

核技术利用建设项目

直线加速器应用项目（扩建）

环境影响报告表

（公示版）

杭州福斯特应用材料股份有限公司

2020 年 12 月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6 评价依据.....	8
表 7 保护目标与评价标准.....	10
表 8 环境质量和辐射现状.....	12
表 9 项目工程分析与源项.....	14
表 10 辐射安全与防护.....	17
表 11 环境影响分析.....	20
表 12 辐射安全管理.....	25
表 13 结论与建议.....	27

表 1 项目基本情况

建设项目名称		直线加速器应用项目（扩建）					
建设单位		杭州福斯特应用材料股份有限公司					
法人代表		林建华	联系人	钱军强	联系电话		
注册地址		浙江省杭州市临安区锦北街道福斯特街 8 号					
项目建设地点		临安区高新技术产业园金马区块					
立项审批部门		临安区经济和信息化局		批准文号	2018-330185-38-03-076165-000		
建设项目总投资 (万元)		55369.6	项目环保投资 (万元)	279	投资比例（环保 投资/总投资）	0.5%	
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 迁扩建 ☐ 其他			占地面积（m²）	——	
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				
		☐ 销售	/				
		☐ 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 项目概况

杭州福斯特应用材料股份有限公司位于临安区福斯特街8号，公司主要产品和经营范围为：EVA 太阳能电池胶膜、太阳能电池背板、感光干膜、挠性覆铜板、有机硅封装材料、热熔胶膜（热熔胶），热熔网膜（双面胶），服装辅料的生产销售；太阳能电池组件、电池片、多晶硅、高分子材料、化工原料及产品（除危化品及易制毒品）、机械设备及培训的销售；新材料、新能源、新设备的技术开发，光伏设备和分布式发电系统的安装，实业投资，经营进出口业务。

为满足胶膜硫化、热收缩等定型的需要，公司于2017年9月在取得杭环辐评批[2017]27号批复（见附件1）的基础上，配备了4台直线加速器，申领了《辐射安全许可证》浙环辐证[A3631]，并于2018年3月进行了自主验收（见附件2）。

随着规模的扩大，公司于2018年6月在取得杭环辐评批[2018]12号批复（见附件3）的基础上，扩建了12台直线加速器，其中4台已经配备到位，换领了《辐射安全许可证》浙环辐

拟扩建的 7 台直线加速器位于二期 POE 车间，其东侧 50m 为长西线，南侧 50m 范围为 POE 车间，西侧 50m 范围为厂区道路及车间（二），北侧 50m 范围为 POE 车间。周围 50m 范围无环境敏感点，具体见图 1-3。



图 1-2 公司周围环境示意图

1.3 现有工程回顾

公司先后2次评价了16台直线加速器，目前配备8台，其环评、验收、取证情况见表1-1。

现有的 8 名辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训学习，并培训合格取得合格证书（见附件 11）。公司同时为辐射工作人员建立了个人剂量档案（见附件 12）和职业健康档案（见附件 13），并完成了 2019 年度的年度评估报告（见附件 14）。

公司现有辐射项目前期手续齐全。

表1-1 公司现有设备情况表

名称	型号	数量	最大能量 (MeV)	工作场所	环评	取证	验收
直线 加速器	自屏蔽式 AB500	4	0.5 MeV	车间三	杭环辐评批 [2017]27号	浙环辐证 [A3631]	2018年3月 自主验收
		4		车间三	杭环辐评批		2020年1月 自主验收
		8		4号楼车间	[2018]12号	暂不配备 场地已做其他用途	

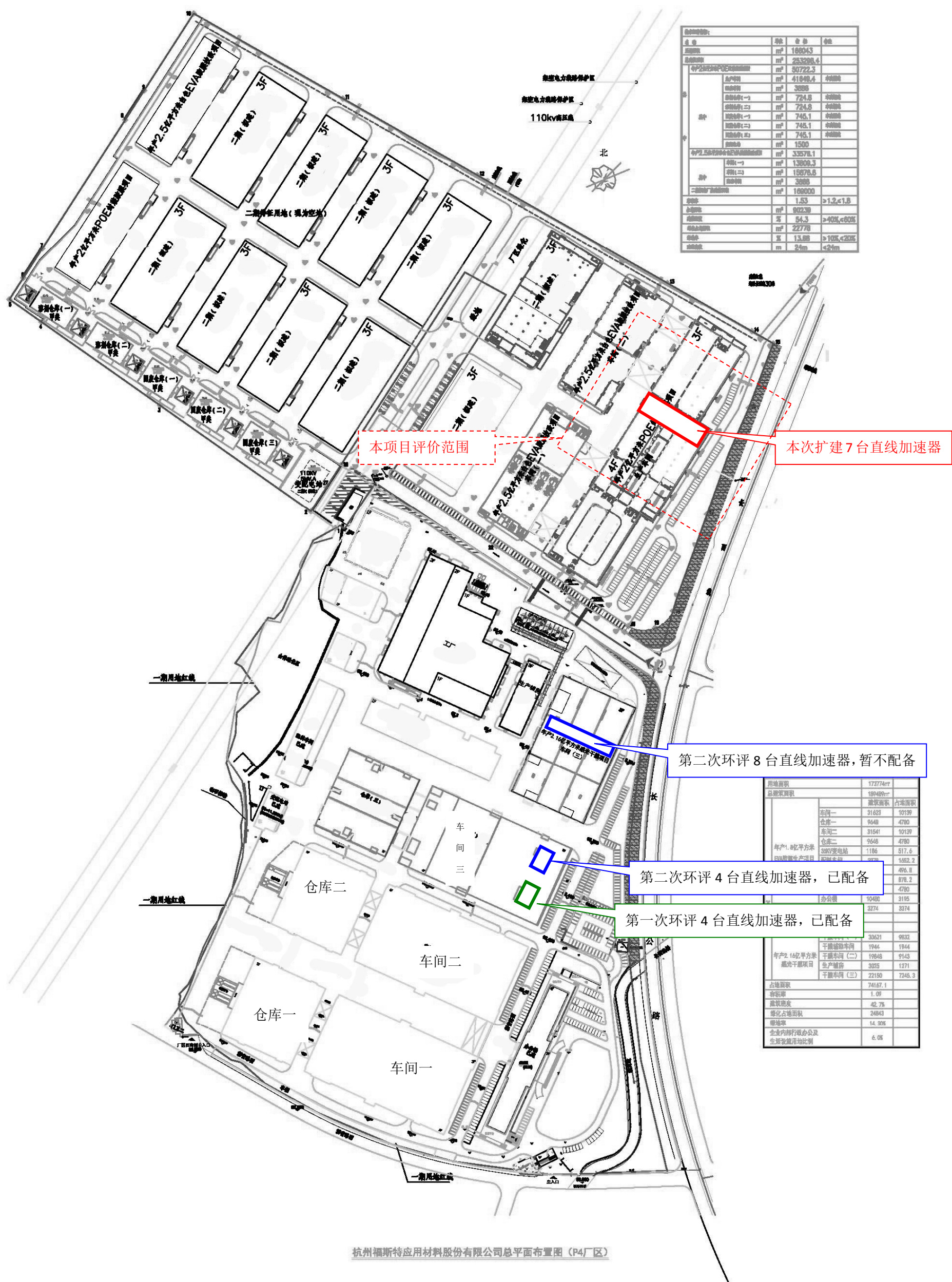


图 1-3 直线加速器扩建位置及公司总平面布置

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	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	直线加速器	II	8	自屏蔽式 AB500	电子	0.5 MeV	60mA	辐照改性	车间三	现有，已环评，已验收
2	直线加速器	II	8	自屏蔽式 AB500	电子	0.5 MeV	60mA	辐照改性	4 号楼车间	已环评，暂不配备
3	直线加速器	II	7	自屏蔽式 AB500	电子	0.5 MeV	60mA	辐照改性	POE 车间	本次环评

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
无	无	无	无	无	无	无	无	无

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，2018 年 12 月 29 日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（修订），2017 年 10 月； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号，2019 年修订，2019 年 3 月 2 日发布）； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），生态环境部令 16 号，2020 年 11 月修订； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原环境保护部令 47 号，2017 年 12 月 20 日修正；《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019 年修订版）》，2019 年 8 月 22 日公布并施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，国家环境保护部令 18 号，2011 年 5 月； (9) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，省人民政府令 364 号，2018 年 3 月 1 日； (10) 《浙江省辐射环境管理办法》，省人民政府令 289 号，2012 年 2 月； (11) 浙江省环保厅关于发布《省环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）》及《设区市环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发〔2015〕38 号，2015 年 9 月 23 日； (12) 《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019 年本）>的通知》（浙环发[2019]22 号）； (13) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号； (14) 《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》，生态环境部令 7 号，2019 年 8 月 22 日。
------	--

技术标准	《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 环境保护部。
其他	(1) 《杭州福斯特应用材料股份有限公司直线加速器应用项目环境影响评价文件审批意见》，杭环辐评批[2017]27号，2017年9月21日，见附件1； (2) 2018年3月自主验收意见，见附件2； (3) 《杭州福斯特应用材料股份有限公司直线加速器应用项目（扩建）环境影响评价文件审批意见》杭环辐评批[2018]12号，2018年6月19日，见附件3； (4) 《辐射安全许可证》浙环辐证[A3631]，见附件4； (5) 2020年1月自主验收意见，见附件5； (6) 情况说明，见附件6； (7) 《关于杭州福斯特应用材料股份有限公司年产2.0亿平方米POE封装胶膜项目环境影响报告表审查意见的函》临环审[2018]264号，2018年10月25日，见附件7； (8) 委托书，2020年9月21日，见附件8； (9) 《杭州福斯特应用材料股份有限公司直线加速器应用项目（扩建）辐射环境本底检测》HAJC20-09-0236，见附件9； (10) 《杭州福斯特应用材料股份有限公司直线加速器应用项目（扩建）辐射环境监测报告》（验收监测）HAJC20-01-0003，见附件10； (11) 辐射安全与防护培训，见附件11； (12) 个人剂量检测档案，见附件12； (13) 职业健康检查报告书，见附件13； (14) 2019年度的年度评估报告，见附件14； (15) 《辐射事故应急预案》，见附件15。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 根据本项目的特点,结合《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1—2016)的相关规定,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(无实体边界项目视具体情况而定,应不低于 100m 的范围)。 本项目为使用 II 类射线装置项目,该直线加速器为自屏蔽式直线加速器,以自屏蔽体周围 50m 范围为本项目的评价范围。																				
保护目标 环境保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员以及其他非辐射工作人员和公众成员,周围环境情况见表 7-1。 表 7-1 本项目周围环境保护目标 <table border="1"> <tr> <th>项目</th><th>方位</th><th>周围环境</th><th>保护目标</th></tr> <tr> <td rowspan="4">POE 车间 7 台直线加速器</td><td>东侧</td><td>厂区道路及长西线</td><td>公众成员</td></tr> <tr> <td>南侧</td><td>POE 车间</td><td>本项目辐射工作人员</td></tr> <tr> <td>西侧</td><td>厂区道路及车间(二)</td><td>公众成员</td></tr> <tr> <td>北侧</td><td>POE 车间</td><td>公众成员</td></tr> </table>				项目	方位	周围环境	保护目标	POE 车间 7 台直线加速器	东侧	厂区道路及长西线	公众成员	南侧	POE 车间	本项目辐射工作人员	西侧	厂区道路及车间(二)	公众成员	北侧	POE 车间	公众成员
项目	方位	周围环境	保护目标																	
POE 车间 7 台直线加速器	东侧	厂区道路及长西线	公众成员																	
	南侧	POE 车间	本项目辐射工作人员																	
	西侧	厂区道路及车间(二)	公众成员																	
	北侧	POE 车间	公众成员																	
评价标准 (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 4.3.3 防护与安全的最优化 4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射,应使防护与安全最优化,使得在考虑了经济和社会因素之后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平;这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。 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。

本项目取四分之一，即5 mSv 作为工作人员的辐射剂量约束值。

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。

本项目取十分之一，即0.1 mSv 作为公众成员的辐射剂量约束值。

（2）《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）

本规定适用于加速粒子的单核能量低于100MeV的粒子加速器（不包括医疗用加速器和象密封型中子管之类的可移动加速器）设施。

2.8 从事加速器工作的全体放射性工作人员，年人均剂量当量应低于5 mSv。

2.10 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等，对关键居民组的个人造成的有效剂量当量应低于每年0.1 mSv。

E.2.1 加速器设施内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于0.3mg/m³。

（3）《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）

本标准推荐了用于γ射线和电子束辐照装置的放射防护检测项目、频率、方法及评价的技术规范。

本标准适用于γ射线和能量小于或等于10MeV的电子加速器辐照装置。

沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率，应特别注意装源口、样品入口等可能的薄弱部位的测量。测量结果一般应不大于2.5 μGy/h。

（4）《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）

8.1.3 c) 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。

综合上述，本项目选取标准如下：

①以5mSv作为工作人员的辐射剂量约束值；

②以0.1mSv作为公众的辐射剂量约束值；

③工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于30cm处任何监测点的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h。

④本项目为自屏蔽式直线加速器，工作人员不进入加速器内部，因此加速器内不设置工作场所臭氧浓度标准。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 公司地理位置

杭州福斯特应用材料股份有限公司位于临安区高新技术产业园金马区块,公司东侧是长西线,南侧是福斯特街,西侧为空地,北侧为空地。

拟扩建的 7 台直线加速器位于二期 POE 车间,其东侧 50m 为长西线,南侧 50m 范围为 POE 车间,西侧 50m 范围为厂区道路及车间(二),北侧 50m 范围为 POE 车间。周围 50m 范围无环境敏感点,具体见图 1-3。

8.2 辐射环境背景检测

杭州福斯特应用材料股份有限公司直线加速器拟建址辐射环境质量背景水平采用委托检测的方法进行调查。建设单位于 2020 年 9 月委托湖州环安检测有限公司对该项目进行了辐射环境本底检测,检测报告编号:HAJC20-09-0236,见附件 9。

8.2.1 检测方案

评价对象:拟建址辐射环境背景水平。

检测因子:X- γ 射线空气吸收剂量率。

检测点位:直线加速器周围,重点考虑人员可能到达的场所,检测点位布置详见图 8-1。

8.2.2 质量保证措施

- ①合理布设检测点位,保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- ②检测方法采用国家有关部门颁布的标准,检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- ③检测仪器每年定期经计量部门检定,检定合格后方可使用。
- ④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常,并用检验源对仪器进行校验。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器,并做好记录。
- ⑥检测报告严格实行三级审核制度,经过校对、校核,最后由技术总负责人审定。

8.3 检测结果及评价

湖州环安检测有限公司于 2020 年 9 月 25 日对直线加速器扩建址及周边环境进行了背景水平检测,现场检测点位见图 8-1,检测结果见表 8-1。

由表 8-1 的检测结果可知,直线加速器拟建址周围各检测点位的 X- γ 辐射剂量率在 96~110nSv/h 之间,根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知杭州市室内的 γ 辐射剂量率在 56~443nSv/h 之间,可见其 γ 射剂量率处于一般本底水平,未见异常。

表 8-1 直线加速器拟建址及其周围辐射环境背景检测结果

检测点位	检测点位描述	辐射剂量率（nSv/h）	
		平均值	标准差
▲1	1 号加速器拟安装位置	105	11
▲2	2 号加速器拟安装位置	99	7
▲3	3 号加速器拟安装位置	106	7
▲4	4 号加速器拟安装位置	110	8
▲5	5 号加速器拟安装位置	103	8
▲6	6 号加速器拟安装位置	96	8
▲7	7 号加速器拟安装位置	105	9

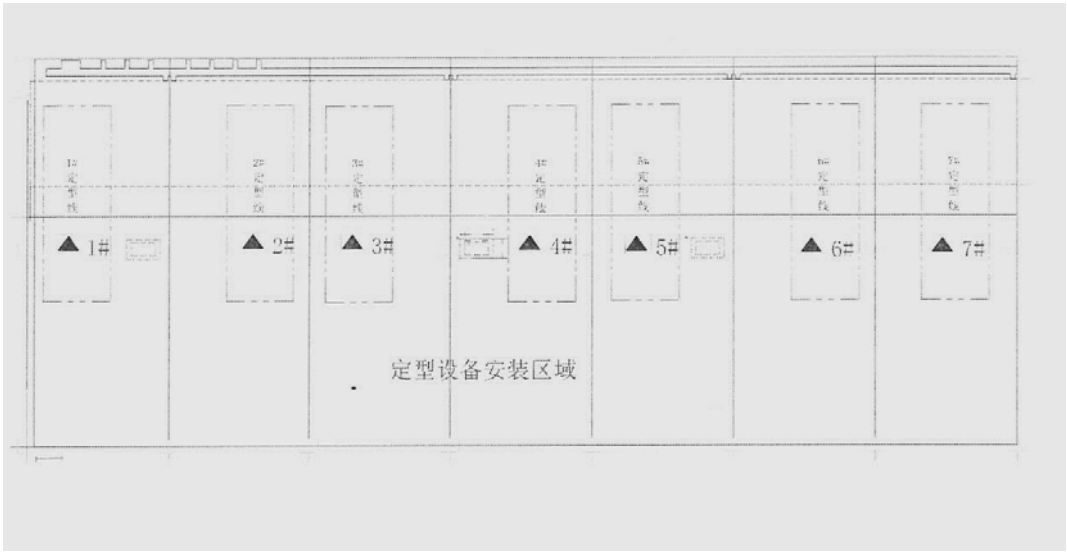


图 8-1 现场检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工作原理

电子加速器作为工业辐射源，利用其产生的电子束进行辐照加工已成为化工、电力、环保等行业生产的重要手段和工艺，是一种新的加工技术。

AB500 电子加速器主要组成部分包括：电子加速器主机、周边辅助设备、辐射防护和监测、高频振荡器、控制系统等。

高频振荡器的电子管、高频变压器和高频电极及其对钢筒、主体之间形成的电容组成一个高频振荡电路，它在两个射频电极之间产生 190KV 以上的高频电压。这一高频电压通过射频电极与主体上的耦合环之间的电容和主体上的整流盒组成并联耦合串联升压系统，在高压电极上产生极高的负直流高压。电子枪发出的电子流在负直流高压的作用下通过加速管时因被加速，成为高能电子。出加速管后经过聚焦和磁扫描器在水平方向进行扫描，然后穿出钛窗对产品进行辐照加工。钢筒内冲以氮气和二氧化碳混合气体以保证加速器的高电位梯度。

AB500 电子加速器的主体电路及总体结构如图 9-1、图 9-2。设备的主要技术指标见表 9-1。

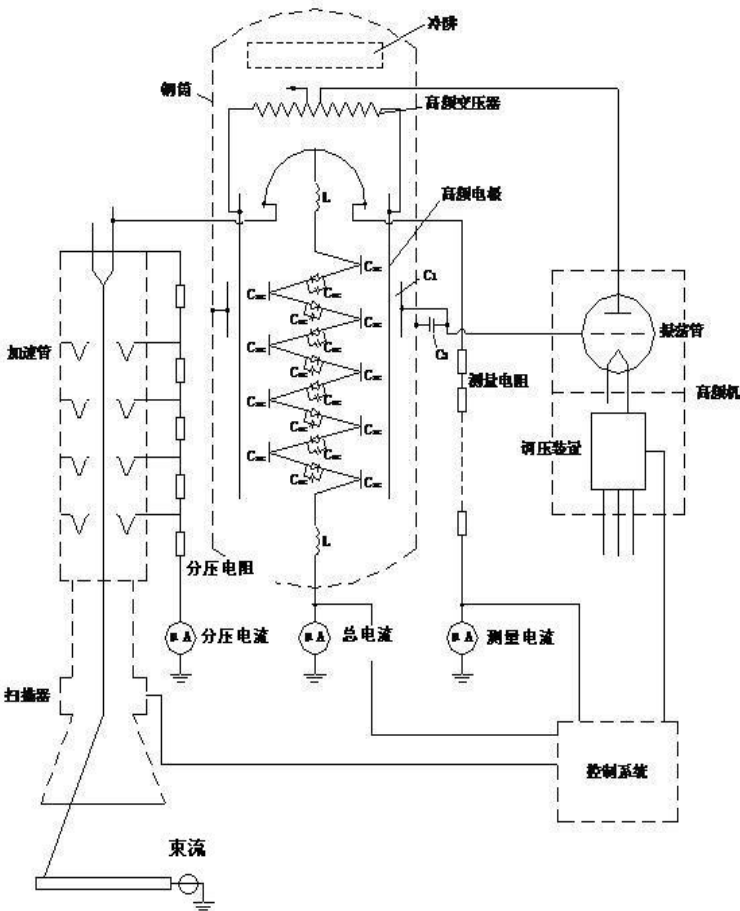


图 9-1 电子加速器主体电路简图

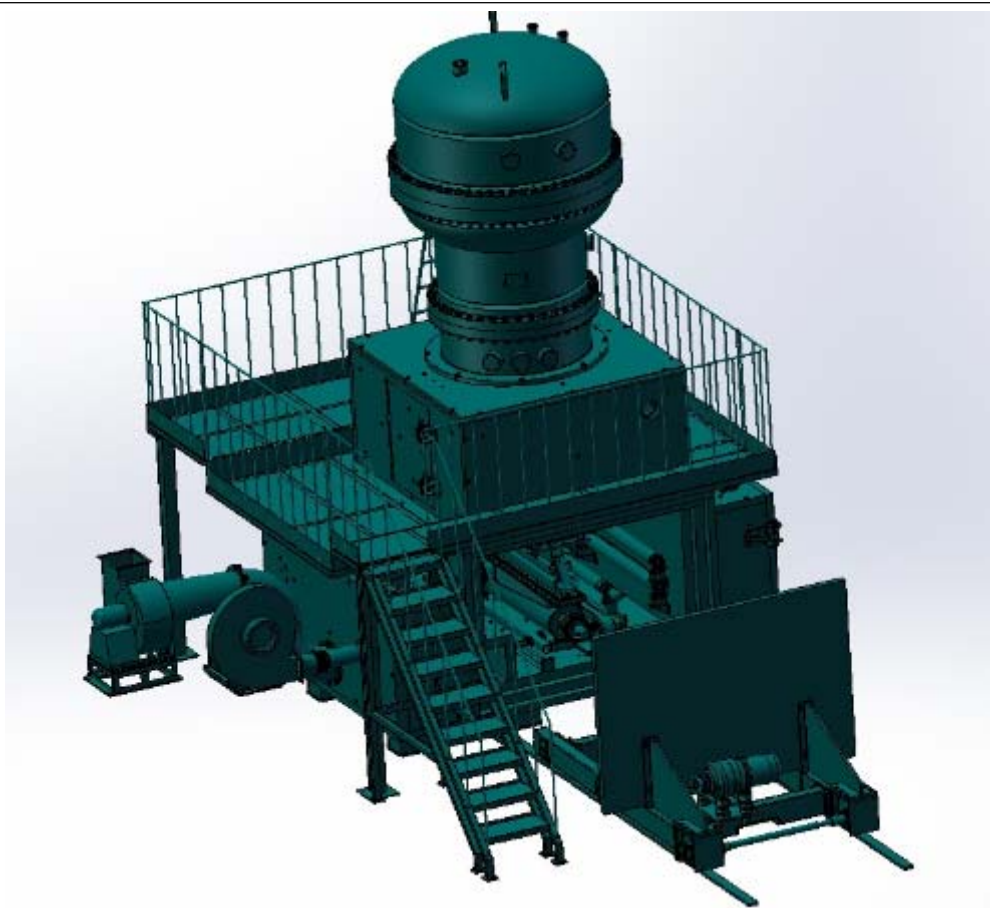


图 9-2 加速器总体结构

表 9-1 主要技术指标

序号	名称	技术指标	单位
1	额定电压	500	kV
2	电压调节范围	0~500	kV
3	额定电子束流	60	mA
4	电子束流调节范围	0.5~60	mA
5	电子扫描尺寸	1200	mm
6	能量不稳定度	≤±2% (电压上升或下降时除外)	
7	束流不稳定度	≤±2%	
8	扫描不均匀度	≤±2% (最终以客户的产品辐照测试结果验证)	
9	设备工作方式	连续	
10	电子枪灯丝使用寿命	5000	小时
11	负载工作下的真空度	优于 2.0×10^{-4}	Pa
12	泄漏剂量率	<2.5	μSv/h
13	设备外观及颜色	可按照厂方要求	

9.2 辐照过程

公司的辐照作业在直线加速器内进行，其过程如下：

将需要进行辐照加工的受照件（胶膜）从仓库中运至操作区，在操作区由工作人员将受照件放置在传送带上，受照件由产品进出通道上方进入辐照室受照位置接受辐照后，从产品进出通道下方送回，实现连续辐照工作，全部辐照结束后，操作区的工作人员对完成辐照的物品进行卸载，并运回仓库或装车。

污染源项描述

电子束：电子直线加速器在运行时，电子枪产生大量的电子，电子被加速后聚焦为一股束流。电子束的贯穿能力比较弱，0.5MeV 的电子在空气中的射程为 1.19m，在组织或水中的射程为 1.87mm，在铝中的射程为 0.59mm，极易屏蔽，因此，电子不是本项目考虑的污染因子。

X 射线：该公司使用的加速器发射的电子能量最大为 0.5MeV，在采用电子束辐照物品时，高能电子被物质阻挡产生轫致辐射，即 X 射线。X 射线具有较强的贯穿能力。该 X 射线是随加速器的开关而产生和消失。

臭氧：电子加速器运行时的初级射线会产生少量臭氧，该设备通过顶部负压通风系统，经厂房顶部外排。且本项目为自屏蔽式直线加速器，工作人员不进入加速器内部，因此加速器内不设置工作场所臭氧浓度标准。

因此，该公司的加速器开机期间，污染环境的主要因子为 X 射线。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

10.1 工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

（1）把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

（2）把未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划分为监督区。

根据控制区、监督区划分原则，公司对直线加速器工作场所实行分区管理：

①控制区：直线加速器自屏蔽体以内区域；

②监督区：直线加速器周围相邻的区域，如胶膜装卸区域及其它辅助房等区域。

10.2 相关环保设施

（1）屏蔽设计

根据 AB500 型电子加速器主机各系统功能及产生的各种漏、散射线，进行分区、有效屏蔽。

高压发生部分安装在壁厚 40mm 的钢筒内，各法兰接口设置承插台阶。

真空系统部分安装在一套钢板组合的屏蔽室内，板厚度：钢板 100mm，开合门与墙板、各钢板角交接为阶梯接口。

产品辐照室为一套钢板组合的屏蔽室，板厚度：钢板 280mm、304 不锈钢板 2mm，开合门与墙板、各钢板角交接为阶梯接口，各管道进出、风口均设计为迷道式。

其平面图、立面图、进膜出膜通道、开合门、通风管道等布置情况见图 10-1。

（2）防护设施

为了严防工作人员误入强辐射区，发生意外辐照事故，AB500 型电子加速器设置了一系列安全装置。

①警告信号

在电子加速器主机显著位置设有三色显示灯：

红灯：加速器正在运行，不得进入控制区；

黄灯：加速器处于预备工作状态，不得打开屏蔽所有门；

绿灯：加速器停止运行，无动态辐照。

②警灯蜂鸣器提示

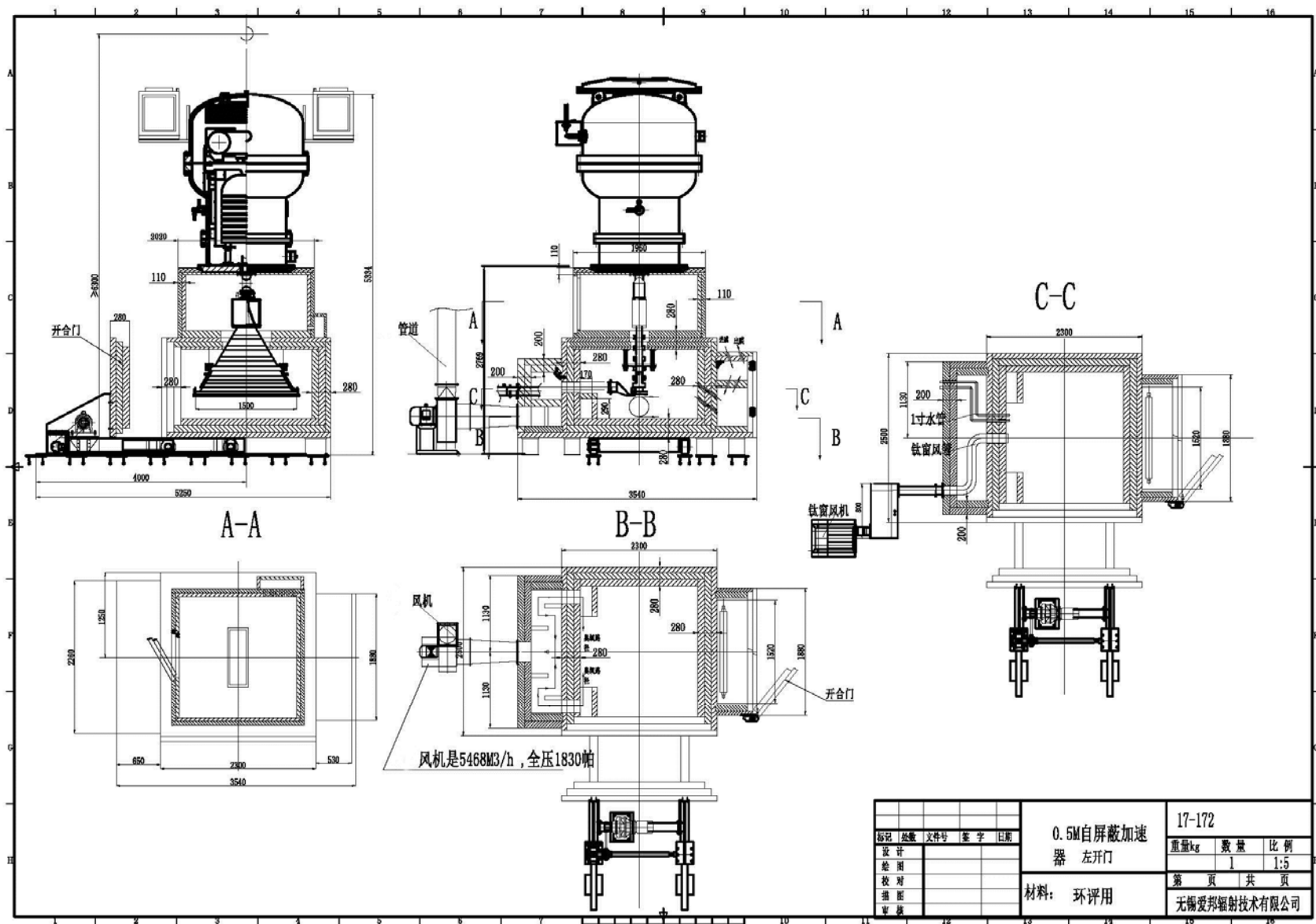


图 10-1 加速器布局图

在辐照室屏蔽移门打开或关闭时，发出声光报警，通知人员撤离；

加速器正式启动前，自动向工作区域内发出声光报警，通知人员迅速撤离；

若有滞留人员，可按动附近的紧急按钮，禁止加速器运行，保证自身安全。

③联锁开关

触点联锁：屏蔽主体的辐照室移门、产品进出门、真空机组室门、平台入口门都设置了门触点联锁，如果某一防护门关闭不到位时，不能开机，防止辐射泄漏。电子加速器运行中，某一防护门有开启动作，加速器瞬间紧急停止运行。

急停按钮：在辐照室移门附近、屏蔽体平台、控制系统主柜、控制操作台、振荡器操作站配有急停按钮，以备紧急状态时应用，当工作人员发现任何有安全危险时，按动急停按钮，即可立刻使加速器停止运行。

④检修维护

加速器每年由厂家有资质人员进行检修维护，确保正常工作运行。

（3）防护用品

①每台仪器至少配备一名辐射工作人员，所有的辐射工作人员均应配备个人剂量计，个人剂量仪每 3 个月到相关部门检测一次，并建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量检测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

②每台加速器配备一台在线监测报警仪。

③每个车间配备 1 台辐射剂量巡检仪。

三废的治理

本项目的主要污染因子为 X 射线和臭氧。

X 射线：通过自屏蔽体进行屏蔽。根据理论计算结果，该公司从事辐射操作的工作人员、公众成员受到的年附加有效剂量当量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应的剂量管理限值（5mSv、0.1mSv），符合“剂量约束值”的要求。

废气：AB500 电子加速器设计了强力排风系统：在辐照室内布置了 2 条风道，高压离线风机抽取辐照室内产生的臭氧等有害气体，向高空排放，臭氧在大气经过稀释分解成氧气，不会对环境产生影响。且本项目为自屏蔽式直线加速器，工作人员不进入加速器内部，也不会受到臭氧影响。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

直线加速器只有在开机过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在建设过程中直线加速器未通电运行，在贮存过程中也不进行辐照操作，故建设期或贮存期不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

运行阶段对环境的影响

本次评价采用类比监测的评价方法来预测本项目直线加速器建成运行后的辐射环境影响。

(1) 类比监测

类比对象选取该公司已经投入运行，并且通过竣工验收的 4 台同型号直线加速器。类比项目与本项目同型号，设备参数、建造大小及屏蔽方案均一致，因而具有较好的可类比性。

类比监测时开机工况为加速器束流能量 0.5MeV，流强 21mA，为正常开机工况。且射线的穿透能力仅与束流能量 0.5MeV 有关，因而可以用该运行工况进行类比。类比监测结果见表 11-1，类比监测点位示意图见图 11-1。类比数据取自该公司竣工验收报告（见附件 10）。

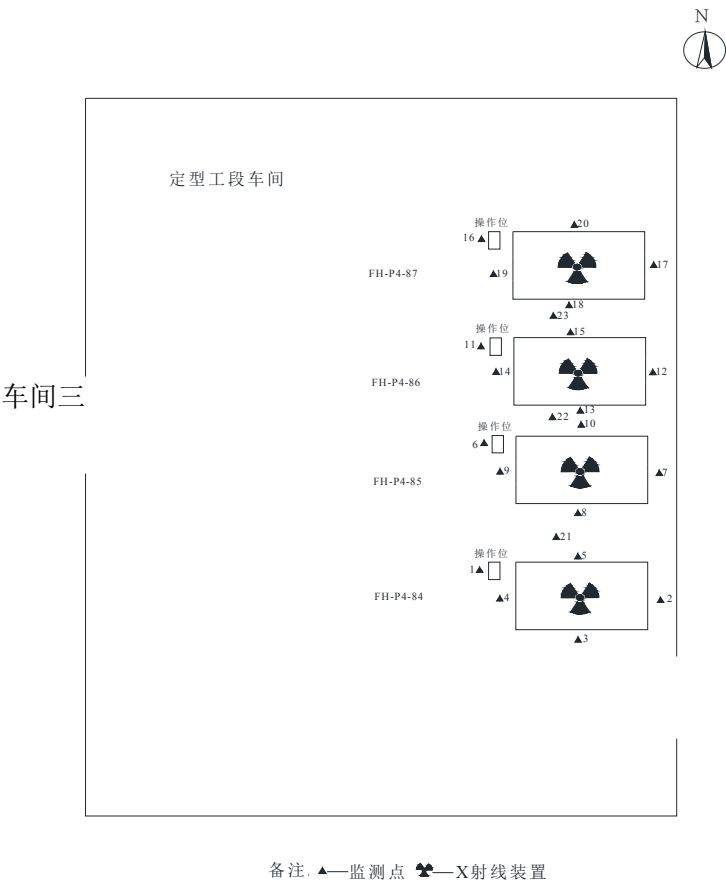


图 11-1 类比监测点位示意图

表 11-1 加速器运行时辐照室周围各监测点位辐射剂量当量率监测结果

(1) 高频高压电子加速器（设备编号：18-168）X 射线剂量率监测结果：

检测条件：0.5MeV、21mA 检测地点：定型工段车间 FH-P4-84 线

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
1	工作人员操作位	118	7	128	4
2	高频高压电子加速器 （东侧）外表面 30cm	124	6	264	9
3	高频高压电子加速器 （南侧）外表面 30cm	121	7	266	6
4	高频高压电子加速器 （西侧）外表面 30cm	119	7	0.32×10 ³	0.01×10 ³
5	高频高压电子加速器 （北侧）外表面 30cm	122	7	0.31×10 ³	0.01×10 ³

(2) 高频高压电子加速器（设备编号：18-169）X 射线剂量率监测结果：

检测条件：0.5MeV、21mA 检测地点：定型工段车间 FH-P4-85 线

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
6	工作人员操作位	118	7	122	6
7	高频高压电子加速器 （东侧）外表面 30cm	122	5	261	9
8	高频高压电子加速器 （南侧）外表面 30cm	121	6	238	11
9	高频高压电子加速器 （西侧）外表面 30cm	124	6	247	9
10	高频高压电子加速器 （北侧）外表面 30cm	121	8	0.31×10 ³	0.01×10 ³

(3) 高频高压电子加速器（设备编号：18-170）X 射线剂量率监测结果：

检测条件：0.5MeV、21mA 检测地点：定型工段车间 FH-P4-86 线

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
11	工作人员操作位	120	5	116	5
12	高频高压电子加速器（东侧）外表面 30cm	123	5	252	7
13	高频高压电子加速器（南侧）外表面 30cm	121	6	252	6
14	高频高压电子加速器（西侧）外表面 30cm	125	6	0.31×10^3	0.01×10^3
15	高频高压电子加速器（北侧）外表面 30cm	121	6	0.30×10^3	0.01×10^3

(4) 高频高压电子加速器（设备编号：18-171）X 射线剂量率监测结果：

检测条件：0.5MeV、21mA 检测地点：定型工段车间 FH-P4-87 线

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
16	工作人员操作位	119	7	121	7
17	高频高压电子加速器（东侧）外表面 30cm	120	6	286	10
18	高频高压电子加速器（南侧）外表面 30cm	122	7	285	6
19	高频高压电子加速器（西侧）外表面 30cm	117	5	283	10
20	高频高压电子加速器（北侧）外表面 30cm	122	7	276	9

(5) 四台设备同时运行时公共区域检测结果：

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
21	18-168~18-169 高频高压电子加速器公共区域	124	6	211	11
22	18-169~18-170 高频高压电子加速器公共区域	122	6	212	13
23	18-170~18-171 高频高压电子加速器公共区域	122	6	213	14

由表 11-1 可知：加速器开机时辐照室周围各监测点位的辐射剂量当量率在 0.116~0.32μSv/h 范围内，关机时各监测点位的辐射剂量当量率在 0.117~0.125μSv/h，加速器的开关时辐射剂量当量率均在环境本底范围内波动。

验收检测时，先在加速器每侧表面进行巡测，选取辐射剂量当量率最高的点位进行记录，测量的为巡测最大值，该最大值已考虑了电缆（线）孔的检测，其周围辐射剂量当量率，符合“工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

加速器是呈“一字型”排列的，2 台加速器之间有共同区域。多台加速器之间，也仅存在 2 台加速器间的共同区域（即不存在 3 台及以上加速器的共有区域），即便加速器数量不一致，由于“一字型”排列关系，也只存在 2 台加速器间有共有区域的情况。因此可以用类比项目的 4 台加速器，类比本项目 7 台加速器的运行情况。

由 21-23 号监测点位可知，类比项目的 2 台加速器之间的共同区域，剂量当量率在 0.211~0.213μSv/h 之间，小于加速器表面的剂量当量率。由此可知，本项目 7 台加速器同时运行时，其共同的区域，剂量当量率也将小于加速器表面的剂量当量率，符合“工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

（2）预测分析

通过对该公司原有在用的 4 台直线加速器的类比监测结果，可以保守估算出本项目辐射工作人员及公众成员所受到的照射剂量。

1、估算公式

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

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 10^{-3} (mSv)$$

式中：H_{Er}:射线外照射人均年有效剂量当量；

D_r:射线空气吸收剂量率，μSv/h；

t:射线照射时间，h；

2、估算结果

（1）辐射工作人员

根据现场监测结果，结合该公司现场实际情况，开机后辐照室周边警戒线内严禁人员靠近，操作人员在操作位操作，操作位开机前后 X-γ辐射剂量率几乎没有变化，所以工作人员附加年有

效剂量可以忽略不计。

另外公司委托有资质的单位进行个人剂量检测，8 名辐射工作人员个人剂量均未超过季度参考值 1.25mSv，其个人剂量检测档案见附件 12。

由现场监测结果和个人剂量检测结果可知，该公司辐照室周围各监测点 X 射线辐射水平均符合《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求。

（2）公众人员

加速器位于公司 POE 车间，因公司有严格的辐射管理制度，并在辐照室防护门外和工作位外设置了警示牌，辐照室外墙 1 米处设置了警示线，非辐射工作人员一般不进入该区域内。另管理人员到工作场所检查指导工作的时间较短，因此公众成员所接受的附加年有效剂量可忽略不计。

事故影响分析

公司使用的射线装置属 II 类射线装置，可能的事故工况主要有以下情况：

直线加速器辐照时，辐射工作人员误入控制区、公众人员误入监督区和控制区，受到辐射照射。

为了杜绝事故发生，公司在从事辐照工作时，严格落实工作流程、监督区和控制区的划分要求，并加强管理，严防无关人员误入探伤区域，确保安全。

发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 公司已制定《放射防护安全管理机构及职责》。内容包括： ①确定本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。 ②辐射防护领导机构规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。 ③辐射防护领导机构加强监督管理，切实保证医院各项规章制度的实施。
辐射安全管理规章制度 在历年运行中，公司已制定《安全操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《仪器使用登记制度》、《探伤作业安全管理规定》、《自行检查制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射事故应急方案》等制度，并办理了《辐射安全许可证》浙环辐证[A3631]，许可的种类和范围是使用Ⅱ类射线装置，有效期至 2024 年 01 月 22（见附件 4），主要开展室内探伤业务。 历年运行中，公司能够较好的落实各项规章制，现有的 8 名辐射工作人员也均进行了辐射安全与防护培训学习（合格证书见附件 11）和职业健康检查（见附件 13），同时公司也进行了年度评估，2019 年年度评估报告见附件 14。 本次扩建相同型号的直线加速器项目，也是使用Ⅱ类射线装置，现有的管理机构和各项规章制度基本满足相关法律、法规要求。
12.3 辐射检测 一、环境检测及场所检测 公司须定期（每年 1 次）请有资质的单位对直线加速器周围环境进行检测，并建立检测技术档案。检测数据每年年底向当地环保局上报备案。 （1）检测频度：每年常规检测一次。 （2）检测范围：围绕辐照室移门上方、产品进出通道、真空机组室门侧面等人员可近距离接触直线加速器等地方。 （3）检测项目：X-γ辐射剂量率。 （4）检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

二、个人剂量检测及职业健康检查

(1) 公司现有的 8 名辐射工作人员均已参加有资质单位的辐射防护培训，经考核合格并取得上岗证（见附件 11）。

(2) 公司现有的 8 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量仪每 3 个月到相关部门检测一次，并建立了个人剂量档案（见附件 12）。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量检测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

(3) 放射工作单位已组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查（见附件 13），两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对于新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗；在本单位从事过辐射工作的人员在离开工作岗位时也要进行健康检查。

每台加速器每天工作时间为 8 小时，每年开机工作 200 天。按每台加速器配备 1 名辐射工作人员的管理要求，本项目扩建后，需新增 7 名辐射工作人员，要求新增的辐射工作人员也参加“核技术利用辐射安全与防护考核”、建立个人剂量档案和职业健康档案。

该公司第二次环评有 8 台加速器，由于其位置已用于其他用途，暂未有配备计划，若在环评批复 5 年内（至 2023 年 6 月 18 日）配备加速器，则也需按每台加速器配备 1 名辐射工作人员的要求进行管理，要求新增的辐射工作人员参加“核技术利用辐射安全与防护考核”、建立个人剂量档案和职业健康档案。

12.4 辐射事故应急

本项目为使用 II 类射线装置项目，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，公司已制定《辐射事故应急方案》，见附件 15。

结合公司的实际情况，应急方案应包括下列内容：

- (一) 应急机构和职责分工；
- (二) 应急人员的组织、培训以及应急；
- (三) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施；
- (四) 应急方案已明确应急的具体人员和联系电话。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

- (五) 辐射事故调查、报告和处理程序。

表 13 结论与建议

13.1 代价利益分析

杭州福斯特应用材料股份有限公司配置直线加速器目的是为了实现胶膜橡胶硫化、热收缩，改善胶膜性能。直线加速器运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合剂量约束值的要求，因而，只要按规范操作，该公司使用直线加速器是符合辐射防护“正当实践”原则。因此，该项目使用直线加速器的目的是正当可行的。

13.2 主要污染因子及辐射环境影响评价

根据污染源描述，本项目的主要污染因子为 X 射线，其次为臭氧。

X 射线：根据类比结果，公司辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《粒子加速器辐射防护规定》、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》中规定的剂量约束值低于 5mSv 和 0.1mSv 的要求。

废气：经强力排风系统，向高空排放，不会对环境产生影响。

13.3 辐射环境管理制度

在历年运行中，公司已制定《安全操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《仪器使用登记制度》、《探伤作业安全管理规定》、《自行检查制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射事故应急方案》等制度，并办理了《辐射安全许可证》。

本次扩建室内探伤项目，也是使用 II 类射线装置，现有的管理机构和各项规章制度基本满足相关法律、法规要求。

13.4 安全培训及健康管理

公司现有 8 名辐射工作人员，均建立了个人剂量档案和职业健康档案，并取得了上岗证。

按每台加速器配备 1 名辐射工作人员的管理要求，本项目扩建后，需新增 7 名辐射工作人员，要求新增的辐射工作人员也参加“核技术利用辐射安全与防护考核”、建立个人剂量档案和职业健康档案。

该公司第二次环评有 8 台加速器，由于其位置已用于其他用途，暂未有配备计划，若在环评批复 5 年内（至 2023 年 6 月 18 日）配备加速器，则也需按每台加速器配备 1 名辐射工作人员的要求进行管理。

13.5 结论

综上所述，杭州福斯特应用材料股份有限公司扩建 7 台直线加速器项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，该公司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，其运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境

保护角度论证，该项目的建设是可行的。

建议和承诺

（1）环评报批后，公司需及时向环境保护主管部门换领《辐射安全许可证》。

（2）建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

（3）建设单位不具备编制验收监测报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。

（4）建议进一步加强辐射项目规划和辐射安全管理。

14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

年 月 日

经办人

审批意见:

公 章

年 月 日

经办人