

核技术利用建设项目

浙江物产中大线缆有限公司
工业辐照电子加速器应用项目
环境影响报告表

(报批稿)

浙江物产中大线缆有限公司

2020年7月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	5
表 3 非密封性放射物质.....	5
表 4 射线装置.....	6
表 5 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.....	17
表 9 项目工程分析与源项.....	20
表 10 辐射安全与防护.....	25
表 11 环境影响分析.....	32
表 12 辐射安全管理.....	51
表 13 结论与建议.....	57
表 14 审批.....	60

附图

附件

附表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江物产中大线缆有限公司工业辐照电子加速器应用项目			
建设单位		浙江物产中大线缆有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省湖州市德清县乾元镇明星村			
项目建设地点		浙江省湖州市德清县乾元镇明星村			
立项审批部门		——	批准文号	——	
建设项目总投资(万元)		800	项目环保投资(万元)	60	投资比例(环保投资/总投资) 7.5%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	约 590
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他					
<p>1.1 项目建设概况</p> <p>物产中大集团计划投资 65 亿元，成立浙江物产中大线缆有限公司，于德清县乾元镇明星村新增土地 675 亩，新建标准厂房及办公楼等约 67.5 万平方米，购置拉丝机、绞丝机、挤塑设备、成缆设备等，实施年产 335000km 电线电缆项目。主要从事电线电缆及原辅材料生产、销售。该生产项目环评于 2018 年 12 月通过德清县环保局审批。详见附件 2。</p> <p>1.2 项目建设目的和任务由来</p> <p>公司拟在西侧厂区内一楼新增 3 台加速器机房，配置能量分别 1.5MeV、2.0MeV、3.0MeV 的高频高压电子加速器，对电线电缆辐照交联。本项目辐照交联工艺主要针对特种电缆，辐照交联工艺可改变防腐材料的分子结构，使生产的电缆具有优异的机械物</p>					

理性能，耐环境应力开裂性能好，有优良的耐磨性。并具有耐各种化学溶剂，耐高温，有良好的电气性能等。

根据原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，辐照用加速器属于 II 类射线装置。对照原环境保护部令第 44 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》及生态环境部令第 1 号《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，本项目属于五十、核与辐射：191、核技术利用建设项目。本项目为使用 II 类射线装置，应编制辐射环境影响报告表，并向有权限的生态环境部门申领辐射安全许可证。

为保护环境，保障公众健康，浙江物产中大线缆有限公司委托浙江问鼎环境工程有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、监测、收集有关资料等工作，结合本项目特点，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）的相关要求，编制完成了本项目的辐射环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.3 项目建设内容及规模

公司拟在西侧厂区一层车间内新建 3 台加速器机房，分别配置 1.5MeV、2.0MeV、3.0MeV 的高频高压电子加速器，用于各类功能性高分子材料的辐照改性，详见表 1-1。

表 1-1 工程组成一览表

辐照装置名称	类别	型号	数量	主要技术参数	工作场所名称	用途	备注
电子加速器 (卧式, 半自屏蔽)	II 类	DDLH1.5/60-1600	1 台	能量: 1.5MeV 束流: 60mA	辐照室	辐照改性	束流损失率为 1%, 束流损失点能量为最大能量的 10%
电子加速器 (卧式, 半自屏蔽)	II 类	DDLH2.0/50-1600	1 台	能量: 2.0MeV 束流: 50mA	辐照室	辐照改性	
电子加速器 (立式)	II 类	DD3.0/30-1200	1 台	能量: 3.0MeV 束流: 30mA	辐照室	辐照改性	

1.4 评价目的

1、对该公司拟建电子加速器地址进行辐射环境本底水平检测，以掌握该拟建地的辐射环境背景水平；

2、通过理论计算方法，对拟建电子加速器作业时对周围辐射环境影响进行预测评价；

3、对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

4、提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目运行期辐射环境保护管理提供科学依据。

1.5 项目选址和周边环境保护目标

1.5.1 企业地理位置

浙江物产中大线缆有限公司位于德清县乾元镇明星村。企业设有东、西两个厂区，本项目位于西厂区一层车间内。西厂区周围环境状况如下：

西厂区东侧为德清诺贝尔陶瓷有限公司；南侧为乌牛山路，隔路为浙江东成生物科技股份有限公司；西侧为中天集团建筑产业园；北侧为龙溪。项目地理位置见附图 1。



图 1-1 项目周围环境状况图

1.5.2 加速器机房位置

本项目加速器机房位于生产车间的东侧偏北。该车间所属建筑的结构为地上一层。加速器机房由上下两部分组成，其中下层为辐照室，上层为主机室、控制室与辅助设备机组。加速器机房东侧为德清诺贝尔陶瓷有限公司（距辐照室最近距离 150m），南侧和西侧均为生产车间，北侧为厂区道路，以北为本公司其他生产车间。加速器机房所在车间一层平面布局见附图 5。

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 非密封性放射物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流(mA)/ 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II类	1	DDLH1.5/60-1600	电子	1.5	60	工业辐照	辐照室	——
2	电子加速器	II类	1	DDLH2.0/50-1600	电子	2.0	50	工业辐照	辐照室	——
3	电子加速器	II类	1	DD3.0/30-1200	电子	3.0	30	工业辐照	辐照室	——
	以下空白									

(二) X射线，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(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

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	—	—	少量	少量	少量	不暂存	排入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
以下空白								

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订本），2015年1月1日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订本），2018年12月29日实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019修订），国务院令 第709号，2019年3月2日；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第682号令，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》（修订本），中华人民共和国环境保护部令第3号，2017年12月20日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部第18号令，2011年5月1日起实施；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2016年修订）》，原环境保护部令第44号，2017年9月1日起实行；</p> <p>(9) 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》，生态环境部令第1号，2018年4月28日起实施。</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告2017年第66号，2017年12月5日实施；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环境保护总局，环发（2006）145号，2006年9月26日起实施；</p> <p>(12) 《浙江省辐射环境管理办法》，浙江省人民政府令第289号，2012年2月1日起实施；</p> <p>(13) 关于发布《省环境保护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日起实施。</p> <p>(14) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，浙江省人民政府令第364号，2018年3月1日起实施。</p>
------------------	--

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(5) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）；</p> <p>(6) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）</p> <p>(7) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）；</p> <p>(8) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；</p> <p>(9) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）；</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其2018年修改单。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 项目委托书，见附件1；</p> <p>(2) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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》（HJ10.1-2016）中“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”等相关规定，确定本项目评价范围为辐照室边界外 50m 范围内区域，评价范围图见附图 2。

7.2 保护目标

本项目主要考虑电子加速器工作时产生的 X 射线可能对周围环境产生的辐射影响。经现场踏勘，拟建辐照室边界外 50m 范围内主要为厂区内生产车间和东侧厂区外道路，无居民点和学校等环境敏感点。因此，本项目环境保护目标为辐照室周围活动的辐射工作人员、辐射工作场所周边的其他非辐射工作人员和公众成员，详细情况见表 7-1。

表 7-1 项目环评范围内主要关注对象一览表

场所位置	保护对象		人数	与辐照室相对方位	与辐照室相对距离	年剂量约束值
加速器机房	职业人员	辐射工作人员	12 人	四周	相邻	5mSv
	公众成员	其他非辐射工作人员	—	四周	0~50m	0.1mSv
		普通公众	—	—	0~50m	

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

(1) 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）。

4.3.3.2 防护与安全最优化的过程，可以从直观的定性分析一直到使用辅助决策技术的定量分析，但均应以某种适当的方法将一切有关因素加以考虑，以实现下列目标：

- a) 相对于主导情况确定出最优化的防护与安全措施，确定这些措施时应考虑可供利

用的防护与安全选择以及照射的性质、大小和可能性；

b) 根据最优化的结果制定相应的准则，据以采取预防事故和减轻事故后果的措施，从而限制照射的大小及受照的可能性。

(2) 剂量限值

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

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；

本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

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；

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

2、《粒子加速器辐射防护标准》（GB5172-1985）

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 5mSv。

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 0.1mSv。

3.3 辐射安全系统

3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。

3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装连锁装置，只有门关闭后才能产生辐射。

3.3.3 在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点，应安装紧急停机或紧急断束开关，

并且这种开关应当有醒目的标志。

3.3.4 在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或螺旋式红色警告灯及音响警告装置，在通往辐射区的走廊，出入口和控制台上须安装工作状态指示灯。

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

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

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

3.4 通风系统

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

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

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

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

3、《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）

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

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

5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下：距辐照室各屏蔽墙和出入口外 30cm 处。

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

5.1.4.3 测量结果应符合 GB 17279 第 5 条（即“对监督区，在距屏蔽体的可达界面

30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ”）。

4、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）

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

8.1.3 辐射防护安全要求

辐射防护安全要求如下：

- a) 辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应高于 C20，密度不低于 2.35g/cm^3 ；
- b) 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商的土建工艺指导数据；
- c) 监督区的辐射剂量水平应符合 GB18871-2002 和 GB5172-85 中的职业照射剂量限值要求；在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量限值为 5mSv，公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv；
- d) 控制区必须设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设置；
- e) 控制区和监督区及其入口处应设置电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志；
- f) 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备；
- 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。

5、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）

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

4.1.2 辐射工作场所的分区

按照 GB18871 的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：

控制区，如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；

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

4.2.1 辐射防护原则

(3) 个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束限值规定为：

a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；

b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处级以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 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。

6 电子加速器辐照装置的安全设计

6.1 联锁要求

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

安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。

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

6.2 安全设施

(1) 钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用；

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

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

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

(5) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器

开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留；

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

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

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

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

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

6.3 其他要求

6.3.1 电气系统

(1) 必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。

(2) 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。

(3) 各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。

(4) 凡有高压危险的部位，应设置高压联锁、高压放电保护装置。

6.3.2 给水系统

(1) 应根据加速器装置总用水要求，提供有一定裕量的水流量和水压。

(2) 根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计

6.3.3 通风系统。

(1) 主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓

度满足 GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。

(2) 臭氧的产生和排放，其计算模式和参数见附录 B。

(3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。

(4) 排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。

6.3.4 防火系统

辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。

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电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处级以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h。

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 项目地理和场所位置

浙江物产中大线缆有限公司位于德清县乾元镇明星村。企业设有东、西两个厂区，本项目位于西厂区一层车间内。西厂区周围环境状况如下：

西厂区东侧为德清诺贝尔陶瓷有限公司；南侧为乌牛山路，隔路为浙江东成生物科技股份有限公司；西侧为中天集团建筑产业园；北侧为龙溪。项目周围 50m 范围内无居民点等敏感点。本次评价辐射场所主要位于项目厂区东侧偏北。

项目周边环境图见附图 2，项目周边实景图见附图 3，厂区平面布置图见附图 4。

8.2 环境质量和辐射现状

为了掌握企业拟建辐射装置安装场地的辐射环境背景水平，为辐射环境影响评价提供基础数据，委托湖州环安检测有限公司于 2020 年 6 月 15 日对项目拟建厂址及周边环境进行了辐射环境背景监测。检测报告见附件 3。

1、监测因子

X- γ 辐射剂量率。

2、监测布点

根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）等要求，结合现场条件，对本项目加速器机房拟建址及周围进行监测布点，共布设 5 个监测点位，具体见图 8-1。

3、监测仪器及规范

监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

项目	内容
仪器名称	X、 γ 辐射剂量率仪
型号规格	AT1121
仪器编号	2018003
量程	50nSv/h~10nSv/h、10nSv~10Sv
校准有效期	2019.11.20-2020.11.19

4、质量保证措施

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

4、监测结果

表 8-2 拟建辐照室 X- γ 辐射剂量率背景值监测结果

检测点编号	检测点位置	辐射剂量率 (nSv/h)	
		平均值	标准偏差
▲1	项目东侧	104	3
▲2	项目南侧	98	3
▲3	项目西侧	101	2
▲4	项目北侧	105	3
▲5	加速器机房拟建址中间	96	4

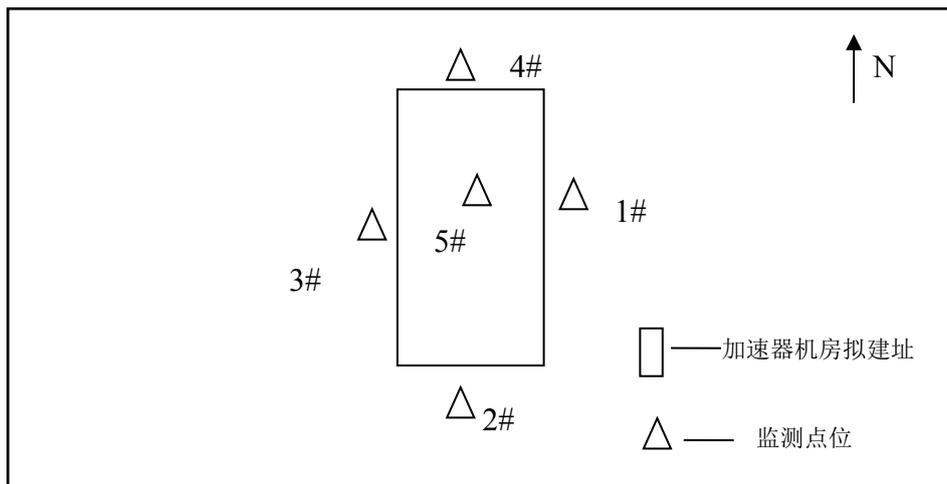


图 8-1 环境现状监测布点图

5、现状监测评价

由表 8-1 监测结果可知，加速器拟建址及厂界 γ 辐射剂量率在 96~105nGy/h 之间，

根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，湖州市 γ 辐射剂量率在 40~170nGy/h 之间。可见，本拟建址各检测点位地表 γ 辐射剂量率在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工艺设备和工艺分析

9.1.1 电子加速器主要技术参数

本项目拟购的 1 台 1.5MeV、1 台 2.0MeV 和 1 台 3.0MeV 工业电子加速器，按照中华人民共和国国务院第 709 号令《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年修订）和环境保护部、国家卫生和计划生育委员会第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》的相关规定，属于 II 类射线装置。

本项目拟购电子加速器主要技术参数见表 9-1。

表9-1 工程组成一览表

设备名称	型号	数量 (台)	主要技术参 数	最大束流 功率	电子束最大 扫面宽度	主束流方向
电子加速器	DDLH1.5/6 0-1600	1	1.5MeV、 60mA	90kW	1600mm	定向，朝向 地面
电子加速器	DDLH2.0/5 0-1600	1	2.0MeV、 50mA	100kW	1600mm	定向，朝向 地面
电子加速器	DD3.0/30-1 200	1	3.0MeV、 30mA	90kW	1200mm	定向，朝向 地面

拟配备的 DD2.0-50/1600 型和 DD1.5-60/1600 型电子加速器均为卧式结构，将主电源与加速器分成两体成直角联接，加速器主体采用自屏蔽结构，仅需建设辐照室，主体钢筒外观见图 9-1；拟配备的 DD3.0/30-1200 型电子加速器为直立型结构，配建辐照室及主机室，直立型加速器结构图详见图 9-2。



图 9-1 卧式加速器主体钢筒图



图 9-2 直立型加速器结构图

9.1.2 电子加速器组成

DD 型加速器主机部分由直流高压发生器、电子束流加速系统、钢筒、扫描引出系统组成，辅机部分由真空抽气系统、六氟化硫（SF₆）绝缘气体系统、水冷却循环装置、辐射安全联锁系统、计算机控制系统以及束下传输系统等系统组成。

本项目使用的加速器主机 2 台为卧式安装、1 台为立式安装，主机安装于上层的主机室及钢筒内，扫描盒穿过主机室地板上的孔洞，伸入下层的辐照室内照射。

9.1.3 电子加速器工作原理

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。加速器基本工作原理是：电子束从电子枪阴极发射，通过加速管中的高压电场获得加速，最终从扫描引出装置出束到大气中；辐照样品经过传动系统被传送到扫描窗下进行辐照加工。它最大的特点是基于感应耦合（即变压器原理）的级联高压发生器所产生的电场来加速电子。

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、高频变压器和高压电极及其对钢筒、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。

DD 型加速器的高压倍加原理图见图 9-3。

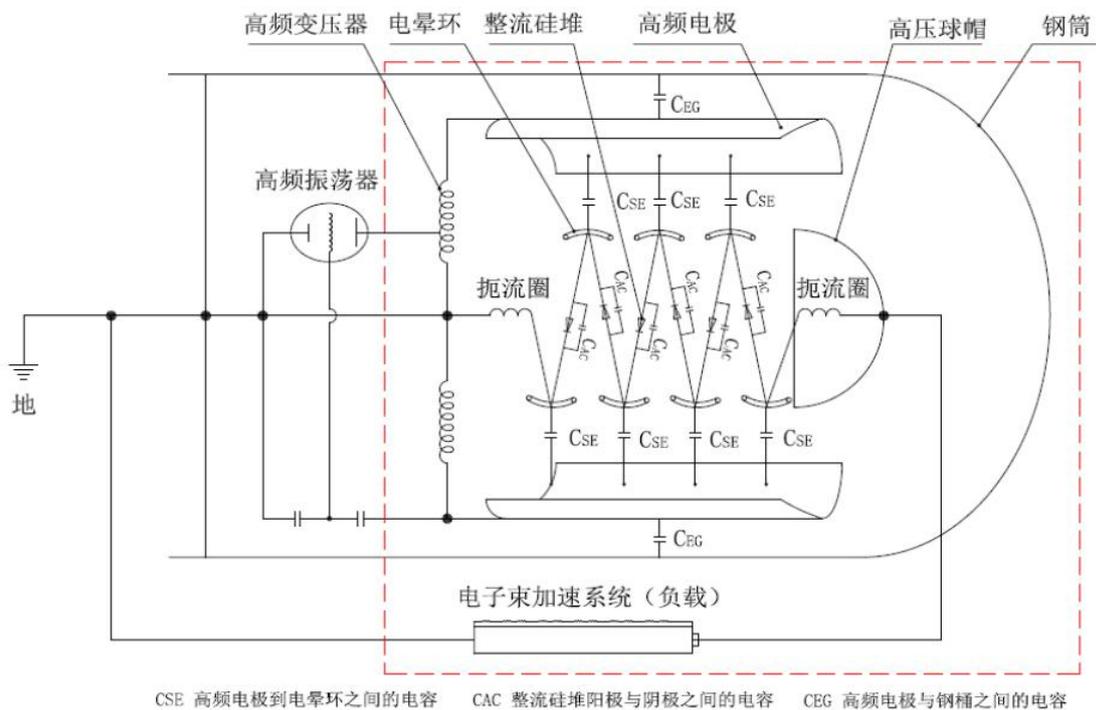


图 9-3 DD 型加速器的高压倍加原理图型

9.1.4 电子加速器辐照工艺流程

本项目加速器辐照的产品为电线电缆类产品，需要辐照的电线电缆由放卷系统通过滚轴自动送入加速器辐照室，在扫描系统下接受电子束辐照，辐照完成后通过收卷系统自动连续地输出辐照室，达到产品辐照要求。

整个辐照工艺流程为流水线自动运行，辐射工作人员在加速器控制柜前设置、监控加速器各项指标运行参数，收放卷工作人员在收放卷系统区负责电线电缆的收放等工作。正常操作时工作人员不进入此主机室和辐照室。

辐照工艺流程见图 9-4，产污环节示意图见图 9-5。

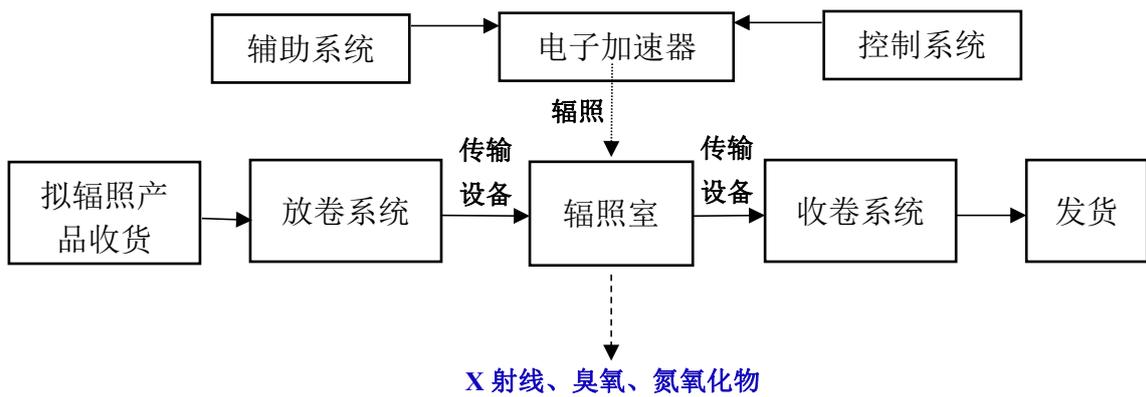


图 9-4 项目辐照工艺流程图

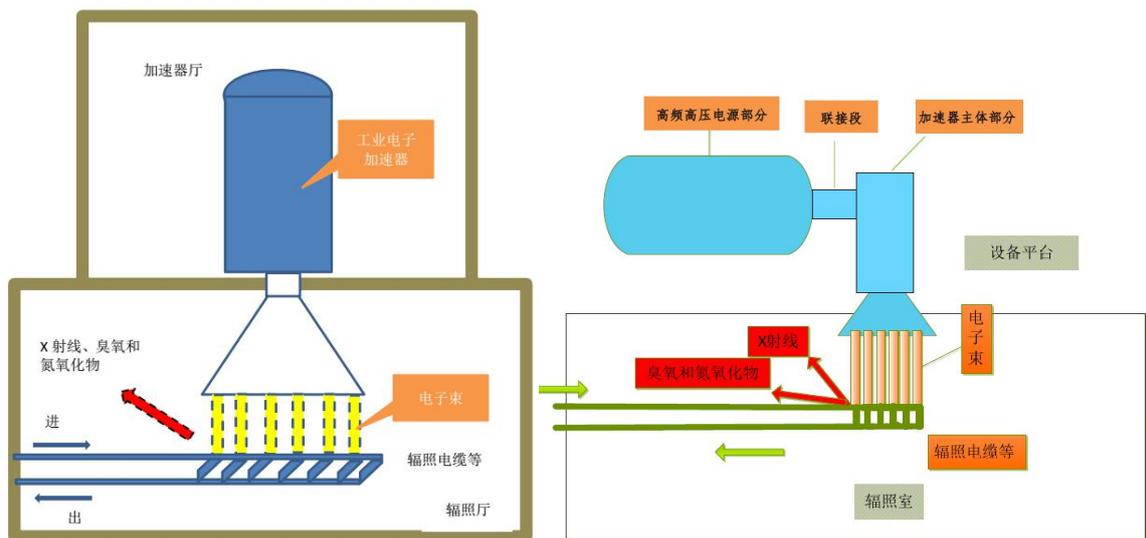


图 9-5 辐照工艺产污环节示意图（左图为立式、右图为卧式）

9.1.5 辐照交联工件及工况

1、辐照工件

本项目辐照对象主要为自生产的电缆线线材截面积 1-300mm²。项目建成后，3 台加速器预计年辐照加工 30 万 km 特种线缆。

2、辐照工况

本项目 3 台加速器机房均为地上二层混凝土结构，辐照室（即辐照加工区）位于一层，加速器主机位于二层。3 台加速器均为连续出束，主射束方向均为定向朝地面。

本项目 3 台电子加速器分别于相应加速器机房内独立运行，互不干扰，存在同时运行的可能。每台加速器日连续出束时间为 20h，年工作 300 天，则每台加速器年工作

间不超过 6000h。

9.2 污染源项描述

1、电子束、X 射线

加速器利用电子束对产品进行辐照，电子在加速器过程中，部分电子丢失，它们打在加速管壁上，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，对周围环境辐射造成辐射污染，但该 X 射线影响关机后即消失。由于本项目拟建电子加速器输出的能量为 1.0MeV~3.0MeV 电子束所产生的 X 射线，可不必考虑感生放射性问题。

加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能离远弱于 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，因此，在加速器开机的时间内，电子束产生的韧致 X 射线为主要污染因素。

2、臭氧和氮氧化物

电子加速器开机运行时，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧 (O₃)和氮氧化物 (NO_x)。其中，臭氧的危害大，产额高，毒性大，而氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此，在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。

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

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

为防止 X 射线对环境的影响，浙江沪物产中大线缆有限公司按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》

(HJ979-2018) 等相应的要求，对辐照工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。

控制区：该区域内需要或可能需要专门防护手段或安全措施，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范围。本项目的控制区划分为 1#~3#辐照室及其加速器主机室或钢筒。控制区的进出口及其他适当位置应设置醒目的电离辐射警告标志。

监督区：该区域通常不需要专门防护手段或安全措施，但需经常对职业照射条件进行监督和评价。以围栏、控制室、设备间、水冷设备平台区和收放线缆区域作为监督区边界等。在该区设置电离辐射标志，经常进行剂量监督，确认是否需要专门的防护措施。

本项目辐射工作场所分区管理示意图见附图 5、附图 6。

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

表 10-1 辐照室工程屏蔽防护

辐照室		辐照室 1 (1.5Mev 半自屏蔽)	辐照室 2 (2.0Mev 半自屏蔽)	辐照室 3 (3.0Mev)
辐照室内尺寸		长、宽、高分别为：7.8m、6m、2.4m。面积 46.8m ²	长、宽、高分别为：7.6m、7.0m、2.3m。面积 53.20m ²	长、宽、高分别为：10.4m、9.5m、3.3m。面积 98.80m ²
主机室		/	/	长、宽、高分别为：9.1m、9.5m、15.2m。面积 86.45m ²
辐照室屏蔽	东	迷道内墙 1400mm 混凝土 迷道外墙 500mm 混凝土	迷道内墙 1500mm 混凝土 迷道外墙 500mm 混凝土	迷道内墙 1800mm 混凝土 迷道外墙 500mm 混凝土
	南	迷道内墙 800mm 混凝土 迷道外墙 1000mm 混凝土	1800mm 混凝土	迷道内墙 1000mm 混凝土 迷道外墙 1200mm 混凝土
	西	1400mm 混凝土	1500mm 混凝土	1800mm 混凝土
	北	1400mm 混凝土	内墙 900mm 混凝土 外墙 1000mm 混凝土	1800mm 混凝土
	屋顶	中间部位：430mm 钢板	中间部位：450mm 钢板	1100mm 混凝土

		其他部位: 1400mm 混凝土	其他部位: 1500mm 混凝土	
主机室屏蔽	东	自屏蔽钢筒。壁厚 12mm 钢板+20mm 铅板+3mm 钢板	自屏蔽钢筒。壁厚 12mm 钢板+30mm 铅板+3mm 钢板	800mm 混凝土
	南			迷道内墙 300mm 混凝土 迷道外墙 800mm 混凝土
	西			800mm 混凝土
	北			800mm 混凝土
	屋顶			500mm 混凝土
进(出)料口	在内外两层墙体上采用 V 型设计; 内墙 1400mm 混凝土; 外墙 500mm 混凝土;	在内外两层墙体上采用 V 型设计; 内墙 1500mm 混凝土; 外墙 500mm 混凝土;	在内外两层墙体上采用 V 型设计; 内墙 1800mm 混凝土; 外墙 500mm 混凝土;	
辐照室出入口	钢板厚 40mm 的钢制门, 入口处有安全联锁装置	钢板厚 40mm 的钢制门, 入口处有安全联锁装置	钢板厚 40mm 的钢制门, 入口处有安全联锁装置	
主机出入口	/	/	钢板厚 100mm 的钢制门 入口处有安全联锁装置	
辐照室迷道	[型迷道, 宽 900mm	[型迷道, 宽 900mm	[型迷道, 宽 900mm	
主机室迷道	/	/	L 型, 宽 900mm	
通风设施	臭氧风机 (排风管线采用 U 型设计, 由辐照室引出室外高空排放)			

10.1.3 辐射安全和防护措施

1、电子加速器辐照装置的安全设计

(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系统等进行有效联锁和监控。

安全联锁装置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, 并记录存档。

(2) 安全设施

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。如在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。

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。

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状态或停止运行时，加速器应自动停机。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

烟雾报警：在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。

同时，本环评建议建设单位在相关标准要求的基础上增加以下措施：

视频监控和通讯设备：在主机室、辐照室和控制室内设置视频装置，实施实时监控。系统控制室操作台设有麦克风，在辐照通道内、加速器室内和进入加速器室的通道内安装有扬声器，每次出束前进行广播提醒现场人员。

电离辐射警示标志：在加速器机头表面和扫描盒附近设有电离辐射标志，加速器室入口门外侧和辐照通道出入口门外侧均设有电离辐射警告标志牌。

（3）电气设计

①必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。

②主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。

③各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。

④凡有高压危险的部位，应设置高压联锁、高压放电保护装置。

(4) 给水系统

①应根据加速器装置总用水要求，提供一定裕量的水流量和水压。

②根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。

(5) 通风系统

①主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定。

②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。

(6) 防火系统

辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。

对照以上设计要求，本项目电子加速器拟采取的辐射安全设计见表 10-2，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的相关要求。

表 10-2 本项目每座加速器机房辐射安全设计

安全防护措施	位置	数量（台）
钥匙控制	控制室的控制台	1
便携式辐射监测仪	/	1
固定式辐射监测仪	辐照室迷道口处	1
	主机室入口处	1
警示装置(电离辐射警示标志和 工作状态警示灯)	辐照室内、迷道内、防护门处	3
	主机室内、防护门处	2
门机联锁	辐照室防护门	1
	主机室防护门	1
报警装置	控制台	1
急停开关	控制室的控制台	1
	辐照室内、迷道内、防护门处（巡检开关 2 个、 行程开关 1 个）	2
	主机室和防护门处（巡检开关 2 个、行程开关 1 个）	3
开门开关	辐照室防护门附近屏蔽墙处	1
	主机室防护门附近屏蔽墙处	1

光电联锁	辐照室迷道口内	1
	主机室内	1
烟雾报警装置	辐照室迷道口内	1
视频监控装置	辐照室迷道内	1
	主机室内	1
	控制室内	1
应急照明系统	辐照室内、迷道内	2
	主机室内	1
	控制室内	1
给水系统	主机室东侧设置冷却水机组	/
通风系统	辐照室（3个辐照室均配备独立排风系统，配设混双流双速排风机，风机风量 7433m ³ /h、13110m ³ /h）	/
灭火系统	拟设置气体灭火系统	/

在落实以上措施后，能够满足相关的辐射安全及防护管理的要求。

2、局部贯穿辐射防护

在辐射屏蔽防护设计和施工中，必须妥善处理局部贯穿辐射防护的问题，主要针对的是建筑结构上有关孔道、管道、搭接的设计：

(1) 施工过程中不允许有直通缝隙。

(2) 加速器的通风管道、电缆电线管道等辐照材料的传输管道等会穿越屏蔽墙，所以加速器屏蔽设计时必须考虑这部分的剂量贡献。因此，这些管道设计的取向应尽可能避开束流方向或辐射发射率峰值的方向。

(4) 混凝土块之间的垂直缝隙、孔洞都需要填充，或用砂袋作防护体。

(5) 主机室防护门和屏蔽墙之间应有足够的搭接，以减少散射辐射的泄露。通常在防护门的两侧和顶部，搭接宽度至少为缝隙的 10 倍，防护门底部应有凹槽或挡板用以减少散射辐射。

3、其他措施

(1) 辐照室设置迷道，四周及顶棚均采用相当厚度的钢筋混凝土墙，防护门设计为普通钢板，根据本项目报告中理论预测分析能满足本项目的辐射防护要求。

(2) 辐照室周围均设置电离辐射警告标志，并用中文注明“当心电离辐射”，用于对辐照室外人员的警示。辐照室和主机室入口外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(3) 各项辐射环境管理规章制度应张贴于工作现场处。

(4) 公司给每个辐射工作人员配备个人剂量计并按时检测。同时公司还应该为每个辐射工作人员配备个人剂量报警仪，当辐射水平超过预设值是能发出轰鸣警告声。

4、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员和本次评价范围内的公众。

(1) 辐射工作人员

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取防护 X 射线的主要方法有屏蔽防护、时间防护和距离防护，三种防护联合运用、合理调节。

隔室操作：辐射工作人员采取隔室操作方式，通过控制室与机房之间的墙体等屏蔽 X 射线，以减弱或消除射线对人体的危害。

时间防护：在满足产品质量要求的前提下，制定最优化的辐照加工方案，每次辐照作业尽可能选择合理可行的低剂量照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间。另外，对加速器操作人员进行分组轮班制，以降低工作人员操作时间。

距离防护：严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在辐照车间人员通道等醒目位置张贴电离辐射警告标志，并安装工作状态指示灯，限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

(2) 机房周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐照车间的屏蔽墙体和防护门、地板、楼板等屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在辐照车间、迷道防护门外等位置张贴醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

10.2 三废的治理

本项目电子加速器拟配套循环冷却水系统，循环冷却水定期补充，不外排。项目在运行过程中，没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。

本项目 3 个辐照室均配备独立排风系统，并配设混双流双速排风机，风机风量分别为 7433m³/h、13110 m³/h。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。

要求工作期间应保证排气孔机械通风的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物浓度。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟购的 3 台电子加速器位于公司西厂区生产车间内，公司《年产 335000km 电线电缆项目环境影响报告表》于 2018 年 12 月通过德清县环保局审批，报告中对该项目施工期及运营期产生的非放射性部分的“三废”排放及处理措施均进行了评价。因此，本次评价仅对拟建 3 台电子加速器运行造成的辐射环境影响进行分析评价。

由于电子加速器只有在开机工作过程中才会产生辐射，其产生的射线是随设备的开、关而产生和消失的。在项目建设过程中，机器未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 电子束对环境的影响

由于本项目目前处于设计阶段，为分析预测电子加速器投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中推荐的预测模式进行理论计算。

1、计算模式选取

（1）辐射源项

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。

X 射线穿过物质是呈近似指数规律衰减，屏蔽计算时首先须确定 X 射线的透射比 B_x ，使剂量率在经过该屏蔽体厚度后，按该透射比的值减弱到允许值。

（2）直射 X 射线的屏蔽

①确定 X 射线的透射比 B_x

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

式中：

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

H_M ：参考点最大允许周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}^{-1}$ ）；

d: X射线源于参考点之间的距离 (m) ;

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

常数 (1×10^{-6}) 为单位转换系数。

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

$$(11-2) \text{式 } D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e$$

式中:

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

I: 电力束流强度 (mA) ;

f_e : X射线发射率修正系数。

②屏蔽厚度的求解

屏蔽厚度的计算采用十分之一值层法,用屏蔽材料的十分之一值层来表示屏蔽厚度

$$B_x = 10^{-n} \text{ 或 } n = \log_{10}(1/B_x) \quad (11-3) \text{ 式}$$

计算屏蔽体厚度,可以保守地估算为:

$$S = T_1 + (n-1)T_e \quad (11-4) \text{ 式}$$

其中:

S: 屏蔽体厚度 (cm) ;

T_1 : 在屏蔽厚度中,朝向辐射源的第一个十分之一值层 (cm) ;

T_e : 平衡十分之一值层,该值近似于常熟 (cm) ;

n: 为十分之一值层的个数。

③侧向 X 射线的屏蔽

对于电子加速器辐照装置,很多情况下需要考虑侧向(相对电子束 90° 方向) X 射线的屏蔽,此时应将等效入射电子能量作为侧向电子的能量,然后按等效入射电子能量特性参数,根据直射 X 射线屏蔽的方法进行计算。

(3) 散射辐射的屏蔽

在加速器装置的屏蔽设计中,有三种情况必须考虑散射辐射;

a 迷道和防护门;

b 天空反散射;

c 孔道。

①迷道和防护门

防护电子的迷道，为防止电子在迷道入口处的照射，最简单的屏蔽方法是使迷道路径长度大于电子在空气中的射程，这个长度可以是迷道的直线距离，或者是迷道中最短的几个中间距离之和。

防护 X 射线的迷道，下面的计算方法可保守地估算迷道外入口的剂量率：

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

式中：

α_1 ：入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α_2 ：从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；

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，宽高之比在 1~2 之间）；

d_1 ：X 射线源与第一散射物质的距离（m）；

$d_{r1}, d_{r2}, \dots, d_{rj}$ ：沿着迷道长轴的中心线距离； $d_j/A_j^{1/2}$ 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 射线源方向的路线，所设计迷道墙厚度的总和应不小于直射所需屏蔽墙的厚度。

②天空反散射计算

根据 NCRP-151 好报告，计算公式为

$$(11H_6)_{\text{式}} = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2}$$

式中：

H ：在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量率（ $\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）；

B_{xs} ：X 射线屋顶的屏蔽透射比；

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 处距离靶的垂直距离（m）；

d_s ：X 射线源至 P 点的距离（m）。

厂房屋顶厚度

屋顶的屏蔽透射比 B_{xs} 为:

$$B_x = \left(1 \times 10^{-6}\right) \left[\frac{H_M \cdot d^2}{D_{10} \cdot T} \right] \quad (11-7) \text{ 式}$$

式中:

H_M : P 点所在位置的最大允许周围剂量当量率 ($Sv \cdot h^{-1}$)。

计算出屋顶屏蔽透射比 B_{xs} 后,按上述十分之一值层求解法计算出屋顶的屏蔽厚度。

主机室的屏蔽

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。

本项目电子加速器年辐照时间约6000小时,工作人员实行两班制运转。

2、屏蔽效果核算结果

(1) 厂房屏蔽墙计算

1) X 射线发射率

①辐照室 X 射线发射率

此处计算的是 X 射线侧向屏蔽,因此需要给出 1.5MeV、2.0MeV 和 3.0MeV 电子侧向(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 A 表 A.1, 1.5MeV、2.0MeV 和 3.0MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 的 X 射线发射率分别为 $1.0 Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ 、 $1.6 Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ 和 $3.2 Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ 。

本项目电子轰击的靶材料为不锈钢,根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)进行修正。加速器运行时,电子束照射方向朝下,电子束可能轰击的物质有:不锈钢材料、辐照室混凝土地面及产品电线电缆。上述几种物质不锈钢 Z 值最大, X 射线发射率最高,本项目保守考虑, X 射线发射率修正系数取值为 1。

本项目 1.5MeV、2.0MeV 和 3.0MeV 电子加速器束流强度分别为 60mA、50mA 和 30mA,根据公式 (11-2),辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 D_{10} (90°) 分别为 $3.6 \times 10^3 Gy \cdot h^{-1}$ 、 $4.8 \times 10^3 Gy \cdot h^{-1}$ 和 $5.76 \times 10^3 Gy \cdot h^{-1}$ 。

依据附录 A 表 A.4, 1.5MeV、2.0MeV 和 3.0MeV 入射电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量分别为 1.0MeV、1.3MeV 和 1.9MeV。

②3.0MeV 主机室加速器束流损失所致 X 射线发射率

根据加速器厂家提供的数据，本项目电子加速器束流损失为 1%，束流损失点的能量为总能量的 10%。故损失点电子束流强度为 0.3mA，束流损失点的能量为 0.3MeV。参照附录 A 表 A.1，保守估计，在距靶 1m 处侧向 90° 的 X 射线发射率取值为 $0.07\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，X 射线发射率修正系数取值为 0.5。

根据公式 (A-2)，主机室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 D_{10} (90°) 为 $1.26\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

参照附录 A 表 A.4，保守估计，0.3MeV 电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量取值为 0.7MeV。

③1.5MeV、2.0MeV 钢筒加速器束流损失所致 X 射线发射率

根据加速器厂家提供的数据，本项目 1.5MeV、2.0MeV 能量的加速器束流损失点的电子束流强度分别为 0.6mA、0.5 mA，能量分别为 0.15MeV、0.2MeV。根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3 可查得，保守取值，0.15MeV、0.2MeV 能量在距靶 1m 处侧向 90° 的 X 射线发射率分别为 $0.001\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 、 $0.005\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，X 射线发射率修正系数取值为 0.5。

根据公式 (A-2)，1.5MeV、2.0MeV 的加速器钢筒距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 D_{10} (90°) 分别为 $0.018\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 、 $0.075\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

参考《辐射防护导论》（方杰编）图3.25，保守取值，0.15MeV、0.2MeV电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量均取值为0.15MeV、0.18MeV。

④透射比 B_x 的计算

根据公式 (11-1)，其中参考点（距离屏蔽体外侧 0.3 米处等具有代表性的区域，具体见图 11-1）最大允许周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$) H_M 取 2.5，居留因子 T 取 1，计算出 X 射线的透射比 B_x 见表 11-1。

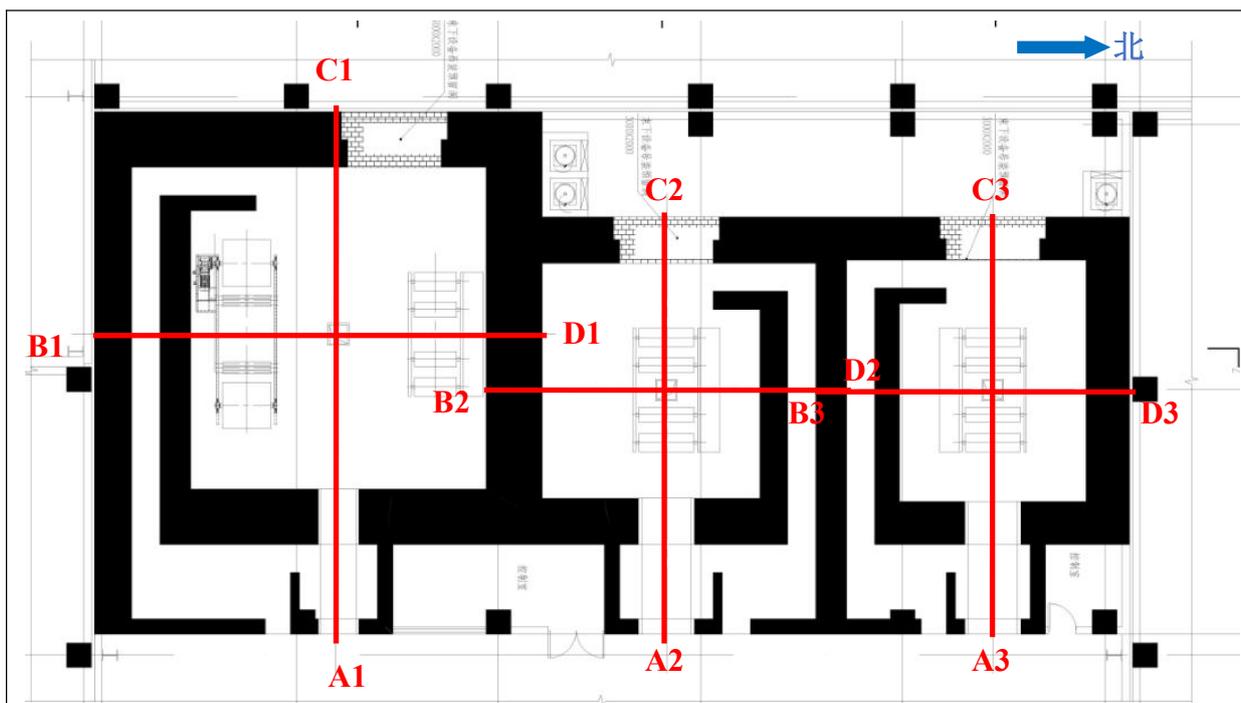


图 11-1 辐照室预测点位示意图

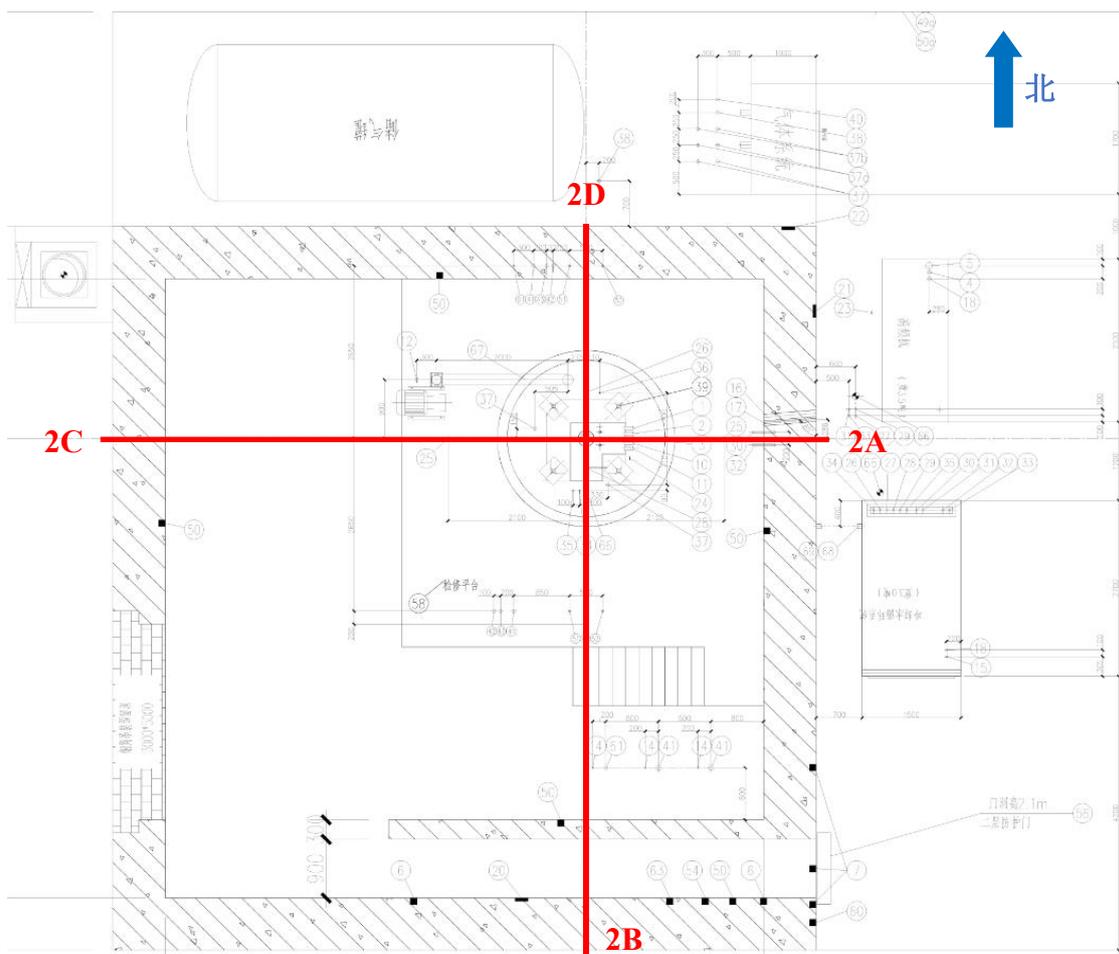


图 11-2 3.0MeV 主机室预测点位示意图

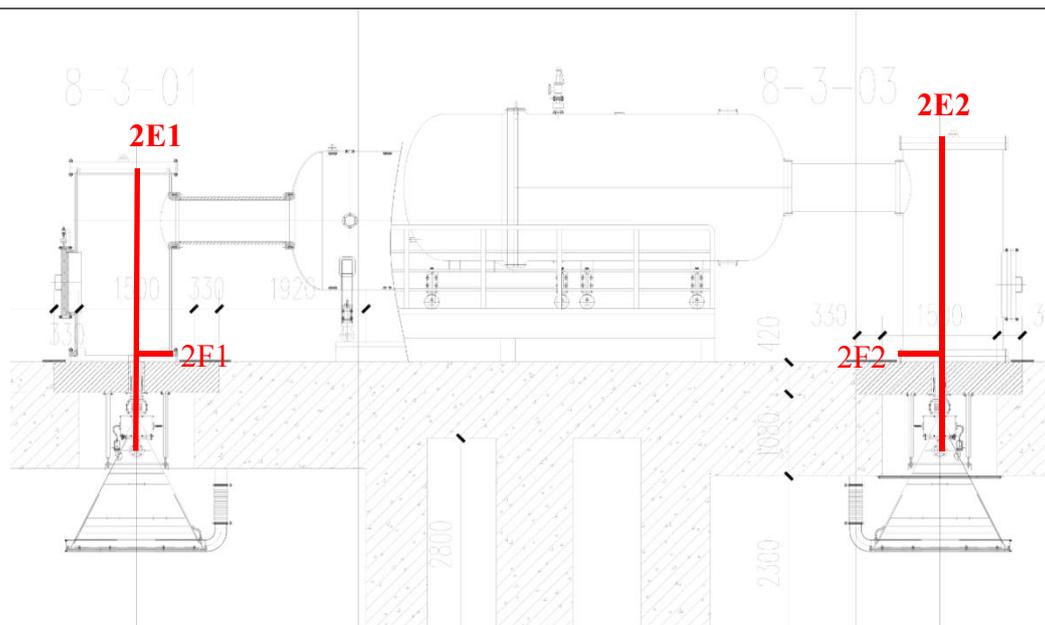


表 11-3 1.5MeV、2.0MeV 钢筒预测点位示意图

表 11-1 直射辐射屏蔽投射比计算结果

参考点位置		距离 d (m)	D_{10} ($Gy \cdot h^{-1}$)	H_M ($\mu Sv \cdot h^{-1}$)	T	B_x
1.5MeV 加速器辐照室	A1 (东墙)	8.20	3.6×10^3	2.5	1	4.67×10^{-8}
	B1 (南墙)	6.0	3.6×10^3	2.5	1	2.5×10^{-8}
	C1 (西墙)	5.90	3.6×10^3	2.5	1	2.4×10^{-8}
	D1 (北墙)	4.70	3.6×10^3	2.5	1	3.84×10^{-8}
2.0MeV 加速器辐照室	A2 (东墙)	8.20	4.8×10^3	2.5	1	3.5×10^{-8}
	B2 (南墙)	5.96	4.8×10^3	2.5	1	1.85×10^{-8}
	C2 (西墙)	5.90	4.8×10^3	2.5	1	1.81×10^{-8}
	D2 (北墙)	6.06	4.8×10^3	2.5	1	1.91×10^{-8}
3.0MeV 加速器辐照室	A3 (东墙)	10.0	5.76×10^3	2.5	1	4.34×10^{-8}
	B3 (南墙)	8.05	5.76×10^3	2.5	1	2.81×10^{-8}
	C3 (西墙)	7.50	5.76×10^3	2.5	1	2.44×10^{-8}
	D3 (北墙)	6.95	5.76×10^3	2.5	1	2.09×10^{-8}
3.0MeV 加速器主机室	2A (东墙)	3.78	1.26	2.5	1	2.84×10^{-5}
	2B (南墙)	8.14	1.26	2.5	1	1.31×10^{-4}
	2C (西墙)	7.5	1.26	2.5	1	1.12×10^{-4}
	2D (北墙)	3.55	1.26	2.5	1	2.50×10^{-5}
1.5MeV 加速器钢筒	筒身 2F1	0.76	0.018	2.5	1	8.02×10^{-5}
	筒顶 2E1	4.10	0.018	2.5	1	2.33×10^{-3}
2.0MeV 加速器钢筒	筒身 2F2	0.78	0.075	2.5	1	2.03×10^{-5}
	筒顶 2E2	4.32	0.075	2.5	1	6.22×10^{-4}

⑤屏蔽厚度的计算

首先根据公式 (11-3)，采用表 11-1 中的 B_x 值，计算 n 值。

再由《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录 A 表 A.2 和表

A.3 查出混凝土的 T_1 和 T_e 值，对于 1.5MeV、2.0MeV 和 3.0MeV 加速器辐照室，入射电子能量为 1.0MeV、1.3MeV、1.9MeV。入射电子能量 1.0MeV 的混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 18.5cm 和 15cm；入射电子能量 1.3MeV 的混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 19.64cm 和 16.98cm；入射电子能量 1.9MeV，保守估算混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 21.76cm 和 19.74cm。

对于 1.5MeV、2.0MeV、3.0MeV 加速器（损失点能量分别为 0.15MeV、0.2MeV、0.3MeV），保守估计，0.15MeV、0.2MeV、0.3MeV 入射电子能量分别为 0.15MeV、0.18MeV、0.7MeV。

参考《辐射防护导论》（方杰编），根据图 3.23 和图 3.24 可查得，入射电子能量为 0.7MeV 混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 17.84cm 和 14.38cm。

入射电子能量为 0.15MeV 钢的 T_1 和 T_e 值分别为 1.7cm 和 1.2cm。入射电子能量为 0.15MeV 铅的 T_1 和 T_e 值分别为 0.08cm 和 0.15cm。

入射电子能量为 0.18MeV 钢的 T_1 和 T_e 值分别为 2cm 和 1.6cm。入射电子能量为 0.18MeV 铅的 T_1 和 T_e 值分别为 0.1cm 和 0.2cm

最后根据公式（11-4）计算出对应混凝土的厚度见表 11-2。

表 11-2 直射辐射屏蔽墙厚度计算结果

楼层	参考点	B_x	n	混凝土厚度 (m)	设计厚度 (混凝土 m)	设计条件下实际剂量率 H (μ Sv/h)
1.5MeV 加速器辐照室	A1 (东墙)	1.17×10^{-7}	6.93	1.08	1.9	0.00002
	B1 (南墙)	6.25×10^{-8}	7.20	1.12	1.8	0.00017
	C1 (西墙)	6.0×10^{-8}	7.22	1.12	1.4	0.08
	D1 (北墙)	3.84×10^{-8}	7.42	1.15	1.4	0.13
2.0MeV 加速器辐照室	A2 (东墙)	3.5×10^{-8}	7.46	1.29	2.0	0.00017
	B2 (南墙)	1.85×10^{-8}	7.73	1.34	1.8	0.00491
	C2 (西墙)	1.81×10^{-8}	7.74	1.34	1.5	0.29
	D2 (北墙)	1.91×10^{-8}	7.72	1.34	1.9	0.00122
3.0MeV 加速器辐照室	A3 (东墙)	4.34×10^{-8}	7.36	1.48	2.3	0.00016
	B3 (南墙)	2.81×10^{-8}	7.55	1.51	2.2	0.00068
	C3 (西墙)	2.44×10^{-8}	7.61	1.53	1.8	0.098
	D3 (北墙)	2.09×10^{-8}	7.68	1.54	1.8	0.12
3.0MeV 加速器主机室	2A (东墙)	2.84×10^{-5}	4.55	0.69	0.8	0.42
	2B (南墙)	1.31×10^{-4}	3.89	0.60	1.1	0.00074
	2C (西墙)	1.12×10^{-4}	3.96	0.61	0.8	0.11
	2D (北墙)	2.50×10^{-5}	4.61	0.70	0.8	0.48

1.5MeV 加速器钢筒	筒身 2F1	8.02×10^{-5}	4.10	5.5mm 铅	18mm 钢	<0.00001
	筒顶 2E1	2.33×10^{-3}	2.64	3.3mm 铅	+20mm 铅	<0.00001
2.0MeV 加速器钢筒	筒身 2F2	2.03×10^{-5}	4.70	8.4mm 铅	15mm 钢	<0.00001
	筒顶 2E2	6.22×10^{-4}	3.21	5.5mm 铅	+30mm 铅	<0.00001

根据表 11-2 的计算结果结合表 10-1 可知，辐照室及主机室直射辐射屏蔽墙的设计厚度均大于计算结果，满足防护要求。

(2) 迷道散射计算

本项目 3.0MeV 主机室设有 L 型迷道，辐照室设有 [型迷道。散射预测路径示意图详见 11-4、11-5。根据公式 (11-5)。

辐照室对于加速器产生的 X 射线，认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV；对于初级 X 射线，散射系数 α_1 取值为 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 （假设一次散射后的反射过程一样， $E=0.5\text{MeV}$ ）取值为 2×10^{-2} 。1.5MeV、2.0MeV 和 3.0MeV 加速器辐照室迷道散射计算的 $D_{10}(90^\circ)$ 取值为： $3.6 \times 10^3 \text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $4.8 \times 10^3 \text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $5.76 \times 10^3 \text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

3.0MeV 加速器主机室迷道散射计算的 $D_{10}(90^\circ)$ 取值为： $1.26 \text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。辐照室及主机室的迷道散射计算结果见表 11-3。

表 11-3 迷道散射计算结果

楼层	参考点	散射次数	散射面积 A1 (m ²)	迷道截面积 A2, A3 (m ²)	路径 $d_1, d_1 \cdots d_j$	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)
1.5MeV 加速器辐照室 (1F)	G	4	12.1	2.16, 5.76	4.53, 3.23, 10.78, 2.69, 3.06	1.04×10^{-2}
2.0MeV 加速器辐照室 (1F)	H	4	18.45	2.07, 5.52	4.44, 3.28, 10.31, 2.75, 2.91	2.18×10^{-2}
3.0MeV 加速器辐照室 (2F)	I	4	15.21	2.97, 9.57	5.9, 4.35, 13.9, 3.48, 3.16	5.97×10^{-3}
3.0MeV 加速器主机室 (2F)	2J	1	24.1	/	9.28, 9.90	18.0

由表 11-3 可知，辐照室入口处周围剂量当量率最大为 $2.18 \times 10^{-2} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，小于最大允许周围剂量当量率 $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，所以，辐照室迷道的设计是合理的。主机室迷道入口处周围剂量当量率为 $85.8 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，大于最大允许周围剂量当量率 $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，故主机室必须增设防护门。

本项目辐照室的迷道设计使射线至少经过三次以上散射后方能到达迷道口。根据《辐射防护导论》（方杰主编，P189）：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的

安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需要采用普通门”，因此本项目辐照室迷道外安装普通不锈钢门能满足辐射防护的要求。

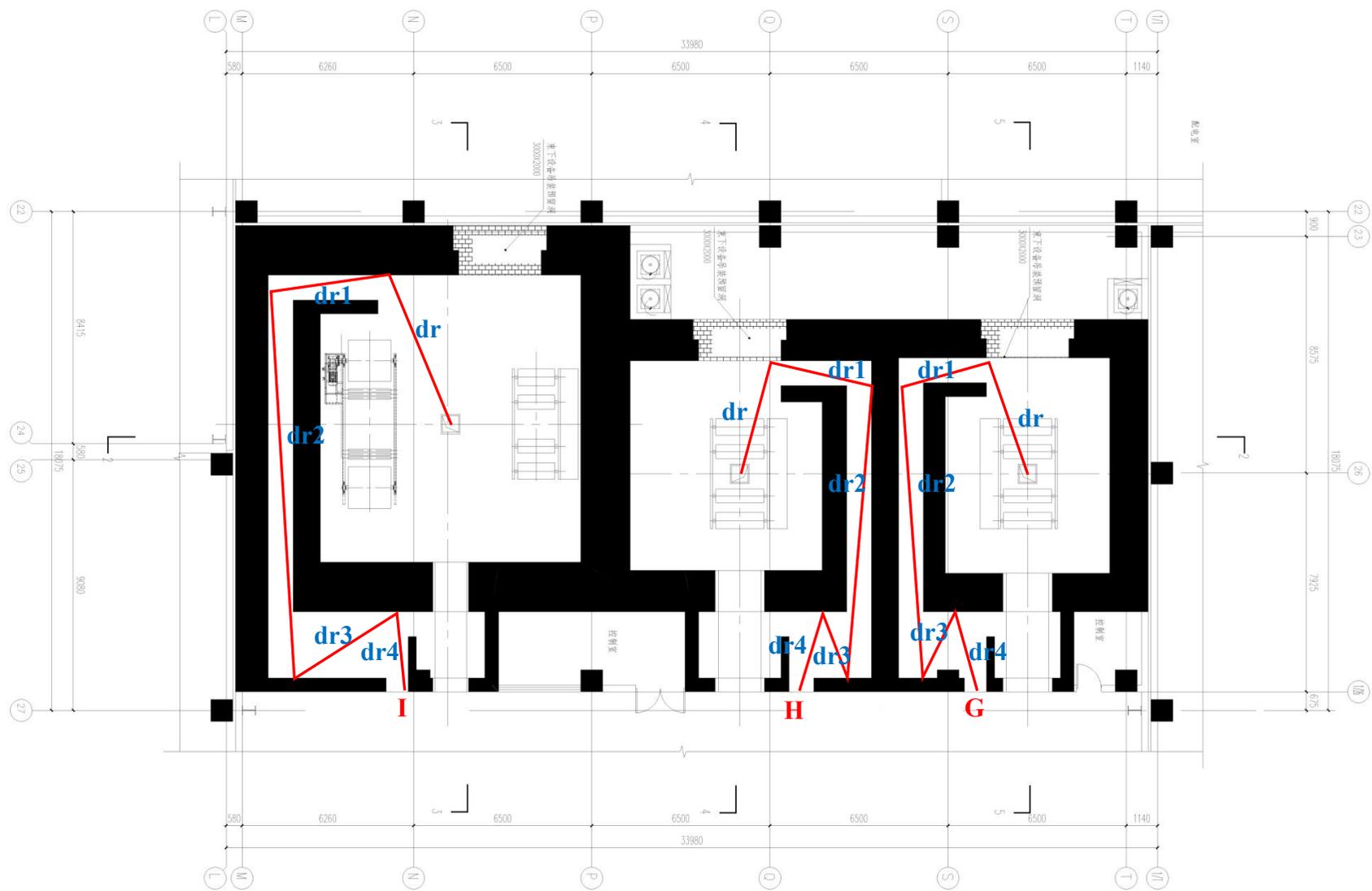


图 11-4 辐照室散射路径示意图

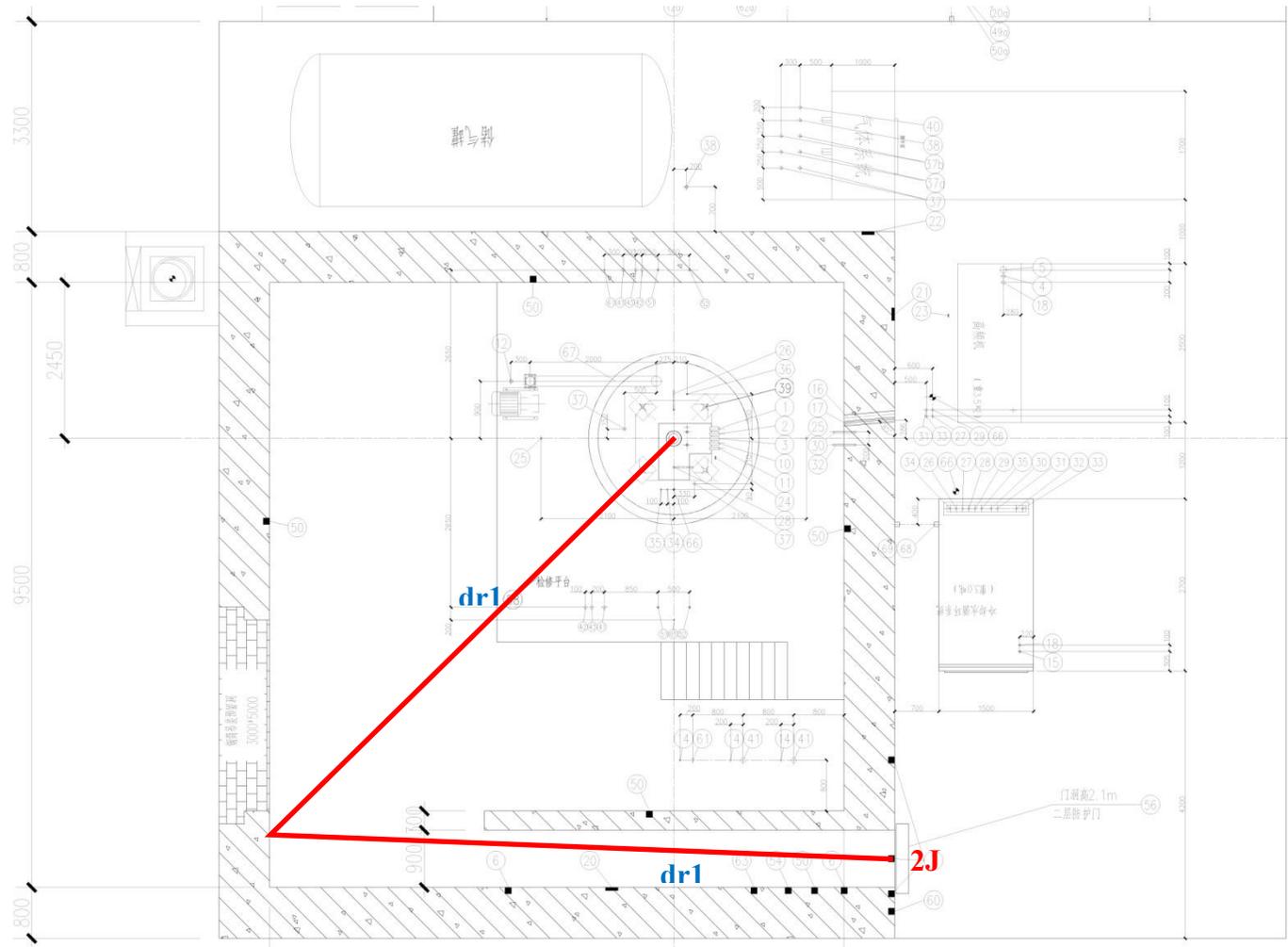


图 11-5 主机室散射路径示意图

(3) 防护门的屏蔽计算

首先计算透射比 $B_x = H_M / H_0$ ，其中 H_M 为屏蔽门外侧最大允许周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)，取 2.5； H_0 为屏蔽门内侧吸收剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)。

$B_x = 2.5/18.0 = 0.14$ ， $n = \log_{10}(1/0.14) = 0.85$ 。为留出保守裕度， n 值取 1。当 $n=1$ 时， $B_x = 0.1$ 。本项目主机室防护门为钢制防护门。

再由《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A 表 A.2 和表 A.3 查出混凝土的 T_1 和 T_e 值，对于主机室当入射电子能量为 0.3MeV，保守估算入射能量电子散射一次后按 X 射线的能量为 0.15MeV，保守取值，钢的 T_1 和 T_e 值分别为 1.6cm 和 1cm。

最后根据公式 (11-4) 计算出对应混凝土防护门的厚度见表 11-4。

表 11-4 防护门的屏蔽厚度计算结果

H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	H_M ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	B_x	n	钢制防护门厚度 (cm)
18.0	2.5	0.1	1	1.6

因此，本项目主机室防护门为 2.4cm 钢制防护门，大于计算结果，满足防护要求。

(4) 孔道

① 电缆管线

本项目 1#、2#、3# 加速器辐照室东墙设置电线电缆输送孔道，用于被辐照电线电缆的进出，电线电缆的输送孔道布置示意图 11-2。辐照室东墙上的运输通道均采用斜穿墙设计，输送孔道避开主射线方向，射线经多次（至少三次）散射后，电线电缆输送孔道进出口处辐射剂量将在控制范围内，能够满足辐射防护的要求。

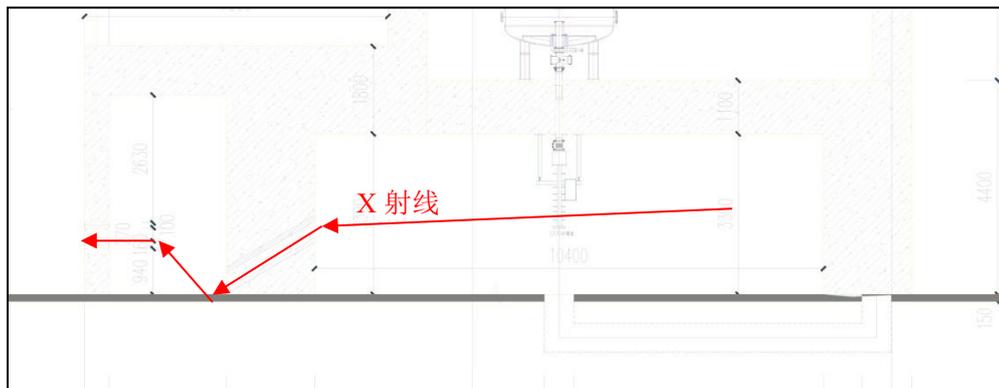


图 11-6 X 射线在加速器辐照室电缆管线孔道散射示意图

②通风管道

本项目 3 间加速器机房采取相同的通风设计方案，均设有 1 套机械排风系统和 1 根单独的排气筒，配设混双流双速排风机，设计排风量均为风机风量 7433m³/h、13110m³/h。

设有地下混凝土排风井道，断面尺寸 1000mm*1000mm，气体经排气筒排放，风机入口前管道外覆 5mm 厚铅板保护辐照室通风设计方案图见图 8-1~2。

(5) 本项目 3 台电子加速器的叠加影响评价

本项目 3 台电子加速器机房相邻而建，当 3 台加速器同时工作时，会对加速器机房周围产生叠加影响，现对该叠加影响进行辐射影响分析。

根据上述对电子加速器的理论估算结果可知，本项目加速器运行后，3.0MeV 加速器主机北侧屏蔽墙外辐射剂量率最大，叠加后剂量当量率约为 0.48 μSv/h，仍能够满足本项目辐射环境剂量率控制水平，即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 μSv/h。

11.2.2 人员受照剂量估算

1、年有效剂量计算

为进一步评价该机房辐射防护设计的有效性及其项目运行中对职业人员和公众产生的附加辐射剂量，对项目运行过程中对职业人员和公众成员进行附加辐射剂量估算评价。

年有效剂量估算公式如下： $P_{\text{年}}=H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-8)$

式中： $P_{\text{年}}$ —一年受照剂量，mSv/a；

H—关注点辐射剂量率，μSv/h；

U—使用因子，本项目均取 1；

T—居留因子；

t—一年受照时间，h/a。

2、照射时间确定

本项目每台设备年工作 6000h，每间加速器机房安排 4 名辐射工作人员负责本项目加速器的辐射工作，采取两班工作制，每班每天工作 8h。并指定其中 1 人为当班运行值班长。

3、辐射工作人员的年有效剂量

单台电子加速器运行时，对工作人员影响的区域主要在一层控制室内控制台处，但考虑到工作人员在加速器运行时可能会前往机房周围进行巡视，保守估计，本次取机房周围理论计算结果中的最大值 $0.48\mu\text{Sv/h}$ 作为辐射工作人员受照剂量率进行估算，居留因子取 1，由式 (11-8) 估算出该区域活动的辐射工作人员的年有效剂量为 1.35mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的辐射工作人员年剂量限值的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员的剂量约束值（职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ）的要求。

4、公众成员的年有效剂量

本项目公众活动区域位于一层周围，根据估算结果，单台电子加速器运行状态下主机室

周围辐射剂量率取理论计算结果中的最大值 $0.48\mu\text{Sv/h}$ ，该区域为生产车间，且加速器运行时，辐射工作人员将于机房周围进行巡视，禁止无关人员逗留，因此公众成员居留因子取 $1/32$ 。由式 (11-9) 估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为 0.09mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的公众成员年剂量限值的要求，同时也满足本项目对公众成员的年剂量约束值（公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ）的要求。

11.2.3 非辐射环境影响

非辐射环境影响主要为辐照室空气在辐射照射下产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要考虑臭氧的产生及其防护。

1、臭氧的产生

平行电子束所致 O₃ 的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P=45dIG \quad (11-9) \text{ 式}$$

式中：

P：单位时间电子束产生 O₃ 质量（mg/h）；

I：电子束流强度，mA；

d：电子束在空气中的行程（cm）（保守取值130cm）；

G：空气吸收100eV辐射能量产生的O₃分子数，保守估算取为10。

根据式（11-9），可以估算出本项目1.5MeV、2.0MeV、3.0MeV辐照室臭氧的产生率分别为 3.5×10^6 mg/h、 2.93×10^6 mg/h、 5.85×10^5 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：

$$C(t) = \frac{PT_e}{V} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right) \quad (11-10) \text{ 式}$$

式中：

C（t）：辐照室空气中在 t 时刻臭氧的浓度（mg/m³）；

P：单位时间电子束产生 O₃ 的质量（mg/h）；

V：辐照室体积（m³）（1.5MeV 取 112，2.0MeV 取 123，3.0MeV 取 326）；

T_e：对臭氧的有效清除时间（h）

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

式中：

T_v ：辐照室换气一次所需时间（h）；

T_d ：臭氧的有效化学分解时间（h），约为 50 分钟。

此种清理下， $T_v \ll T_d$ ，因此 $T_e \approx T_v$ 。当长时间辐照时，则辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (11-12) \text{ 式}$$

本项目加速器机房通风系统排风速率不低于 13000m³/h，1#加速器辐照室体积约为 112m³，2#加速器辐照室体积约为 123m³、3#加速器辐照室体积约为 326m³，则 1#加速器辐照室换气一次所需时间 T_v 为 $8.6 \times 10^{-3}h$ ，2#加速器辐照室换气一次所需时间 T_v 为 $9.5 \times 10^{-3}h$ 、3#加速器辐照室换气一次所需时间 T_v 为 $2.5 \times 10^{-2}h$ 。由上述公式和参数，则本项目 1.5MeV、2.0MeV、3.0MeV 辐照室 C_s 分别为 265.9mg/m³、223.7 mg/m³、43.1 mg/m³，该浓度值大于《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 的最高容许浓度为 0.3mg/m³，对工作人员是危险的。

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 GBZ2.1 所规定的工作场所最高容许浓度。因此，当加速器停止运行后，人员不能直接进入辐照室，风机必须继续运行，室内臭氧浓度随时间急剧下降，浓度变化的平衡方程为：

$$dc/dt = -C/T_e \quad (11-13) \text{ 式}$$

当 $t=0$ 时，

$$C = C_s \quad (11-14) \text{ 式}$$

得到浓度随时间的变化公式为：

$$C = C_s e^{-\frac{t}{T_e}} \quad (11-15) \text{ 式}$$

由此可得：

关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (11-16) \text{ 式}$$

式中：

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

T ：为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间（h）。

计算得，本项目加速器停止工作后，辐照室内通风系统以通风速率不低于 $13000\text{m}^3/\text{h}$ 继续工作，1#加速器机房通过约 0.05h（3min）、2#加速器机房通过约 0.06h（3.6min）、3#加速器机房通过约 0.12h（7.2min）的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于 GBZ2.1 规定的臭氧的最高容许浓度（ $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ），此时工作人员进入辐照室是安全的。

本项目加速器辐照室均拟设置通风联锁装置，机房内通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证辐照室内臭氧等有害气体浓度低于允许值，该公司应明确预先设定的时间应不少于 10min。

本项目 1#、2#加速器机房拟配备的排臭氧风机排风速率为不低于 $13000\text{m}^3/\text{h}$ ，室内臭氧和氮氧化物通过排风系统排入外环境，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。

11.3 事故影响分析

电子加速器是一种将电能转换成高能电子束的设备，电子束受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，检修方便，断电状态下也较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

1、最大可信事故

（1）电子加速器在工作时，由于安全联锁装置和工作指示灯等失灵，若人员误留或误入控制区，会造成工作人员和周围公众受到额外的照射。

（2）设备检修时，由于操作失当，误开辐照电子加速器，造成检修人员受到额外的照射。

2、事故后果

本项目中的电子加速器属于 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。

3、事故预防措施

分析事故发生的原因，此类事故大都是人为因素造成的，即由于忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生，建议企业采取以下事故预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，警钟长鸣，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天开展辐照工作前，检查确认辐射安全联锁、急停开关、视频监控、探伤机完好性等各项安全措施的有效性，避免联锁失灵等设施设备事故。杜绝联锁装置旁路情况下开机操作。

（3）辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计、报警仪等监测仪表。若辐射工作人员按照规定进入辐照室时携带有效的个人剂量报警仪，当报警仪发出报警声时，人员可立即知晓情况并就近按下急停开关，设备可停止出束，此时人员不会受到大剂量照射。

（4）2人以上共同作业，开机前注意辐照室清场，工作期间不得脱岗。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环境保护主管部门的要求，浙江物产中大线缆有限公司必须成立辐射防护管理机构，制订辐射环境管理规章制度，并在取得相应的《辐射安全许可证》后射线装置方可正式使用。具体如下：

必须制定《放射防护安全管理机构及职责》。内容包括：

(1) 应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) 辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

(3) 辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施。

12.2 安全管理规章制度

1、必须制定《辐射安全管理工作制度》。内容应包括：

(1) 须按法律法规要求，尽快向环保部门申请办理《辐射安全许可证》，领取许可证且办理登记手续后方可从事许可范围内的放射工作，需改变许可登记内容或终止放射工作时，必须按规范向审批部门办理变更或注销手续。

(2) 在从事辐射操作前，须制订《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》、《自行检查和年度评估制度》、《辐射工作安全责任书》等规章制度；同时该公司须组织辐射工作人员进行上岗培训和辐射安全防护知识的培训，并进行个人剂量检测和职业健康检查。

2、必须制定《操作规程》。

(1) 凡涉及对射线装置进行的操作，都有应有明确的操作规程（包括开机检查、门机连锁检查等一系列工作），操作人员必须按操作规程进行操作。

(2) 操作人员必须熟悉电子加速器的性能和使用方法，并做好相应的个人防护，操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

3、必须制定《岗位职责》。

必须制定电子加速器操作人员的岗位职责。

4、必须制定《辐射防护和安全保卫制度》。

(1) 射线装置的使用场所，应有门-机联锁安全装置、开机工作警示灯，电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

(2) 建立射线装置的档案和台帐，贮存、使用射线装置时及时进行登记、检查，做到帐物相符。

5、必须制定《设备检修维护制度》

对可能引起操作失灵的关键零配件及时更换。设备检修时禁止开启电子加速器，待检修完毕，开启电子加速器，确认检修完成。

6、须制定《自行检查和年度评估制度》

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

(1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
(2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
(3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训（以下简称“辐射安全培训”）情况；

(4) 场所辐射环境检测和个人剂量检测情况及检测资料；

(5) 辐射事故及应急回应情况；

(6) 核技术利用项目新建、改建、扩建情况；

(7) 存在的安全隐患及其整改情况；

(8) 其它有关法律、法规规定的落实情况。

(9) 定期对加速器辐照室的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。如每天进行门-机联锁安全装置、工作指示灯和电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每两年进行身体健康档案归档及检查等。

(10) 应当编写电子加速器使用的安全和防护状况年度评估报告，其中年度评估报告需包括每年的常规检测报告，于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告，接受行政机关的监督检查。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.3 日常巡检（管理）及记录

必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查（检验）每台加速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

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下列内容：

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

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，发现异常情况必须及时修复或改正。月检查项目至少应包括：

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

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。

4、记录

公司必须建立严格的运行及维修维护记录制度，运行及维修维护期间应按规定完成运行日志的记录，记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项一般不少于下列内容：

- （1）运行工况；

- (2) 辐照产品的情况;
- (3) 发生的故障及排除方法;
- (4) 外来人员进入控制区情况;
- (5) 个人剂量计佩戴情况;
- (6) 个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果;
- (7) 检查及维修维护的内容与结果;
- (8) 其他。

12.4 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等要求，使用Ⅱ类射线装置的单位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。公司拟配备 4 台 X- γ 剂量监测仪，并为每名辐射工作人员配备个人剂量计和剂量报警仪。

2、个人剂量监测

辐射工作人员工作时应佩戴个人剂量计，并定期（一季度 1 次）送有资质部门进行监测，并建立个人剂量档案，加强档案管理。

3、工作场所辐射监测

公司须定期（每年 1 次）委托有资质的单位对加速器机房周围环境进行监测，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境局上报备案。

- (1) 监测频度：每年常规监测一次。
- (2) 监测范围：辐照室和主机室的四周屏蔽墙外、防护门外及缝隙处、控制室内。
- (3) 监测项目：X- γ 辐射剂量率。
- (4) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

12.5 辐射事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院第 449 号令）、其它有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，企业必须结合自身实际，建立《辐射事故应急方案》。对突发放射性事故，企业应坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。同时要不断完善应急反应机制，增强应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。

1、组织机构及职责

(1) 由辐射防护领导机构全面负责辐射事故的应急处理，保障事故处理的有效性、快捷性。

(2) 由总经理或行政主管领导担任总指挥。其职责：听取事故情况汇报，并组织放射防护安全管理领导小组会议，制定处理方案，并及时向环保部门、卫生部门和公安部门报告。

(3) 辐射防护领导机构其它成员在总指挥的统一领导下，开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

2、应急处置程序

(1) 发生放射性事故时，现场工作人员应立即采取切断射线装置电源、并报告公司领导。

(2) 公司领导接到报告必须立即赶往现场，并采取封闭现场等有效措施，防止事故的进一步扩大和蔓延，2 小时内填写辐射事故初始报告表，明确事故类型（丢失、被盗、误照射等），并根据事故类型及时（两小时内）向当地环保、卫生、公安等职能部门报告。

(3) 环保部门接到事故报告后立即赶赴现场，进行处理，企业应积极配合，做好相关工作。

(4) 事故发生后，企业应认真配合环保部门进行调查。

3、还需包括辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

4、该公司应每年至少组织一次事故应急演练，演习报告存盘。

12.6 安全培训及健康管理

(1) 公司须组织从事辐射操作的工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护平台学习相关知识并经考核合格取得相应资格上岗证后才能上岗。取得辐射安全培训合格证书的人员，应按要求定期接受继续教育，包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验回馈等内容。

(2) 辐射工作人员均须配备个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到有资质的单位监测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理：个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满 75 周岁或停止辐射工作满 30 年。

(3) 公司须组织辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

表 13 结论与建议

13.1 产业政策符合性和实践的正当性

浙江物产中大线缆有限公司新增 3 台电子加速器，项目建设属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》中第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

其加速器运行时至辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，只要按规范操作，该公司使用加速器是符合辐射防护“正当实践”原则。因此，该项目使用电子加速器的目的是正当可行的。

13.2 选址合理性

本项目加速器机房评价范围 50m 内主要为厂区内生产车间和厂区外道路，无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。

且项目利用自有地块新建厂房，该地块为工业用地，符合土地利用规划。从辐射环境保护方面论证，本项目选址是合理可行的。

13.3 辐射环境影响分析

通过类比监测分析，本项目建成后，辐射工作人员的附加年有效剂量当量将低于年剂量管理限值 5mSv，公众成员低于 0.1mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《粒子加速器辐射防护标准》（GB5172-85）的要求。

13.4 污染防治措施

公司在辐照室运行前需落实以下污染防治措施：

（1）防护门联锁：防护门采用门机联锁装置，门打开时，通过门上的限位联锁装置切断加速器电源，防止人员误照，为第一道安全防护措施。门机联锁装置运行正常。
光电装置：辐照室和主机室迷宫口均装有光电装置，并发出光、报警，并自动切断加速器电源。

(2) 红外感应系统联锁：电子加速器辐照室、主机室迷道的入口处及转角处设有幕帘式红外感应系统。当有人误入时通过红外感应系统自动切断加速器电源，防止产生误照。

(3) 紧急停机开关：在辐照室和主机室的墙上都有紧急停机开关。

(4) 信号系统：在辐照室和主机室的出入门外都有双色信号灯，直接告知工作状态，并与联锁装置连接。

(5) 实时摄像监视系统：在辐照室内安装实时摄相监视器，使操作位上工作人员能清楚地观察到辐照室内情况。

(6) 声光警示系统：电子加速器辐照室外设有警铃和灯光警示装置，加速器开机前 15 秒前警铃鸣，灯光闪。

(7) 信号指示系统：电子加速器辐照室防护门处设置信号装置，用红、绿两种颜色的灯，分别显示运行、停机等不同状态。

(8) 剂量率监测系统：电子加速器辐照室防护门口设有剂量率实时监测系统。

(9) 加速器辐照室周围均须设置电离辐射警告标志，并用中文注明“当心电离辐射”，主机室和辐照室迷道入口外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(10) 各项辐射环境管理规章制度应张贴于工作现场处。

(11) 主机室和辐照室均设置机械通风设施，工作期间应保证机械通风的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度。

(12) 公司须给每个辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪，个人剂量计每季度送有资质单位检测，并建立个人剂量档案。

(13) 2.0MeV 和 2.5MeV 辐照室的风机排放量最大分别为 5000m³/h 和 6000m³/h，停机后分别继续排 0.23h、0.19h，排风口高度高于屋面 0.4m 以上。

(14) 在主机室和辐照室内设置复位开关，每次开机运行前由的加速器控制人员进入主机室和辐照室进行巡检并依次打开复位开关，确保主机室和辐照室内无人员滞留时方可开机。

(15) 为防止臭氧和氮氧化物对工作人员的影响，公司应配备防护服和口罩或面罩，工作人员进入加速器机房前应该穿戴。

13.5 辐射环境管理制度

公司应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，项目从事辐射操作前，必须制订《放射防护安全管理机构及职责》、《辐射安全管理制度》、《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》、《自行检查和年度评估制度》、《辐射工作安全责任书》等规章制度。

13.6 安全培训及健康管理

辐射工作人员经学习考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并须佩戴个人剂量计，每 3 个月检测一次，建立个人剂量档案。辐射工作人员上岗前须进行体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。

辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案，档案保存时限为工作人员年满 75 岁或工作人员停止辐射工作后 30 年。

13.7 结论

综上所述，浙江物产中大线缆有限公司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，新建的 3 台加速器开展辐照工作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，本项目的建设和运行是可行的。

13.8 承诺和建议

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

(2)项目批复后，试运行期间发现问题及时整改，经企业自主验收合格后方可投入正式运行，并接受环保部门的监督检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

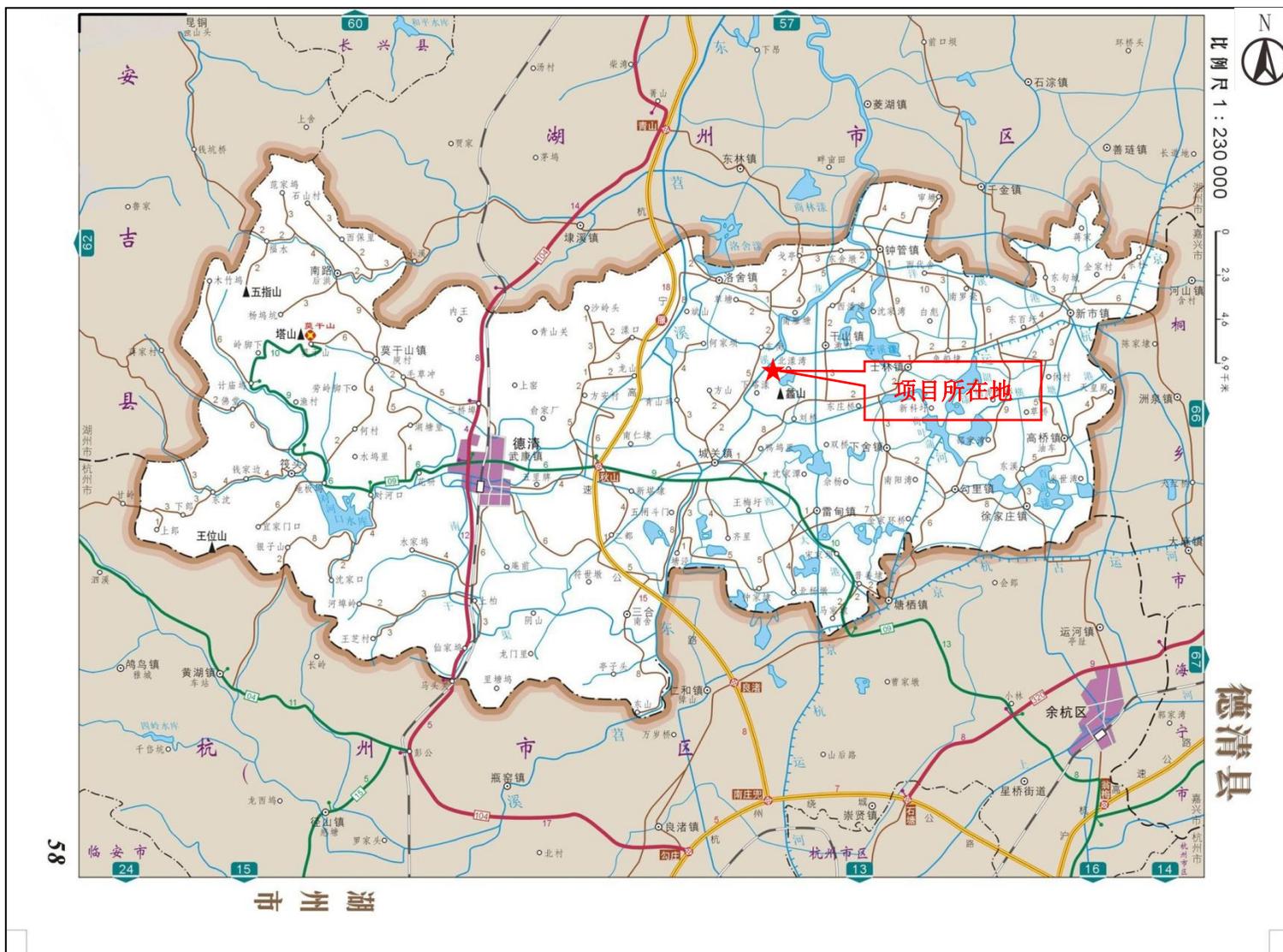
公章

经办人
年 月 日

审批意见：

公章

经办人
年 月 日



附图 1：项目地理位置图



附图 2 项目周边环境概况及评价范围



东侧实景图



南侧实景图

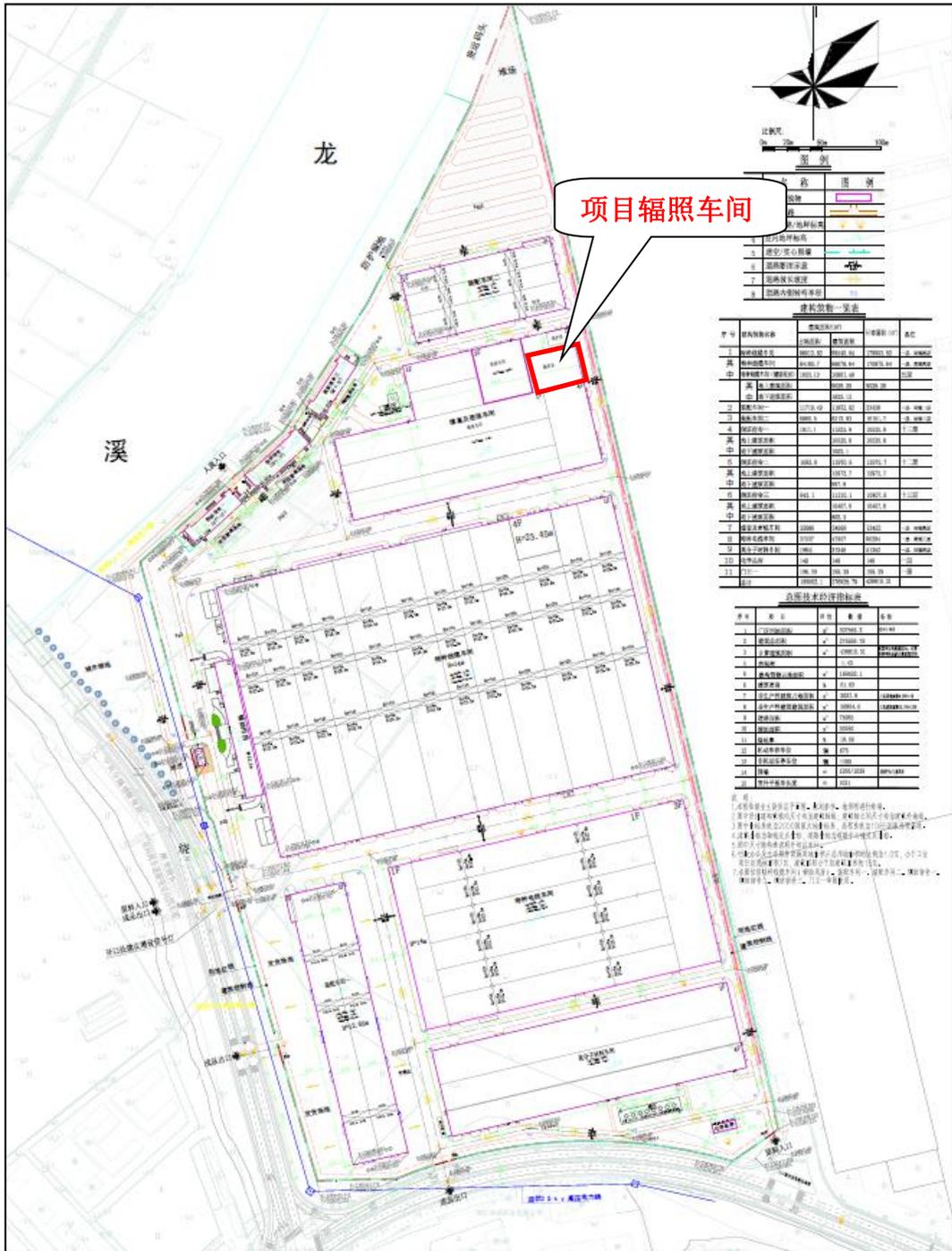


西侧实景图

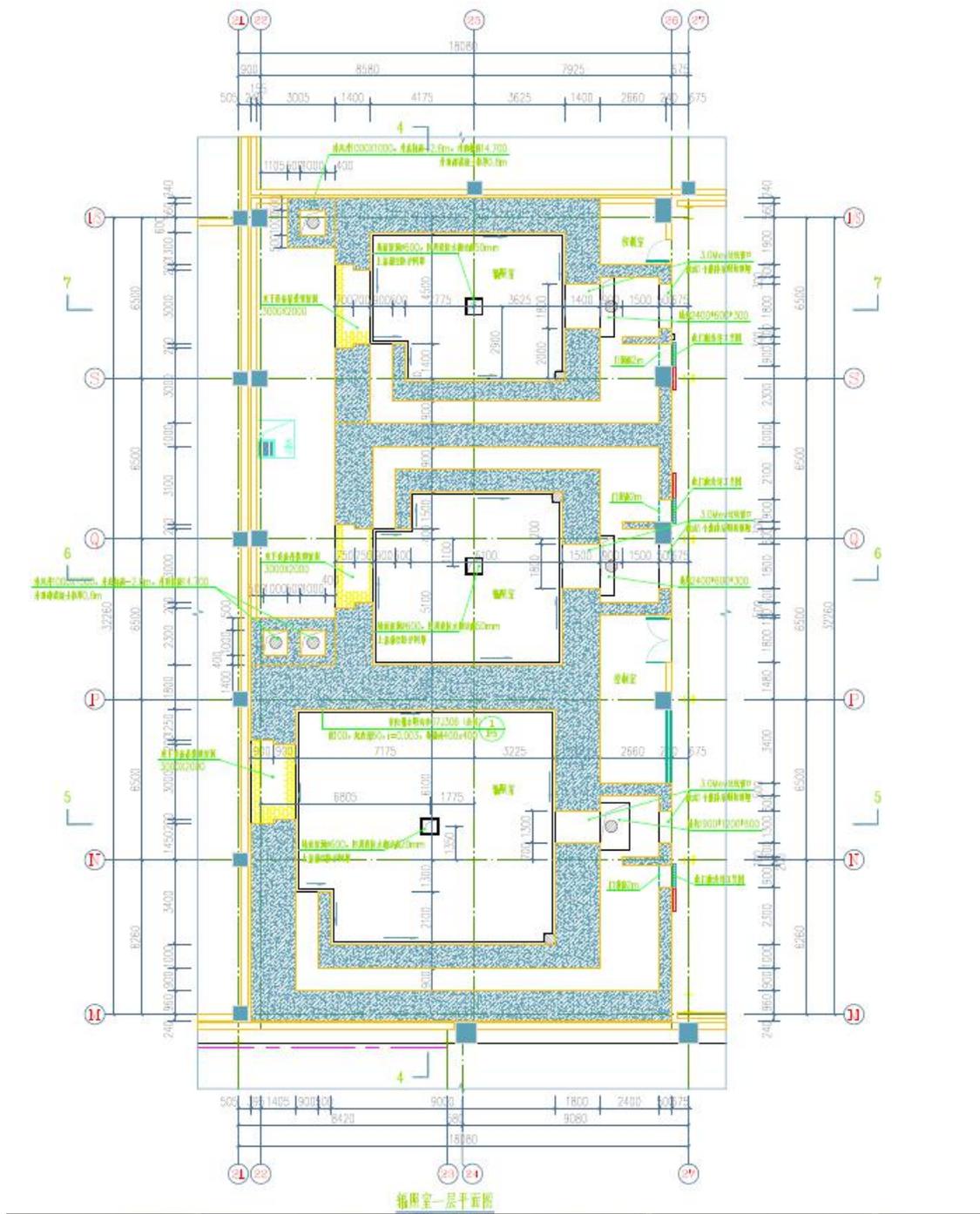


北侧实景图

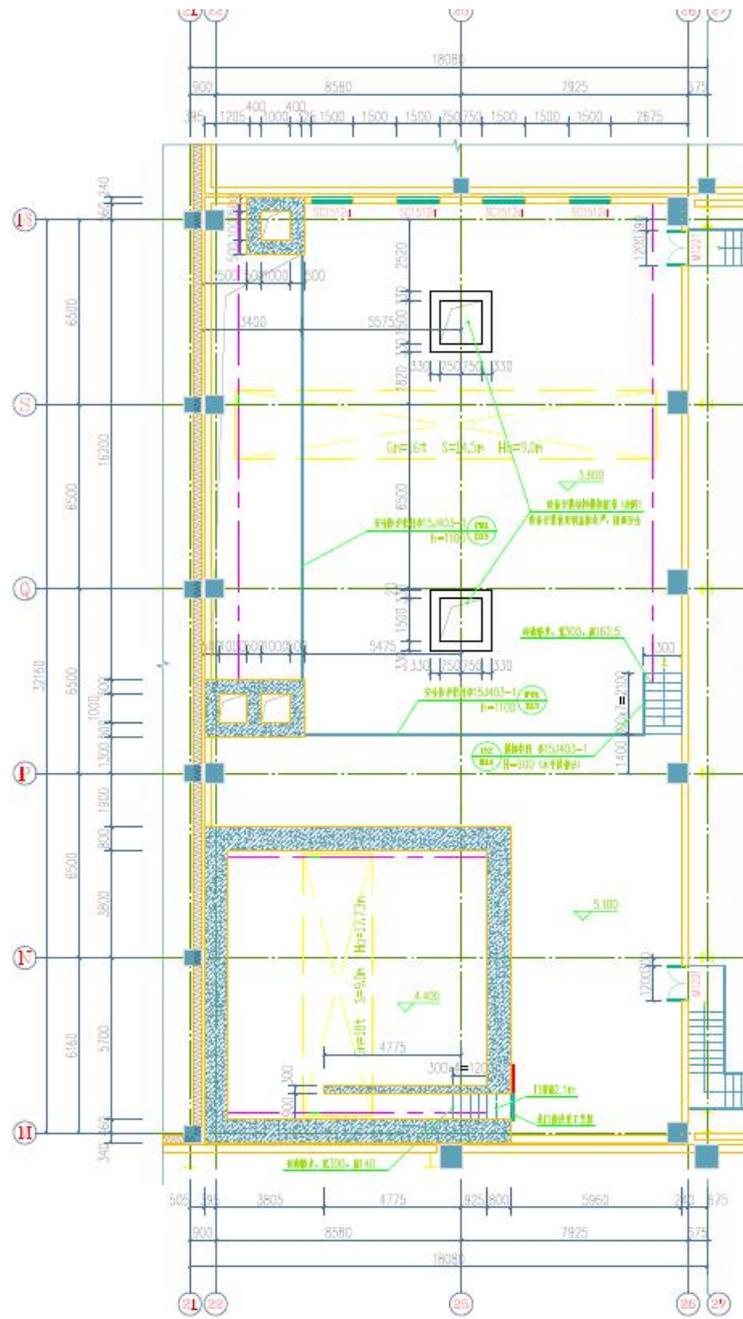
附图 3 项目周边环境实景图



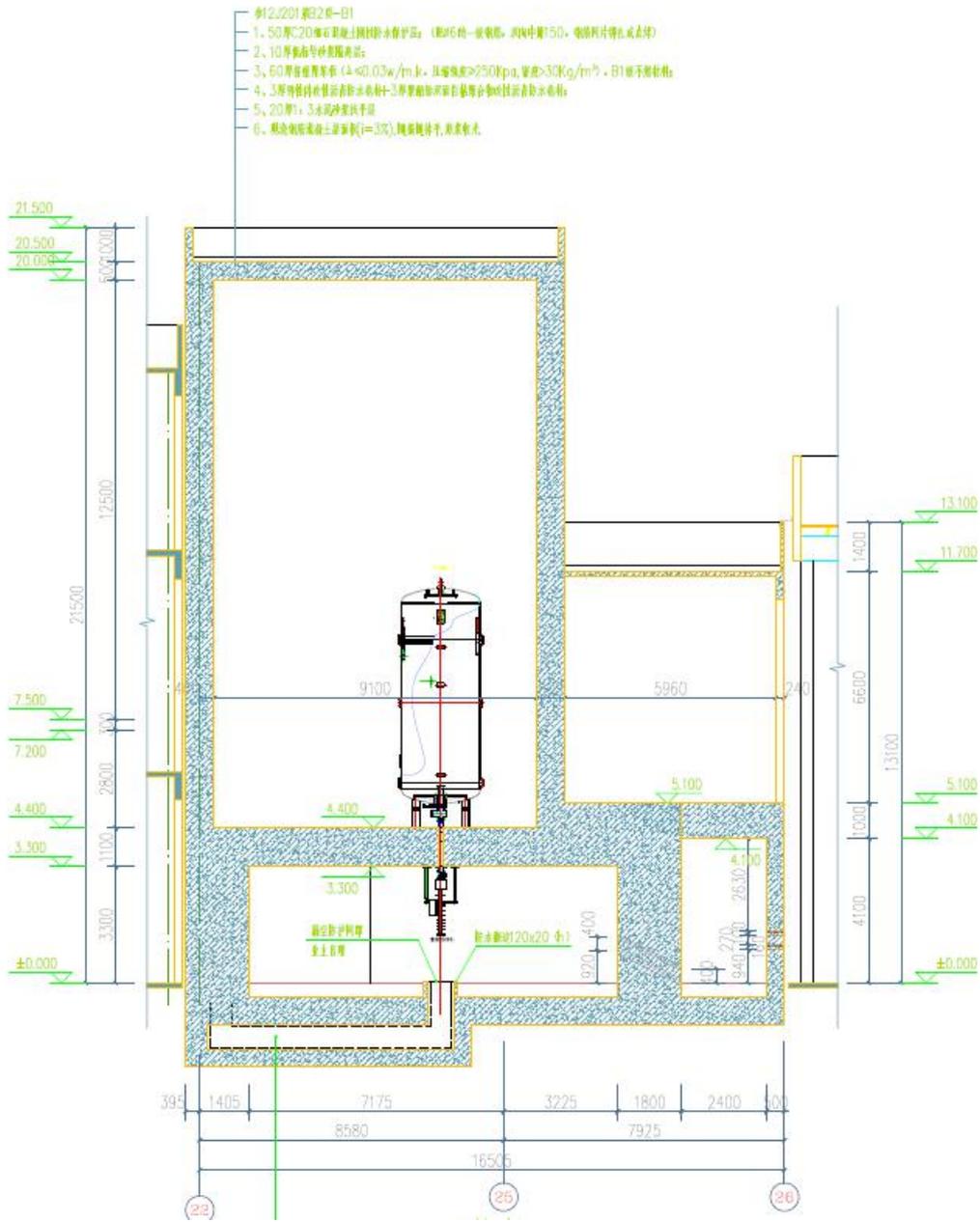
附图 4 物产中大西厂区总平面图



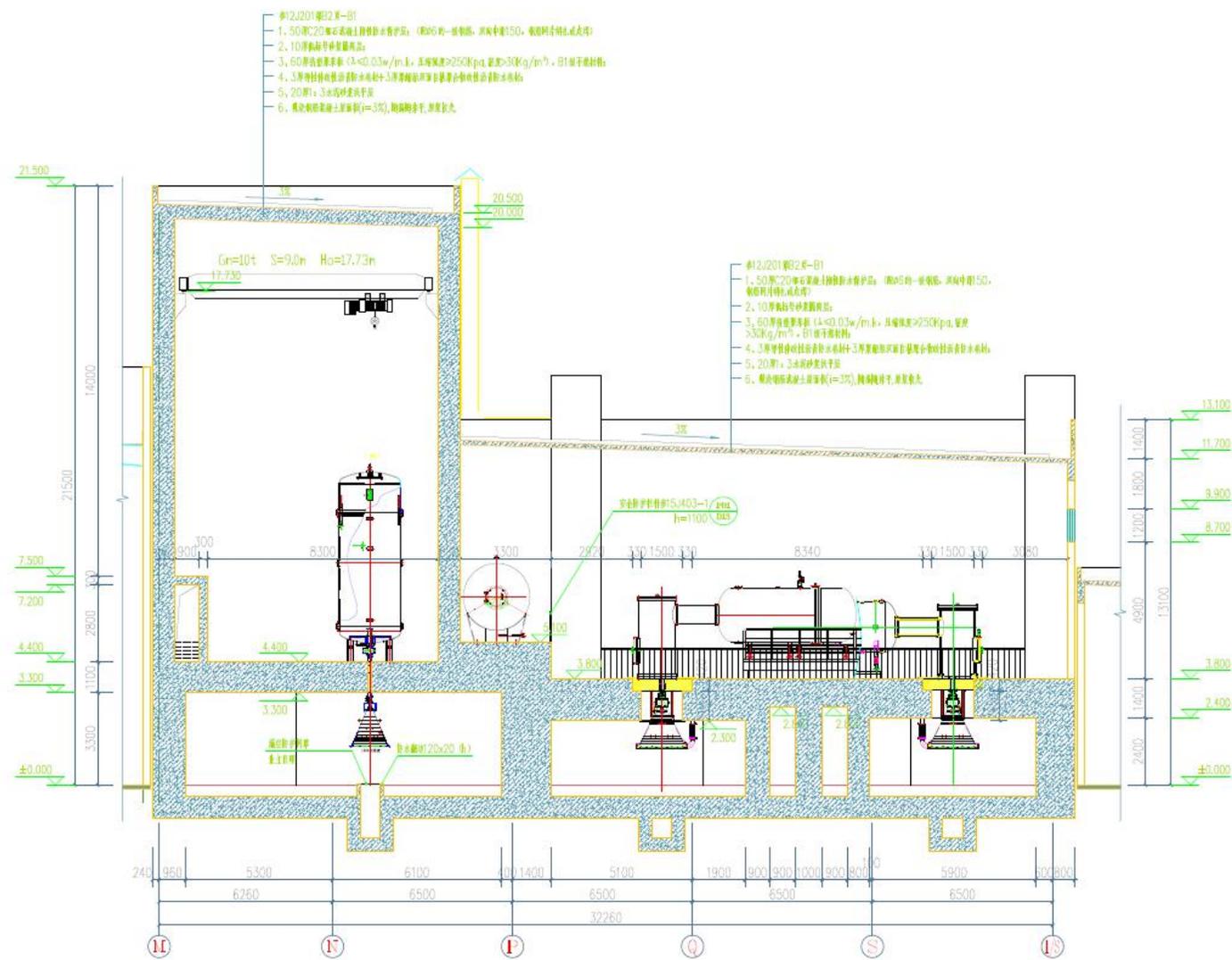
附图 5：加速器一层平面布置图



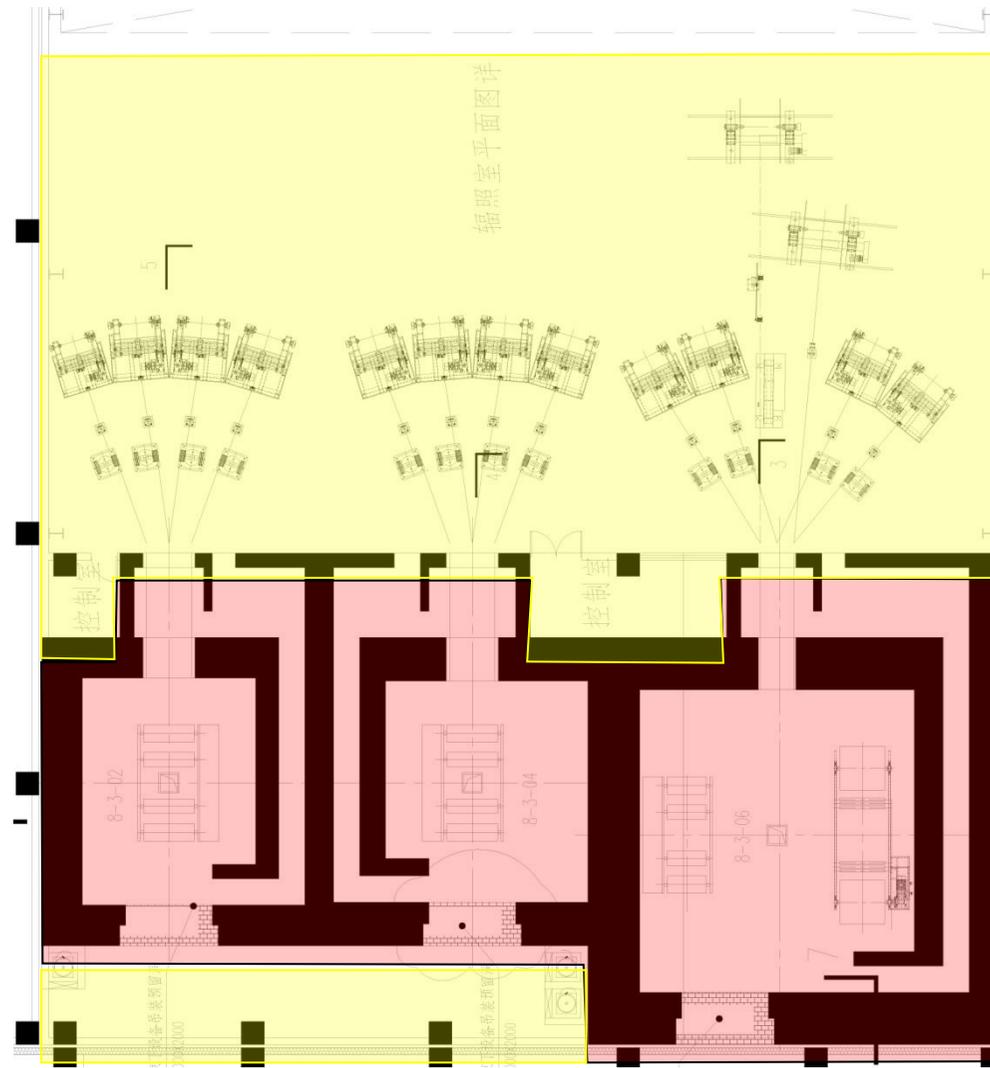
附图 6：加速器二层平面布置图

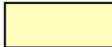


附图 7-1: 加速器剖面图

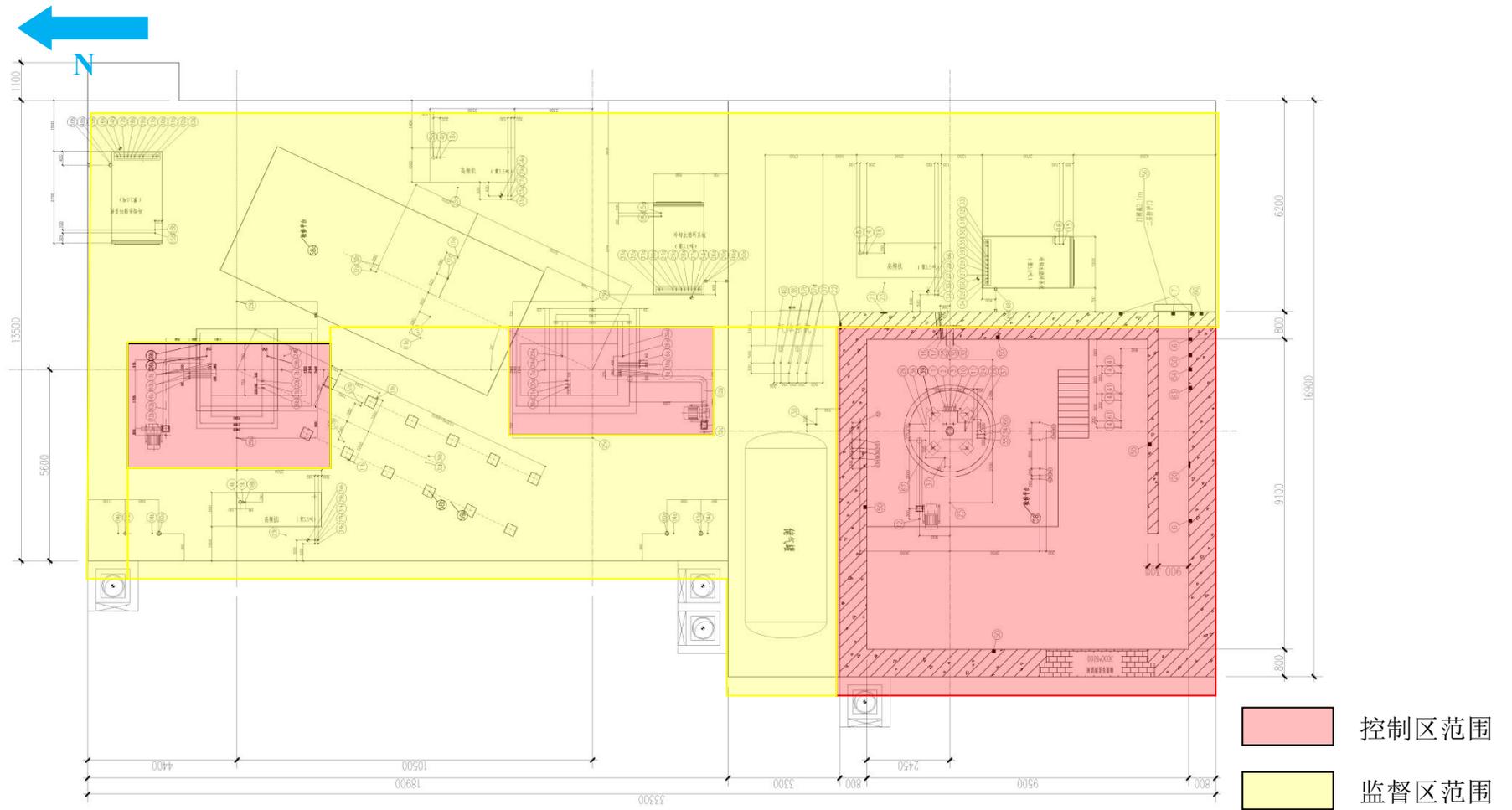


附图 7-2：加速器剖面图

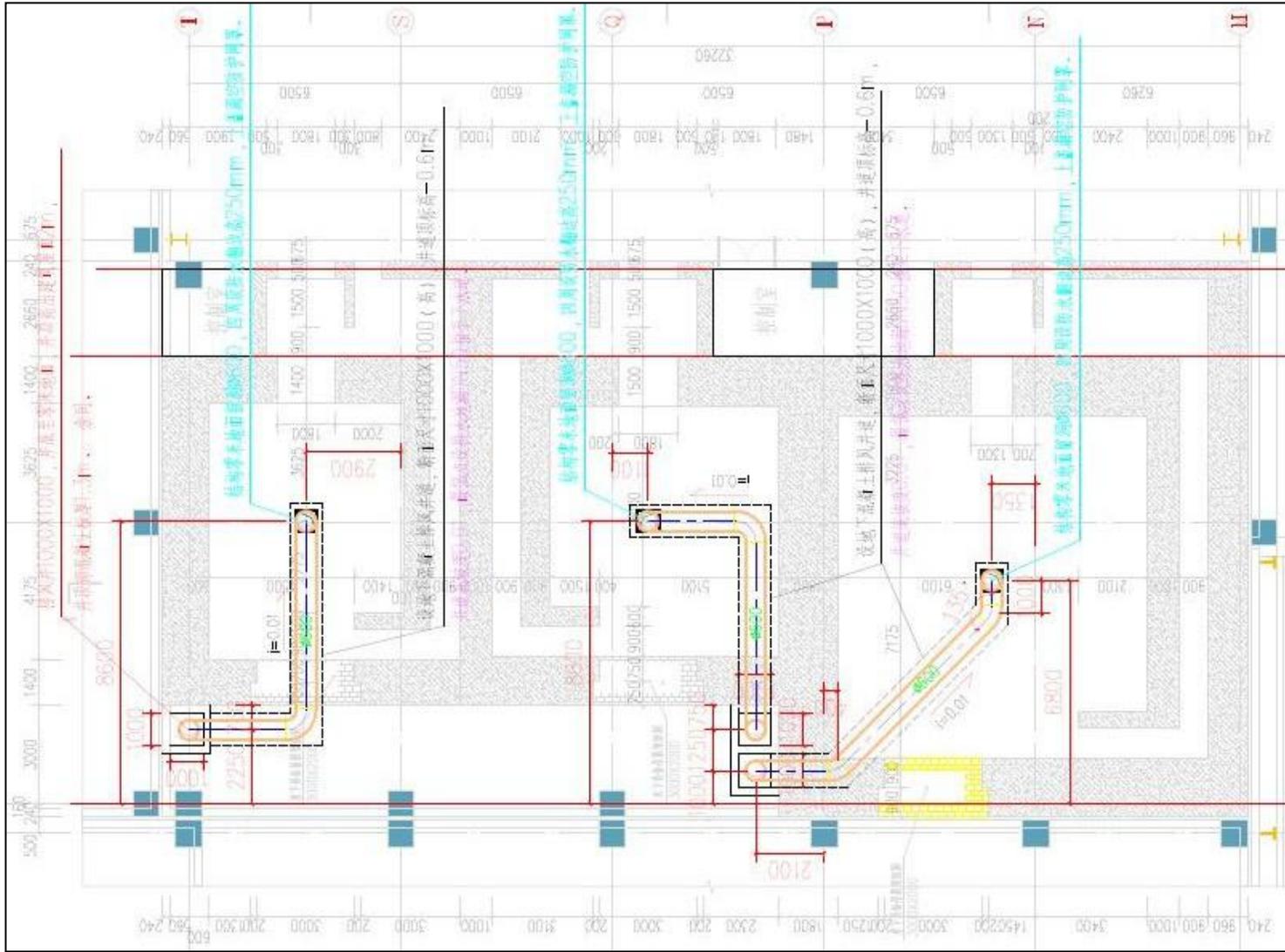


-  控制区范围
-  控制区范围

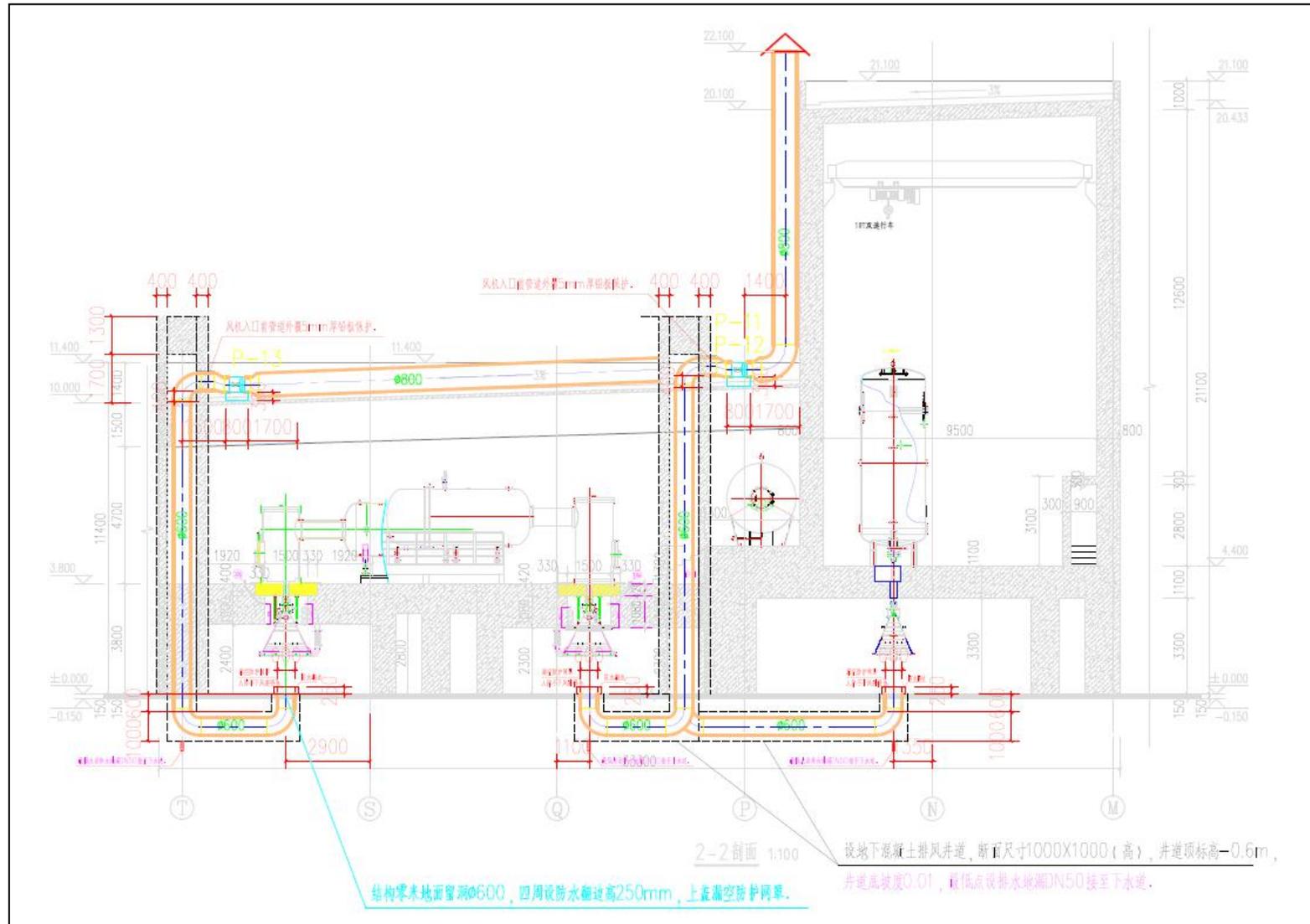
附图 8-1 辐照室两区分布布置图



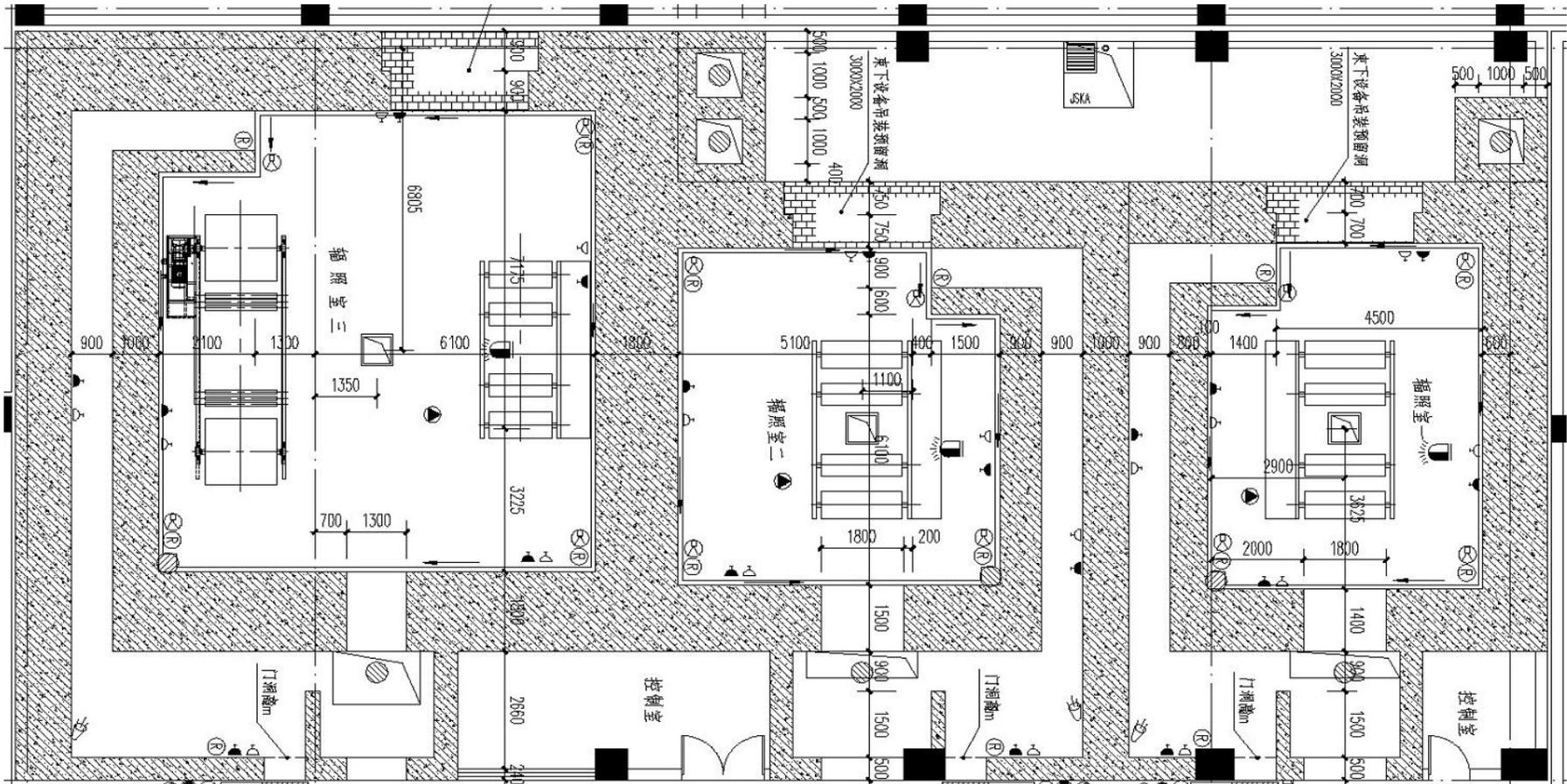
附图 8-2 主机室两区分布示意图



附图 9-1 加速器剖通风管道平面布置图



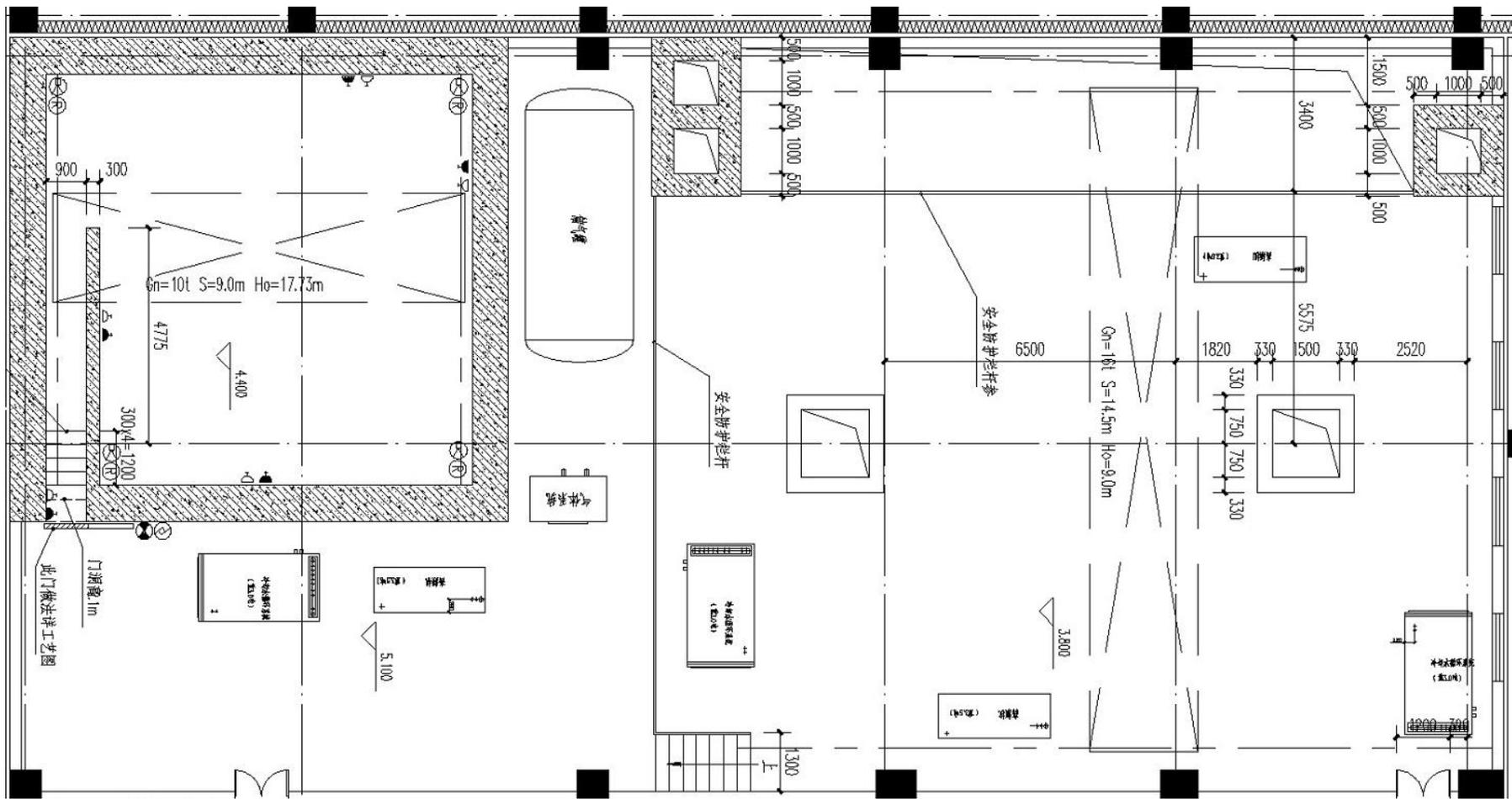
附图 9-2 加速器通风管道剖面布置图



图例

- | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|-------|---|---------|---|------|---|-------|
| ⊕ | 冷水给排水 | ⊙ | 联锁机构 | ⌈ | 双梁桥式起重机 | ▲ | 局部通风 | ⊗ | 摄像头 |
| ⊕ | 排水 | ⊙ | 蜂鸣信号器 | ▭ | 地坑 | ● | 地漏 | △ | 巡检按钮 |
| ⊙ | 全室通风 | ⊙ | 暗室红灯 | ┌ | 通道 | → | 铁栏杆 | ⊕ | 剂量显示灯 |
| ▨ | 混凝土墙 | ⊙ | 红色信号灯 | — | 移动式铅门 | ☑ | 烟雾报警 | ⊕ | 剂量显示灯 |

附图 10：一层加速器机房安全措施布置图



图例

- | | | | | |
|---|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ⊕ 冷水给排水 ⊕ 排水 ⊕ 全室通风 ▨ 观城土墙 | <ul style="list-style-type: none"> ⊙ 联锁机构 ⊙ 蜂鸣信号器 ⊙ 暗室红灯 ⊙ 红色信号灯 | <ul style="list-style-type: none"> ⌌ 双梁桥式起重机 ▭ 地坑 — 通道 — 移动式铝门 | <ul style="list-style-type: none"> ▲ 局部通风 ● 地漏 — 铁栏杆 ☹ 烟雾报警 | <ul style="list-style-type: none"> ⊕ 摄像头 △ 急停按钮 ▲ 警告按钮 ⊕ 剂量显示灯 ⊕ 剂量显示灯 |
|---|--|--|---|---|

附图 11: 二层加速器机房安全措施布置图

附件 1：企业营业执照



附件 2: 大环评批复

和岗位责任制,配备环保管理人员,加强原料的运输、贮存、使用过程的管理;做好环保设施的日常检修维护,确保环保设施稳定正常运行和污染物的稳定达标排放,杜绝跑、冒、滴、漏现象。

六、严格执行环境防护距离要求。根据环评报告计算结果,本项目不需设置大气环境防护距离。其他各类距离要求,请建设单位、当地政府和有关部门按照国家卫生、安全、产业等主管部门相关规定予以落实。

七、建立健全项目信息公开机制,按照环保部《建设项目环境影响评价信息公开机制》(环发〔2015〕162号)等要求,及时、如实向社会公开项目开工前、施工过程中、建成后全过程信息。

八、项目建设必须严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工,同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目竣工后,须依法依规开展建设项目竣工环保验收,环保设施验收合格后,主体工程方可正式投入生产或使用。

九、环评文件经批准后,该项目的性质、规模、地点或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动,应当重新报批环评文件。自环评文件批复之日起,项目超过 5 年方决定开工建设,环评文件应当报我局重新审核。



德清县环境保护局办公室

2018年12月10日印发

- 4 -

德清县环境保护局文件

德环建〔2018〕162号

德清县环境保护局关于浙江物产中大线缆有限公司年产 335000km 电线电缆项目环境影响报告表的批复意见

浙江物产中大线缆有限公司:

你公司要求批复项目环境影响报告表的申请,落实环保措施的承诺书及杭州环保科技咨询有限公司编制的《浙江物产中大线缆有限公司年产 335000km 电线电缆项目环境影响报告表》已收悉,根据环评文件结论、《浙江省建设项目环境影响评价文件分级审批管理办法》(浙政办发〔2014〕86号)及《浙江省建设项目环境管理办法》(省政府 364 号令),经研究,对该项目环境影响报告表的批复意见如下:

- 1 -

一、该项目拟建地址为德清县乾元镇明星村,项目建成后形成年产 335000km 电线电缆的能力。在落实各项环境保护措施且污染物达标排放并符合总量控制要求的前提下,我局原则同意《浙江物产中大线缆有限公司年产 335000km 电线电缆项目环境影响报告表》。

二、项目建设与运行管理中应重点做好的工作:

(一)加强废水污染防治。项目生活污水经化粪池预处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准及《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB33/887-2013)后纳管至当地污水处理厂做进一步达标处理,不得有生产废水产生及外排。

(二)加强废气污染防治。落实环评中提出的废气治理措施,项目投料工序须配置粉尘治理装置,造粒、成缆等工段须配置集气罩对有机废气进行有效收集,收集后有机废气通过废气治理装置处理,再通过不低于 15 米排气筒有组织排放,项目非甲烷总烃排放须满足《合成树脂工业污染物排放标准》(GB31572-2015)中相应标准,项目颗粒物、氯化氢排放须满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)“新污染源,二级标准”,恶臭废气排放须满足《恶臭污染物排放标准》(GB14554-1993)中相应标准限值;食堂须安装油烟净化装置,油烟排放须满足《饮食业油烟排放标准》(GB18483-2001)。

(三)加强噪声污染防治。合理安排车间布局,对噪声强度大的设备应采取隔音、消声、减震等降噪措施,噪声排放须执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)相应标准。

- 2 -

(四)加强固废污染防治。建立固体废物台账制度,规范设置废物暂存库,并设置规范的废物识别标志,做好防风、防雨、防晒、防渗漏等工作,危险固废和一般固废进行分类收集、堆放、分质处置。一般固废的贮存和处置须符合《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)。危险固废须按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)进行收集、贮存,并委托资质单位进行处置,规范转移,并严格执行转移联单制度。

(五)加强项目施工期环境管理。认真落实施工期各项污染防治措施,合理安排各类施工机械工作时间,确保施工场界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准;施工废水、生活污水按环评提出的治理措施妥善处理;有效控制施工扬尘,妥善处置施工弃土、弃渣和固体废弃物,防止施工废水、扬尘、固废、噪声、振动等污染环境。

三、企业应按照清洁生产要求,不断采取改进设计,使用清洁能源和原料,采用先进工艺技术与设备,改善管理,综合利用,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少生产过程中污染物的产生和排放。

四、严格落实污染物排放总量控制措施及排污权有偿使用与交易制度。在项目发生实际排污行为之前,你公司须完成排污权交易,依法申领或变更排污许可证,并按证排污。本项目投产后,企业须严格按照有关要求落实总量控制及节能减排措施,各项污染物排放总量控制在环评明确的指标内。

五、加强日常环保管理。你公司应建立健全各项环保规章制度

- 3 -

附件 3：检测报告

报告编号：HAJC20-06-0090

第 1 页 共 4 页

注：未经本公司书面允许，对本检测报告复印、局部复印等均属无效，本单位不承担任何法律责任。



正本

辐射环境监测报告

项目名称：浙江物产中大线缆有限公司工业辐照
电子加速器应用项目辐射环境本底监测
委托单位：浙江物产中大线缆有限公司
受检单位：浙江物产中大线缆有限公司
监测地址：浙江省湖州市德清县乾元镇明星村
监测类别：委托监测



湖州环安检测有限公司

2020年06月

检测专用章

监测报告说明

1. 本机构保证监测工作的公正性、独立性和诚实性, 对监测的数据负责, 对受检单位和委托方的监测样品、技术资料及监测报告等严格保密和保护所有权。
2. 监测与评价工作依据有关法规、协议和技术文件进行。
3. 本报告无主检人、审核人和批准人签字, 或有涂改、增删或未加盖本单位红色检验检测专用章的无效。
4. 本报告不得部分复制, 经同意复制的复制件未重新加盖本单位红色检验检测专用章的无效。
5. 监测数据仅对所检样品负责, 送样委托监测, 仅对来样负责。
6. 对本监测报告有异议者, 请于收到报告之日起十五日内向本单位提出, 逾期不予受理。
7. 本报告正文共 4 页, 报告一式 两 份 (委托单位一份; 技术服务机构一份)。

监测与评价单位: 湖州环安检测有限公司

技术档案存放处: 公司档案室

联系地址: 浙江省湖州市百盛国际大厦 1030 室

邮政编码: 313000

联系电话: 0572-2677986

联系人: 朱华斌

辐射环境监测报告

委托单位	浙江物产中大线缆有限公司					
联系人	宋斌	联系电话	18957173699			
受检单位	浙江物产中大线缆有限公司	联系人	宋斌			
单位地址	浙江省湖州市德清县乾元镇 明星村	联系电话	18957173699			
监测日期	2020年06月15日	报告日期	2020年06月17日			
监测项目	γ 射线剂量率					
监测环境	气温: 26℃; 湿度: 59%RH;					
监测场所	拟建址周围环境					
监测仪器	名称	型号	编号	有效量程	能量响应	检定/校准有效期
	X、γ 辐射剂量率仪	AT1121	2018003	50nSv/h~ 10Sv/h, 10nSv~ 10Sv	X: 15keV~ 10MeV、 γ	2019.11.20- 2020.11.19
监测标准	《环境地表 γ 辐射剂量率的测定规范》GB/T 14583-1993 《辐射环境监测技术规范》HJ/T 61-2001					

一、监测结果

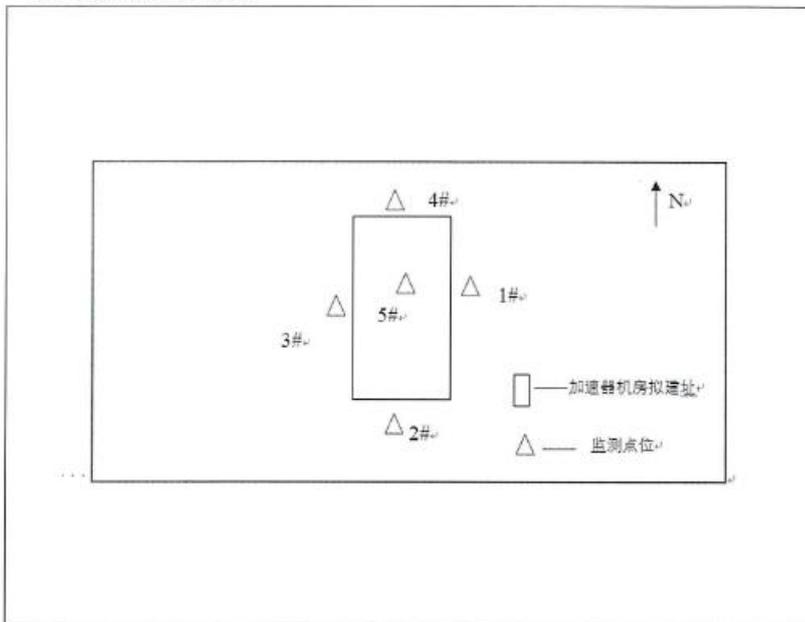
1、浙江物产中大线缆有限公司工业辐照电子加速器应用项目:

(1) 拟建址周围环境 γ 射线剂量率检测结果:

监测点号	监测点位置	监测结果(nSv/h)	
		校正值	标准差
1	项目东侧	104	3
2	项目南侧	98	3
3	项目西侧	101	2
4	项目北侧	105	3
5	加速器机房拟建址中间	96	4

注: 以上监测结果均未扣除宇宙射线的响应。

(2) 监测点布置平面图:



三、结论

由监测结果可知, 浙江物产中大线缆有限公司工业辐照电子加速器应用项目拟建址周围环境 γ 射线剂量率为 (96~105) nSv/h。

主检人(签名): *[Signature]*

校对(签名): *[Signature]*

审核人(签名): *[Signature]*

批准人(签名): *[Signature]*



————— 以下空白 —————

附件 4：专家意见

浙江物产中大线缆有限公司工业辐照电子加速器应用项目

环境影响报告表函审意见

专家	赵冠军	职称	高级工程师	专业	辐射环境监测与评价
单位	浙江省电力设计院	电话	13777410927	日期	2020.6.10
<p>一、报告表内容全面，重点突出，评价因子、范围合适，报告表编制规范，评价结论基本可信，经补充完善后可作为环评审批和环境管理的依据。</p> <p>二、建议补充、完善以下内容：</p> <p>1、完善电缆辐照改性的流程说明，明确电缆的进线方式，正常工作时操作人员是否需要进入主机室和辐照室等情况；</p> <p>2、结合机房的平面图，完善机房拟设置的紧急开关、红外线感应系统等安全措施的设置位置和数量情况；</p> <p>3、结合项目的辐照时间和加速器机房的数量，核实项目拟配置辐射工作人员的数量要求；</p> <p>4、明确公司辐射检测仪表的配置要求及日常巡测的管理要求。</p> <p>赵冠军</p> <p>2020年6月10日</p>					

浙江物产中大线缆有限公司

工业辐照电子加速器应用项目环境影响报告表函审意见

专家	刘新伟	职称	高级工程师	专业	辐射环境监测与评价
单位	浙江国辐环保科技有限公司			日期	2020.6.14
<p>一、报告表内容全面，重点突出，评价因子、范围合适，报告表编制规范，评价结论基本可信，经补充完善后可作为环评审批和环境管理的依据。</p> <p>二、建议完善以下内容：</p> <p>1、补充完善加速器各层总平面布置图(需标注尺寸及屏蔽厚度，据此对应核实辐照室工程屏蔽防护表相关参数；</p> <p>2、工艺流程中结合总平图、剖面图完善电缆辐照流程示意图；</p> <p>3、根据入射角等于反射角的原理核实辐照室散射路径示意图中射线走向（图 11-4）；</p> <p>4、根据最新要求完善辐射工作人员上岗考试要求；根据最新竣工环保验收管理办法完善核实企业今后竣工环保验收的相关主体及要求。</p> <p style="text-align: right;">刘新伟</p>					

附件 5：专家意见修改清单

浙江物产中大线缆优秀按公司工业辐照电子加速器应用项目

专家意见修改对照表

序号	函审意见	对照修改内容
意见 1		
1	完善电缆辐照改性的流程说明，明确电缆的进线方式，正常工作时操作人员是否需要进入主机室和辐照室等情况	已修改，详见 P22
2	结合机房的平面图，完善机房拟设置的紧急开关、红外线感应系统等安全措施的设置位置和数量情况	已补充，详见附图 10、附图 11
3	结合项目的辐照时间和加速器机房的数量，核实项目拟配置辐射工作人员的数量要求	已核实并修改，有效剂量也重新估算，详见 P44、45
4	明确公司辐射检测仪表的配置要求及日常巡测的管理要求	已补充说明，详见 P52、53
意见 2		
1	补充完善加速器各层总平面布置图(需标注尺寸及屏蔽厚度，据此对应核实辐照室工程屏蔽防护表相关参数	已补充核实，详见附图 1、附图 2
2	工艺流程中结合总平图、剖面图完善电缆辐照流程示意图	已完善，详见 P22、P23
3	根据入射角等于反射角的原理核实辐照室散射路径示意图中射线走向（图11-4）；	已核实，已按最不利反射路径考虑，详见图 11-4
4	根据最新要求完善辐射工作人员上岗考试要求；根据最新竣工环保验收管理办法完善核实企业今后竣工环保验收的相关主体及要求。	已修改完善，详见 P55

