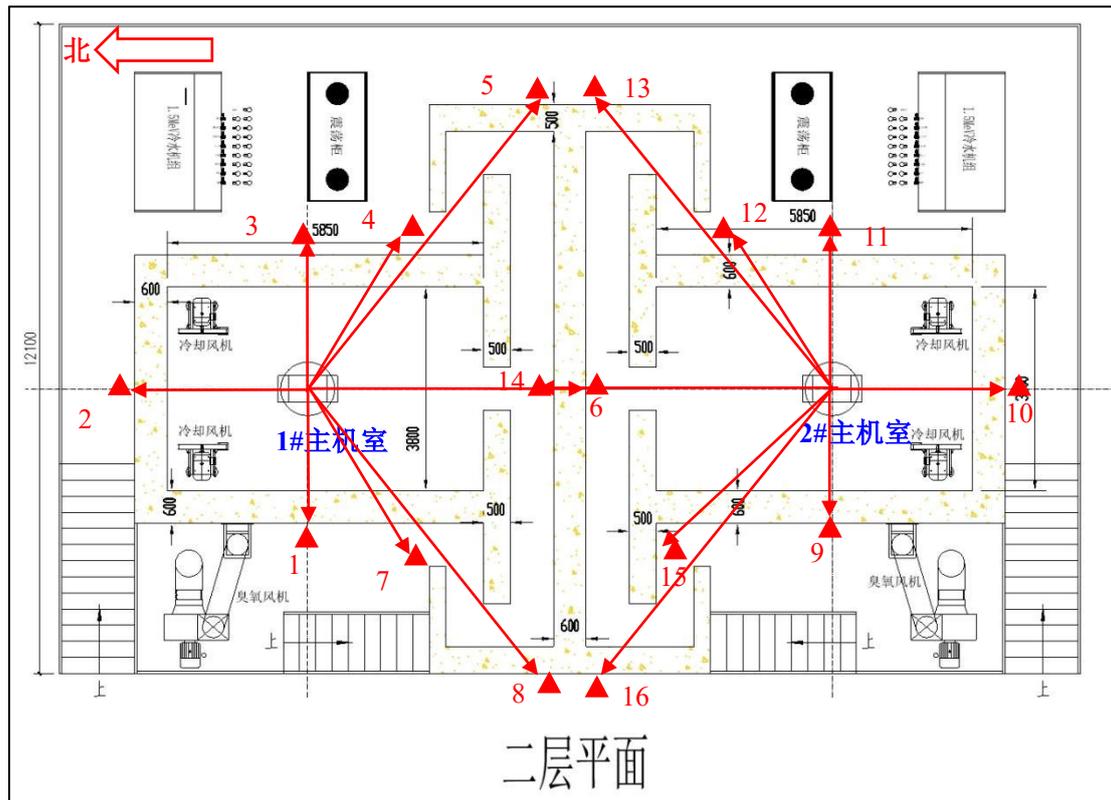


图 11-1 预测点位图 (二层)

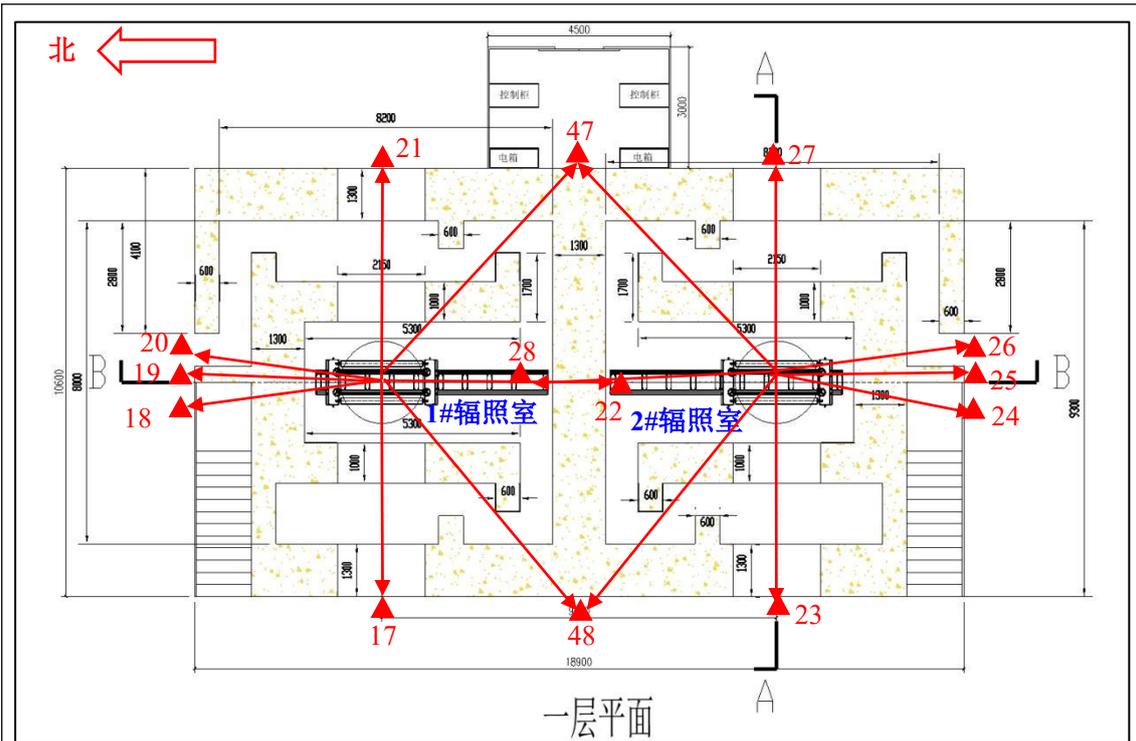


图 11-1 预测点位图（一层）

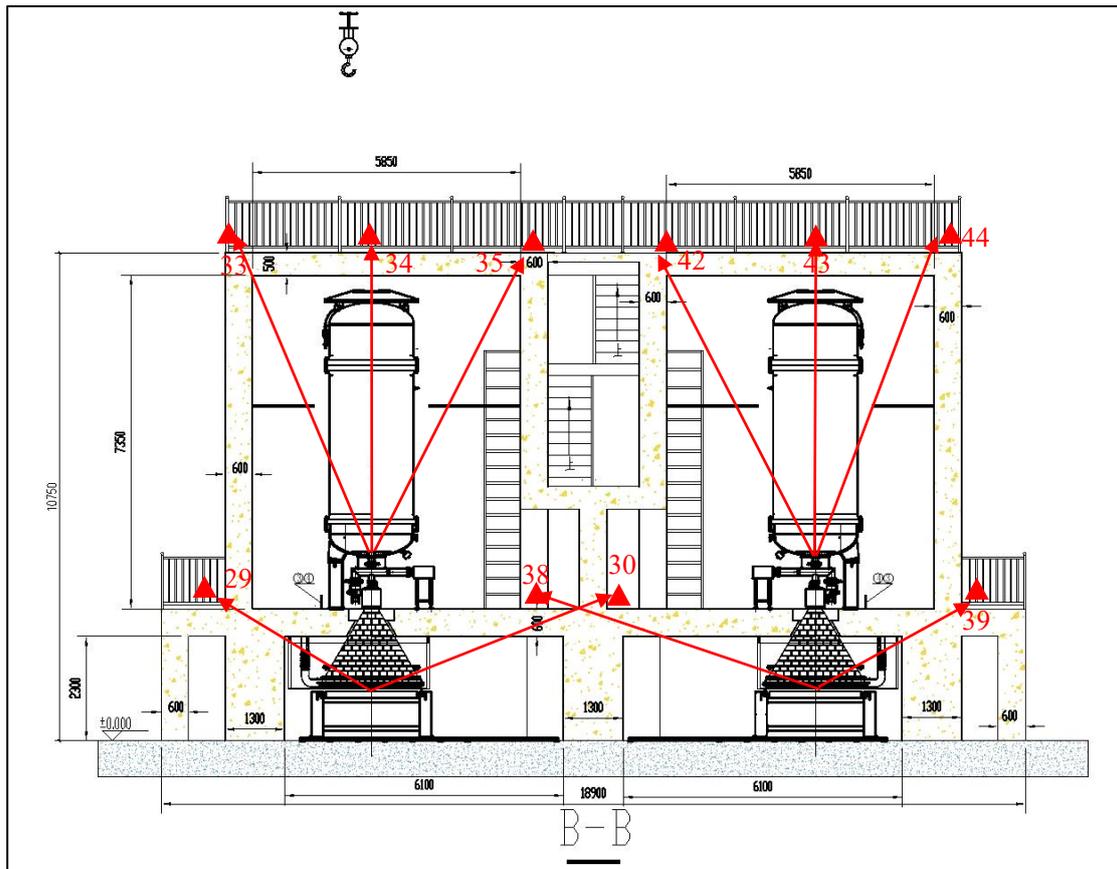


图 11-1 预测点位图（立面）

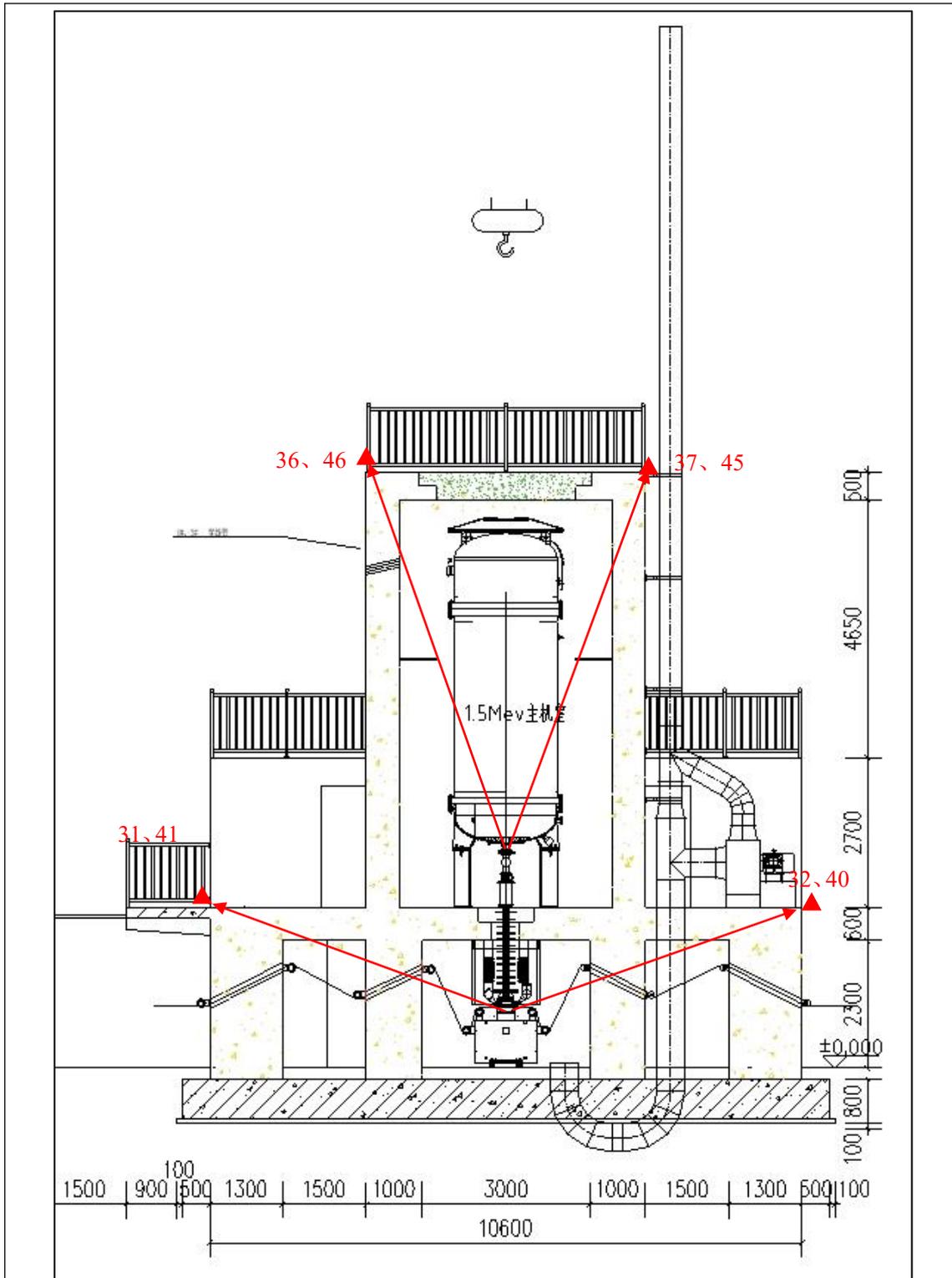


图 11-1 预测点位图（立面）

表 11-2 预测点处计算结果

编号	位置	距离 (m)	屏蔽材质	Bx	Hm ($\mu\text{Sv/h}$)
1	1#主机室西墙外 30cm	2.80	60cm 混凝土	1.00E-07	1.53E-03
2	1#主机室北墙外 30cm	3.83	60cm 混凝土	1.00E-07	8.20E-04
3	1#主机室东墙外 30cm	2.80	60cm 混凝土	1.00E-07	1.53E-03

4	1#主机室东防护门外	3.20	77cm 混凝土	7.50E-10	8.79E-06
5	1#主机室东迷道外	6.80	141cm 混凝土	7.50E-18	1.95E-14
6	1#主机室南墙外 30cm	5.45	60cm 混凝土	1.00E-07	4.04E-04
7	1#主机室西防护门外	3.20	77cm 混凝土	7.50E-10	8.79E-06
8	1#主机室西迷道外	6.80	141cm 混凝土	7.50E-18	1.95E-14
9	2#主机室西墙外 30cm	2.80	60cm 混凝土	1.00E-07	1.53E-03
10	2#主机室南墙外 30cm	3.83	60cm 混凝土	1.00E-07	8.20E-04
11	2#主机室东墙外 30cm	2.80	60cm 混凝土	1.00E-07	1.53E-03
12	2#主机室东防护门外	3.20	77cm 混凝土	7.50E-10	8.79E-06
13	2#主机室东迷道外	6.80	141cm 混凝土	7.50E-18	1.95E-14
14	2#主机室北墙外 30cm	5.45	60cm 混凝土	1.00E-07	4.04E-04
15	2#主机室西防护门外	3.20	77cm 混凝土	7.50E-10	8.79E-06
16	2#主机室西迷道外	6.80	141cm 混凝土	7.50E-18	1.95E-14
17	1#辐照室西墙外 30cm (货物通道)	5.60	200cm 混凝土	7.94E-14	1.22E-05
18	1#辐照室北墙外 30cm (楼梯)	3.50	130cm 混凝土	3.69E-09	1.44
19	1#辐照室北墙外 30cm	4.90	270cm 混凝土	1.71E-18	3.42E-10
20	1#辐照室防护门外	4.92	131cm 混凝土	3.16E-09	0.63
21	1#辐照室东墙外 30cm (货物通道)	5.60	200cm 混凝土	7.94E-14	1.22E-05
22	1#辐照室南墙外 30cm	5.80	130cm 混凝土	3.69E-09	0.53
23	2#辐照室西墙外 30cm (货物通道)	5.60	200cm 混凝土	7.94E-14	1.22E-05
24	2#辐照室南墙外 30cm (楼梯)	3.50	130cm 混凝土	3.69E-09	1.44
25	2#辐照室南墙外 30cm	4.90	270cm 混凝土	1.71E-18	3.42E-10
26	2#辐照室防护门外	4.92	271cm 混凝土	3.16E-09	0.63
27	2#辐照室东墙外 30cm (货物通道)	5.60	200cm 混凝土	7.94E-14	1.22E-05
28	2#辐照室北墙外 30cm	5.80	130cm 混凝土	3.69E-09	0.53
29	1#辐照室顶外 30cm(北)	3.97	150cm 混凝土	1.71E-10	0.05
30	1#辐照室顶外 30cm(南)	5.96	180cm 混凝土	1.71E-12	2.31E-04
31	1#辐照室顶外 30cm(西)	5.84	291cm 混凝土	6.81E-20	9.59E-12
32	1#辐照室顶外 30cm(东)	5.84	291cm 混凝土	6.81E-20	9.59E-12
33	1#主机室顶外 30cm(北)	7.10	50cm 混凝土	1.78E-06	4.23E-03
34	1#主机室检修盖板	8.00	56cm 混凝土	3.16E-07	5.93E-04

35	1#主机室顶外 30cm (南)	7.70	54cm 混凝土	5.62E-07	1.14E-03
36	1#主机室顶外 30cm (西)	7.44	52.2cm 混凝土	9.44E-07	2.05E-03
37	1#主机室顶外 30cm (东)	7.44	52.2cm 混凝土	9.44E-07	2.05E-03
38	2#辐照室顶外 30cm (北)	5.96	180cm 混凝土	1.71E-12	2.31E-04
39	2#辐照室顶外 30cm (南)	3.97	150cm 混凝土	1.71E-10	5.21E-02
40	2#辐照室顶外 30cm (西)	5.84	291cm 混凝土	6.81E-20	9.59E-12
41	2#辐照室顶外 30cm (东)	5.84	291cm 混凝土	6.81E-20	9.59E-12
42	2#主机室顶外 30cm (北)	7.70	54cm 混凝土	5.62E-07	1.14E-03
43	2#主机室检修盖板	8.00	56cm 混凝土	3.16E-07	5.93E-04
44	2#主机室顶外 30cm (南)	7.10	50cm 混凝土	1.78E-06	4.23E-03
45	2#主机室顶外 30cm (西)	7.44	52.2cm 混凝土	9.44E-07	2.05E-03
46	2#主机室顶外 30cm (东)	7.44	52.2cm 混凝土	9.44E-07	2.05E-03
47	1#、2#辐照室共同作用点 (控制室)	7.30	305cm 混凝土	7.94E-21	7.15E-13
48	1#、2#辐照室共同作用点	7.30	305cm 混凝土	7.94E-21	7.15E-13

由上述计算结果可知，本项目主机室、辐照室四周及室顶屏蔽等各关注点周围剂量当量率均满足《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不能超过 2.5μSv/h 的要求。

（4）迷道处 X 射线剂量率

①辐照室人员进出门口、主机室门口 X 射线辐射剂量率

迷道散射采用《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中推荐的迷道散射剂量率计算公式，计算主机室及辐照室入口处散射 X 射线辐射剂量率。

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

式中：

α_1 ——入射到第一个散射体的 X 射线散射系数；

α_2 ——从随后屏蔽材料层散射出来的 X 射线散射系数；

A_1 ——从 X 射线入射到第一散射物质的散射面积， m^2 ；

A_2 ——迷道或孔道的截面积， m^2 ；

d_1 ——X 射线源与第一散射物质的距离， m ；

$d_{r1} \dots d_{rj}$ ——沿着迷道或孔道长轴的中心线距离， m ；

j ——表示第 j 次反射过程。

根据《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A.2.2，对于能量大于 3MeV 的 X 射线，认为其一次散射后的能量均为 0.5MeV；对于初

表 11-3 散射关注点预测结果

位置	二层主机室门外 (A、B、C、D)	一层辐照室门外 (a、b)
D ₁₀ (Gy/h)	0.12	4800
散射次数	4	5
散射路径 (m)	d ₁ =4.55, d _{r1} =4.42, d _{r2} =1.47, d _{r3} =1.42, d _{r4} =1.15	d ₁ =4.2, d _{r1} =2.5, d _{r2} =2.38, d _{r3} =5.29, d _{r4} =3.69, d _{r5} =1.5
散射面积 (m ²)	A ₁ =13.6, A ₂ =5.88, A ₃ =5.88, A ₄ =5.145	A ₁ =11.78, A ₂ =1.84, A ₃ =1.84, A ₄ =3.45, A ₅ =1.84
散射剂量率 (μSv/h)	4.97E-12	1.82E-13
直射剂量率 (μSv/h)	8.79E-06	2.91E-10
叠加剂量率 (μSv/h)	8.79E-06	2.91E-10

根据表 11-3 计算结果可知，本项目辐照室、主机室迷道口的周围剂量当量率满足评价标准 2.5μSv/h 的要求，因此无需增设防护门，普通门即可。

②辐射室货物进出口 X 射线辐射剂量率

本项目加速器辐照室设有迷道式物料进出口，进出口的宽度为 2150mm，厚度为 150mm，穿过墙的长度约为 1500mm，呈一个矩形缝隙，穿墙厚度与长度比为 1:10，详见图 11.3。由图 11.3 可知 X 射线至少经过 4 次散射方能到达物料进出口。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 指出：“迷道的屏蔽计算式比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，因此，加速器主屏蔽体上物料进出口设计能够满足辐射防护的要求，不影响加速器屏蔽体外工作人员及公众的辐射安全。

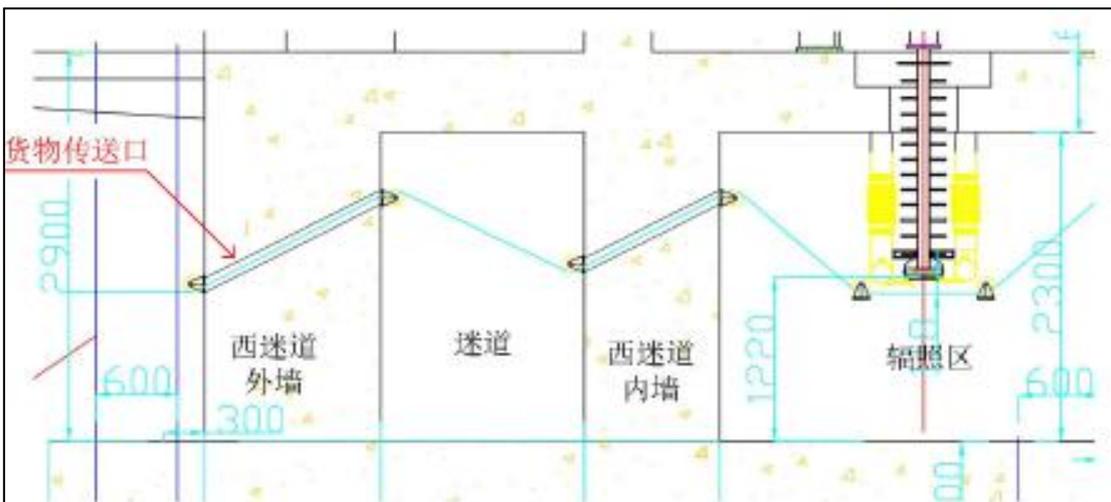


图 11-3 货物传输带穿墙示意图

(5) 天空反散射

天空反散射计算公式，参考《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中公式：

$$H_{\text{天空}} = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_x D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2}$$

式中：

$H_{\text{天空}}$ ——在距离 X 射线源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

Ω ——由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角，Sr；

d_i ——在屋顶上方 2.0m 处离靶的垂直距离，m；

d_s ——X 射线源至 P 点的距离，m。

Ω 采用下式计算：

$$\begin{aligned} \Omega &= \Omega_1 + \Omega_2 + \Omega_3 + \Omega_4 \\ &= \arctg \frac{a_1 b_1}{c d_1} + \arctg \frac{a_1 b_2}{c d_2} + \arctg \frac{a_2 b_1}{c d_3} + \arctg \frac{a_2 b_2}{c d_4} \end{aligned}$$

式中： a_1 ——出束点距辐照室北墙距离，本项目主机室为 2.6m，辐照室为 1.9m；

a_2 ——出束点距辐照室南墙距离，本项目主机室为 4.55m，辐照室为 4.2m；

b_1 ——出束点距辐照室西墙距离，本项目主机室为 1.9m，辐照室为 4.0m；

b_2 ——出束点距辐照室东墙距离，本项目主机室为 1.9m，辐照室为 4.0m；

c ——出束点到屋顶表面中心的距离，本项目主机室为 8.7m，辐照室为 11.58m；

d_1 ——出束点到屋顶边缘（西北角）的距离， $d_1 = (a_1^2 + b_1^2 + c^2)^{1/2}$ ；

d_2 ——出束点到屋顶边缘（东北角）的距离， $d_2 = (a_1^2 + b_2^2 + c^2)^{1/2}$ ；

d_3 ——出束点到屋顶边缘（西南角）的距离， $d_3 = (a_2^2 + b_1^2 + c^2)^{1/2}$ ；

d_4 ——出束点到屋顶边缘（东南角）的距离， $d_4 = (a_2^2 + b_2^2 + c^2)^{1/2}$ 。

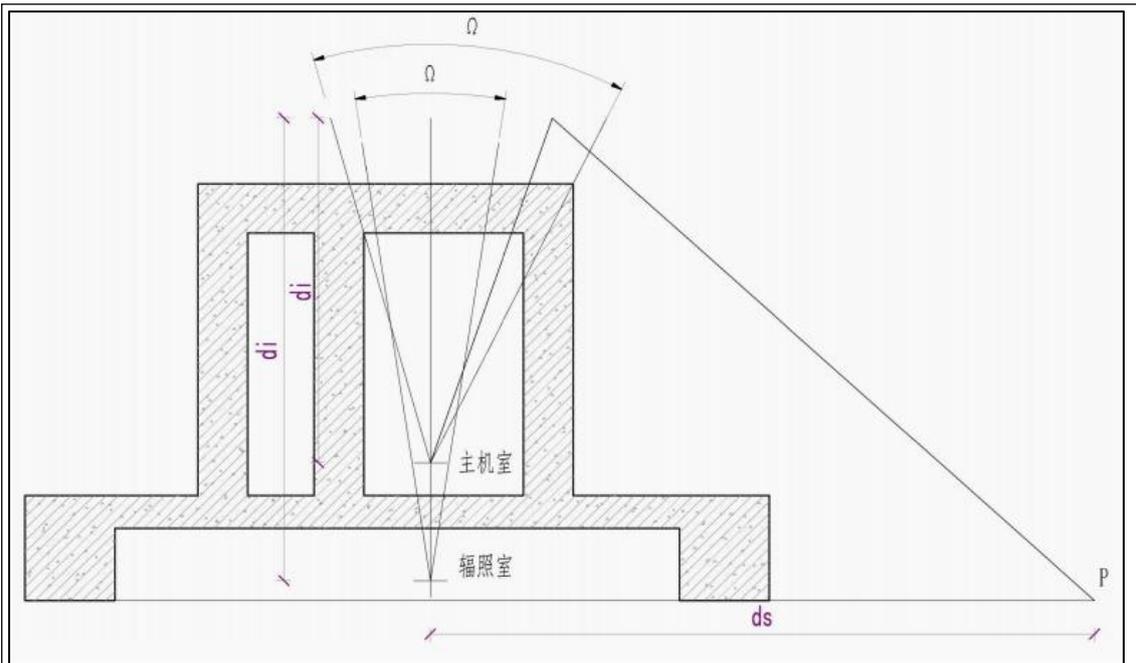


图 11-4 天空反散射计算示意图

表 11-4 天空反散射关注点预测结果

位置	Bxs	Ω	D_i (m)	d_s (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
辐照室	1.78E-06	0.47	8.7	15.5	1.10E-13
主机室	7.94E-04	0.52	11.58	15.5	1.26E-06
叠加	--	--	--	--	1.26E-06

由表 11-4 中数据可知，项目天空反散射对周围环境影响很小，基本不引起辐射环境的变化。

(6) 侧向散射

本项目辐照室高度为 10.75m，在本项目西侧 39m 处纺织车间高度为 11.57m，高于本项目机房 0.82m，但公司纺织车间顶部人员不可达，因此本次评价不再考虑侧向散射。

4、辐射工作人员和公众剂量计算

人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算：

$$D_{\text{Eff}}=K \cdot t \cdot T \cdot U$$

式中： D_{Eff} —关注点人员有效剂量 (Sv)；

K —关注点的辐射剂量率 ($\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)；

T —关注点处年曝光时间 (h)；

T —居留因子，取值在 1/16~1；

U —使用因子，本项目取 1。

采用与上述同样的计算方法，计算得出本项目环境保护目标处的剂量率。根

据建设单位提供资料，项目实行 2 班制，每班 12h，年工作 250d，项目年开机时间约为 6000h，每名工作人员的年工作时间约 3000h。

表 11-5 项目辐射工作人员、公众人员年剂量计算结果

位置	人员类型	居留因子	H (μSv/h)	年工作小时数 (h)	年剂量 (mSv/a)	标准值 (mSv/a)
控制室	职业	1	7.15E-13	3000	2.15E-12	5
水冷平台	职业	1	8.77E-04	3000	2.63E-03	5
化料台	公众	1	4.00E-13	3000	1.20E-12	0.1
一期染色车间	公众	1	9.45E-03	3000	2.83E-02	0.1
一期纺织车间	公众	1	1.16E-02	3000	3.49E-02	0.1
二期染色车间	公众	1	1.11E-02	3000	3.32E-02	0.1
厂内道路	公众	1/4	1.14E-02	3000	8.56E-03	0.1
辅助用房	公众	1	4.35E-13	3000	1.31E-12	0.1

从上述计算结果可知，项目职业工作人员和公众人员年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）限值要求。

5、穿墙管线洞口辐射泄漏分析

辐照室内臭氧通过辐照机房内的排风管道及其连接的排臭氧风机，最终由加速器机房屋顶的排风管道排入外环境。排风管道由辐照室地下“U”形穿过，并不会影响辐照室的整体防护能力。

二、有害气体分析

电子加速器在工作状态时，电子束会电离空气中的氧气分子产生一定量的臭氧和氮氧化物等有害气体。由于氮氧化物的产额及毒性均远低于臭氧，并且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此主要考虑臭氧的产生及防护。只要臭氧排放达标，氮氧化物同样也能够排放达标。

根据《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B，平行电子束所致臭氧（O₃）的产生率计算公式为：

$$P=45*d*I*G$$

式中：

P—单位时间电子束产生 O₃ 的质量（mg/h）；

I—电子束流强度（mA），本项目 80mA；

d—电子在空气中的行程（cm），应结合电子在空气中的线阻止本领 $s=2.5keV/cm$ 和辐照室尺寸选取。项目加速器能量 1.5MeV，加速器射线口朝下，距离墙体的最远距离为 420cm，因此 d 取 420cm。

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，保守值可取为 10。

因此本项目臭氧（O₃）的产生率为 1.512×10⁷mg/h，加速器年运行时间为 6000h，臭氧年产生总量为 90720kg/a。

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（常温常压下数小时即可完全分解为氧气），当长时间辐照时，辐照室空气中臭氧的平衡浓度为：

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

式中：

C_s—长时间辐照时，辐照室空气中臭氧平衡浓度，mg/m³；

P—单位时间电子束产生臭氧的质量，mg/h；

T_e—对臭氧的有效清除时间，h。辐照室内长时间辐照时，T_e≈T_v，即辐照室换气一次所需时间，本项目为 0.004h。

V—辐照室体积 V（含迷道）约 64.8m³。

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。为确保室内臭氧浓度满足不超过臭氧最高容许浓度，风机继续运行所需的时间为：

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

式中：

C₀—GBZ2.1 规定的臭氧的最高容许浓度，C₀=0.3mg/m³。

T—为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间（h）。

经计算得 C_s 为 1008mg/m³，T 为 2.1min，即加速器停机后需要持续通风 2.1min 辐照室内臭氧浓度才可以低于 0.3mg/m³。

本项目加速器通风系统自带时间限制功能控制程序，确保加速器停机后辐照室内臭氧浓度才可以低于 0.3mg/m³，通风系统继续运行可预先设定为 3min 后，主机室和辐照室门的电磁锁才能打开，以确保辐照室内臭氧等有害气体浓度排放至低于允许值。除延时设定外，建设单位也需在操作规程管理制度中明确：加速器停机至少 3min 后方可进入辐照室。

6、电子束环境影响分析

根据 1980 年第三次国际辐射加工会议对电子最大穿透物质厚度给出的公

式：当电子能量 $E_{\text{电子}}$ 大于 1.0MeV 时，电子最大穿透厚度 d 由下式计算：

$$d = E_{\text{电子}} / (3\rho)$$

式中： d —穿透物质的厚度，cm；

$E_{\text{电子}}$ —电子最大能量，MeV；

ρ —穿透物质的密度，g/cm³。

本项目使用电子加速器的最大加速电子能量为 1.5MeV，计算得电子束在混凝土（密度取 2.35g/cm³）中最大穿透厚度为 0.213cm，远小于本项目加速器辐照室有效墙体厚度，因此本项目墙体完全可以屏蔽 1.5MeV 电子，因此，电子束对辐照室外环境的影响可以忽略不计。

三、固体废物影响分析

项目产生固体废物主要为生活垃圾，收集后交由环卫部门统一处置。

四、废水环境影响分析

项目生活污水用于泼洒抑尘，不外排。束下喷淋冷却水循环使用不外排。

事故影响分析

本项目电子加速器是在辐照室内进行工作，工作过程中只要保证足够的屏蔽墙防护，且严格执行各项操作规范并落实各项辐射防治措施，在正常辐照过程中对外环境辐射影响是在允许范围之内。

1、事故风险识别

本项目使用的工业电子加速器属II类射线装置，设备在非正常使用的情况下可能会发生以下事故。

(1) 因加速器安全联锁系统故障，人员误入运行中的辐照区，导致人员误照射。

(2) 加速器紧急停机系统故障，误留辐照室内的工作人员无法通过紧急停机开关使运行中的加速器停机，导致人员误照射。

(3) 加速器装置失灵、损坏、调试和操作失误，工作人员和公众可能受到误照射。

2、风险事故后果计算及评价

电子加速器只有在开机的情况下才会产生轫致辐射（X 射线），在断电、关机后不会产生轫致辐射（X 射线）。如果工作人员或公众误闯或停留在正在出束的辐照室内，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

若开机情况下人员进入一层辐照室，在迷道内口处被误照射，考虑照射时间

1min, 根据表 11-3 中迷道处的剂量率水平 $2.91E-10\mu\text{Sv/h}$, 单次事故造成的照射剂量为 $4.85E-12\mu\text{Sv/次}$ 。

但若开机情况下人员进入辐照室, 开机后未及时离开辐照加工区, 其受照剂量将大大增加。

综上, 事故情况下, 人员越靠近辐照室中部电子加速器出束位置, 受到的照射剂量越大。

3、风险事故预防措施

1) 加速器操作人员必须严格按照射线装置操作程序进行操作, 避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。

2) 出束前, 确认辐照室室内无人员后方可启动开机开关。

3) 通过采取定期检查安全联锁系统, 严格遵守操作规程, 完善事故应急预案和事故防范措施等方式, 避免辐射事故发生。

4、风险事故应急措施

1) 利用紧急停机按钮, 迅速中断装置出束;

2) 将人员撤离辐射区, 并管制入口; 保护工作不正常的装置, 不能随意启动或改变当时的状态;

3) 定期组织演练, 一旦发生辐射事故, 立即采取相应的应急措施, 使事故得到及时有效地处理;

4) 按国家辐射事故管理规程尽快向有关管理部门报告辐射事故情况;

5) 回顾事件与事故过程, 配合管理部门的事故与剂量调查和测量工作, 确认人员实际受照剂量;

6) 查明事件与事故原因, 排除故障, 并经专门检验确认装置已恢复正常。按国家辐射事故管理规定结案并建立事故档案。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1 辐射环境管理机构

12.1.1 辐射安全监督管理领导小组

为了做好辐射防护的管理工作，确保设备正常运行，避免发生事故，该公司成立了辐射安全监督管理领导小组，全面负责辐射安全管理，制定有关管理制度，针对防范措施失效和未落实防范措施的部门提出整改意见。

12.1.2 辐射安全监督管理小组职责

(1) 负责本公司辐射安全监督管理工作，贯彻执行国家、地方有关法律、法规、相关标准及有关规定，负责对本公司相关部门和人员进行法律、法规及相关标准的培训、教育、指导和监督检查等工作。

(2) 制定、修订本公司的各项管理规定及操作规程。

(3) 制定、修订放射性事故应急预案，配备事故处理物资仪器、工具。

(4) 负责辐射安全许可证的换证、年审等工作。

(5) 建立辐射档案，组织有关部门和人员对使用的辐射装置及剂量监测仪器进行检查检定和维护保养，保证正常使用。

(6) 对公司内从事辐射工作的人员进行条件和岗位能力的考核，组织参加专业体检、培训并取得相应资格证。

(7) 组织实施对从事辐射工作的人员的剂量监测，做好个人剂量计定期检测工作，对数据进行汇总、登记、分析等工作。做好公司年度评估报告工作，认真总结、持续改进并上报有关部门。

12.2 辐射工作人员管理

本项目每台加速器拟配备 2 名辐射工作人员，实行 2 班制，每班 12 小时，年工作 250 天。本项目年开机时间约为 6000 小时，每名工作人员的年工作时间约 3000 小时。

本次评价要求职业工作人员配备个人剂量计，并委托具有相应资质的单位对本单位辐射工作人员进行个人剂量监测，辐射工作人员必须接受个人剂量监测，建立个人剂量监测档案。外照射个人剂量常规监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月。如发现异常可加密监测频率。公司应建立辐射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当永久保存。

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离辐射工作岗位时，工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和管理办法》要求，所有辐射工作人员必须按照生态环境部 2019 年第 57 号公告《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》（培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）、2021 年第 9 号公告要求（关于进一步优化辐射安全考核的公告(mee.gov.cn)），定期（五年一次）组织辐射工作人员参加生态环境部门网上培训系统有关辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须取得岗位培训合格证，持证上岗。辐射安全与防护培训合格证为五年，到期前，必须参加复训并取得合格证。

辐射安全管理规章制度

电子加速器在工作过程中，会对操作人员及周围环境、公众产生一定的辐射照射影响，为有效减小曝光过程中对环境及公众的辐射照射影响，公司制定了相应的管理规定及应急预案，目前已制定的管理制度基本符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，并张贴上墙。具体规章制度包括《辐射防护安全管理机构及职责》《辐射安全防护管理工作制度》《辐射事故应急预案》《岗位职责》《电子加速器辐射防护措施和安全保卫制度》《射线装置辐射防护自行监测及年度评估制度》《健康管理及安全培训制度》《辐射安全防护自行检查与评估制度》《辐射工作场所监测管理办法》《辐照系统操作规程》等。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求：使用 II 类射线装置的单位或部门应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括 X- γ 辐射监测等仪器，每个月进行自检 1 次，每年度委托有资质检测单位进行年度检测。同时接受环境保护部门的监督检查。监测数据编入《放射性同位素与射线装置安全和防护年度评估报告》，每年度上报当地环境保护行政主管部门和其他主管部门。

设备配置：配备便携式 X- γ 剂量率仪 1 台。

监测要求：

①监测项目：X- γ 辐射剂量率。

②监测频度：每月对辐射工作场所周围环境的辐射水平进行自检，每年委托有监测资质的单位对工作场所周围环境的辐射水平进行监测。

③监测范围：一层辐照室四周墙体外，货物出入口外，二层主机室四周墙体外，辐照室、主机室门外等。

④监测设备：按照国家规定进行剂量检定。

⑤个人剂量的监督与监测：每三个月检查和评估工作人员的个人剂量，由具备资质的监测机构进行监测，监测数据填入个人剂量档案，个人剂量档案终生保存。

辐射事故应急

1、应急救援小组

为了做好辐射事故应急救援准备与响应工作，确保辐射事故时，能准确掌握情况，分析评价并决策，按事故状态采取必要和适当的响应行动，把危害降到最小程度，尽可能减少人员伤亡、财产损失以及对环境的影响，该公司制定《辐射事故应急预案》，成立辐射事故应急领导小组。总指挥组织安排放射性事故的预防和应急处理工作。安全主管协调调度各相关部门进行事故处理。

职责：

(1) 负责事故现场的总调度。

(2) 负责做好事故报警、情况调查、通报及事故处置工作，必要时代表领导小组对外发布有关信息。

(3) 负责警戒、治安保卫、疏散、道路管制工作。

(4) 负责急性职业病危害事故现场救援器材如：氧气、防毒面具、通风设备、担架的采购供应工作。

(5) 负责协助安全应急救援器材，做好现场安全处置及现场医疗救援指挥工作。

(6) 负责协助职业卫生管理部门进行事故调查、整理、通报工作，总结事故教训和防护经验。

(7) 负责组织筹集应急救援所需经费。

2、应急内容

(1) 当发生辐射事故时，立即停止危害作业，二级应急机构组织相关人员进行现场处置和保护，将受害人转移到安全地带，注意通风和保温（如中暑则要

注意降温），向急救中心发出求救信号，报告应急领导小组，应急领导小组必须在 2 小时内报告当地生态环境部门。

(2) 当发生辐射危害事故的危害状态为重大事故时，二级应急机构应立即响应应急领导小组和工程部，由应急领导小组在 2 小时内报告当地卫生行政部门。

(3) 放射性疾病多是由于操作失误造成误照射引起放射性疾病，处理原则是：尽快清除放射性污染，避免再次受照射，保护受照人员，避免各种理化因素的刺激，送医院住院治疗并进行长期观察。

3、从事放射性活动能力分析

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日的生态环境部令第 20 号令修改）第十六条提出了使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备的八个条件，原环境保护部 2011 年发布的《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）也对放射性同位素、射线装置的安全与防护管理提出了要求，下面分别就环保部提出的相关要求与公司达到的条件进行对比，并给出是否符合要求的结论，详细见下表。

表 12-1 从事放射性活动能力分析表

	应具备条件	落实情况	符合性
《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号令修改）	1.使用II类射线装置的工作单位,应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职或兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	1.公司设有专门的辐射防护管理机构负责辐射安全与环境保护管理工作。	符合
	2.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。	2.制定培训计划,公司职业操作人员通过线上培训、线下考试,并取得合格证书。	符合
	3.使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	3.本项目不涉及使用放射性同位素。	符合
	4.放射性同位素和射线装置使用场所应有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	4.已计划安装门机联锁、工作指示灯、紧急停机开关、电离辐射警示标志等。	符合
	5.配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	5.公司计划配备个人剂量计和个人剂量报警仪,并使用 1 台便携式X-γ辐射剂量率仪对作	符合

		业现场进行辐射监测。	
	6.有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。有完善的辐射事故应急预案。	6.有《辐射防护安全管理机构及职责》《辐射安全防护管理工作制度》《辐射事故应急预案》《岗位职责》《电子加速器辐射防护措施和安全保卫制度》《射线装置辐射防护自行监测及年度评估制度》《健康管理及安全培训制度》《辐射安全防护自行检查与评估制度》《辐射工作场所监测管理办法》《辐照系统操作规程》等，并成立了辐射事故应急领导小组。	符合
	7.有完善的辐射事故应急措施。	7.有较完善的辐射事故应急预案及措施。	符合
	8.产生废气、废液、固体废物的，还应具有确保废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	8.本项目不产生放射性的废气、废液、固体废物。	符合
《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部第18号令)	第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	项目将按照要求设置门机连锁装置、声光报警器、工作状态指示灯等，门口及相关场所明显位置处设电离辐射标志及中文警示说明等，以防止受到意外照射。	符合
	第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	本项目竣工验收后，拟委托环境监测机构对环境和 workplaces 周围的辐射水平进行监测。	符合

	第十二条 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。	承诺每年按照法规要求的时间节点及时提交年度评估报告。	符合
	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	制定培训计划，公司职业操作人员通过线上培训、线下考试，并取得合格证书。	符合
	第二十三条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的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，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	项目辐射工作人员佩戴个人剂量计进行个人剂量监测，承诺发现个人剂量监测结果异常的，将立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	符合

综上所述，项目符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日的生态环境部令第20号令修改）第十六条要求应当具备的八个条件及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第18号令）的相关要求，具备从事放射性活动的技术能力。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：新疆臻行色纺织科技有限公司 60 万锭纺纱+1000 台织机+70 条印染线+年制衣 2100 万件项目抗菌面料研发项目

建设性质：新建

建设规模：本项目分两期建设，一期建设 4 条电子束加速器设备及相关配套设施，二期建设 2 条电子束加速器设备及相关配套设施。

2、项目选址：新疆喀什地区巴楚县工业园区

3、选址、布局合理性

本项目拟建加速器机房位于巴楚工业园区，机房周围 50m 内均为工业园区，远离居民区和生活区，选址合理。

加速器机房为两层，一层为辐照室、二层为主机室。一层辐照室设计人员出入口，通过迷道进入辐照区，设计楼梯通往二层。控制室位于一层机房北侧。物料通过迷道进出辐照室，为厚 150mm，宽 2150mm 的矩形孔通道，该通道与墙体呈 30°夹角。二层设计为主机室，设计有迷道；二层除主机室外，布置臭氧风机、震荡柜、水冷机组等辅助设施。

加速器工作时，辐射工作人员在一楼辐照室北侧的控制室内负责设置并监控加速器运行参数，并通过监控视频等观察加速器机房内外及周边情况。加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留。本项目加速器机房布局合理可行。

将辐照室和主机室作为辐射防护控制区，以其外墙为控制区边界，辐照加速器工作时，控制区内无人停留；将加速器机房除了控制区之外的区域作为监督区，包括加速器控制室、各辅助设施区，划定警示线，作为监督区，避免无关人员靠近加速器机房。加速器工作时，仅监督区内控制室有辐射工作人员操作加速器；其余非辐射工作人员，均在控制区和监督区以外场所工作。本项目辐射防护分区的划分见图 10-1，符合《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中关于辐射工作场所的分区规定。

4、辐射安全与防护分析结论

(1) 主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

本项目辐照加速器运行时的主要污染因子是 X 射线的外照射。

本项目加速器机房通过唯一主机钥匙、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、急停按钮、剂量联锁、烟雾报警、安全警示标识、视频监控等辐射安全措施，保证本项目加速器运行时的辐射安全，能够满足《电子直线加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的辐射安全设施要求。

（2）辐射防护

本项目电子加速器机房通过混凝土浇筑的墙体和屋顶屏蔽射线，具体屏蔽厚度见表 10-1。根据预测，机房四周墙外辐射剂量率满足 HJ979-2018 中要求的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h 的要求。

（3）保护目标剂量评价

根据预测，本项目辐射工作人员年有效剂量、公众年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a，公众年有效剂量不超过 0.1mSv/a。

（4）通风装置

本项目辐照室设置通风系统，排风量不低于 15000m³/h，加速器停机 3min 后，辐照室内臭氧浓度可满足，到《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）控制要求（最高容许浓度为 0.3mg/m³），工作人员可进入辐照室。由于项目臭氧产生量较低，加之臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出室外的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周边环境影响轻微。

（5）辐射安全管理

建设单位成立辐射安全管理机构，并以单位文件形式明确各成员管理职责；建立相应的辐射安全管理制度，并结合实际工作需要，在工作中落实各制度的执行，并根据新的法律法规和行业标准，不断对规章制度进行补充和修订；本项目辐射工作人员、辐射安全管理人员还应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上完成自主学习及考核，成绩合格方可上岗从事辐射工作。

（6）辐射防护监测仪器

本项目辐射工作人员到岗后，需开展个人剂量监测并建立个人剂量档案，开展职业健康检查，并建立职业健康档案。还需为本项目配备固定式辐射监测仪、便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪等。

5、项目可行性分析结论

综上所述，新疆臻行色纺织科技有限公司 60 万锭纺纱+1000 台织机+70 条印染线+年制衣 2100 万件项目抗菌面料研发项目在确保施工质量、落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

为了保护环境，确保污染源的长期稳定达标，减小对环境的影响，本评价提出以下要求：

(1) 严格落实本项目所提各项屏蔽措施、管理措施及防护措施等相关措施，避免照射超标对职业工作人员及公众人员造成伤害。

(2) 加强对职业工作人员的宣传教育，应取得上岗证及相应资质方可上岗工作。

(3) 项目建成后企业自主进行竣工验收，如有不符合规定的要整改，对不满足环保要求的部分，应对其采取治理措施，直至满足环保要求。

为了执行《建设项目环境保护管理条例》中的“三同时”制度，要求建设项目必须按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定，依据环境保护验收监测结果，并通过现场检查等手段，考核该建设项目是否达到环境保护要求。该项目“三同时”验收内容和要求见表 13-1。

表 13-1 项目验收内容及要求

验收项目	验收内容及要求
剂量限值	年有效剂量：辐射工作人员职业照射年有效剂量约束值取 5mSv；公众照射年有效剂量约束值取 0.1mSv。 周围剂量当量率：电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h。 臭氧浓度：0.3mg/m ³ 。
防护与安全措施	(1) 钥匙控制。控制柜、辐照室进出门、主机室进出门设计有钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动电子加速器出束；同时，电子加速器的开关钥匙也是该加速器辐照室门、主机室门的开关钥匙。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该电子加速器的开关钥匙，因此，电子加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开。在防护门打开的情况下，由于开关钥匙在防护门上，此情况下电子加速器无法

	<p>开机出束。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连，在使用钥匙打开辐照室、机房门时，可利用便携式辐射监测仪实时监测辐射剂量率，在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。</p> <p>(2) 巡检按钮。主机室、辐照室内设置“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。</p> <p>(3) 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、主机室及其迷道内的急停装置采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还设置紧急开门按钮，以便人员离开控制区。</p> <p>(4) 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（采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁。</p> <p>(5) 信号警示装置。辐照室、主机室内部设置音响、灯光警示信号，用于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工作状态相对应。</p> <p>(6) 门机联锁。辐照室和主机室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机。</p> <p>(7) 烟雾报警。辐照室设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。</p> <p>(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。</p> <p>(9) 通风联锁。本项目辐照室设置通风系统，排风量不低于 15000m³/h，运行过程中，如果排风机未启动运行或因故障停机，系统将无法启动出束或停止出束。通风系统与其相应的电子辐照加速器控制系统联锁，电子加速器停机后，只有达到预先设定的时间（≥3min）后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。</p> <p>(10) 束下装置联锁</p> <p>本项目电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立硬件及软件接口。任意一台电子加速器辐照装置的束下装置偏离正常运行状态或停止运行时，电子加速器自动停机。具体安全设施设置情况及数量见图 10-2。</p>
<p>电离辐射标志</p>	<p>辐照室人员入口门、主机室入口门上拟设置明显的电离辐射警告标识。</p>
<p>规章制度</p>	<p>《辐射防护安全管理机构及职责》《辐射安全防护管理工作制度》《辐射事故应急预案》《岗位职责》《电子加速器辐射防护措施和安全保卫制度》《射线装置辐射防护自行监测及年度评估制度》《健康管理及安全培训制度》等得到落实，记录完备，制度成册或上墙。</p>

应急预案	制定完善的辐射事故应急预案。
个人剂量档案	所有辐射工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康监护，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案，个人剂量档案终身保存。
防护用品	本项目拟配备 26 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X-γ辐射监测仪，辐射工作人员配备个人剂量卡。
通风设施	辐照室安装排风系统，加速器停机一定时间后，方可进入辐照室。
屏蔽体效果	按本报告表 10-1 的设计方案进行加速器机房的建设，确保机房屏蔽体表面 30cm 处辐射剂量率不超过 2.5μSv/h。

审批

下一级环境保护行政主管部门审查意见：

经办人：

年 月 日
公章

审批意见：

经办人：

年 月 日
公章