

核技术利用建设项目  
新建工业电子辐照加速器项目  
环境影响报告表

江苏雷大加速器有限公司

年 月

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

## 新建工业电子辐照加速器项目

### 环境影响报告表

建设单位名称： 江苏雷大加速器有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）： \_\_\_\_\_

通讯地址： 连云港经济开发区中德园中小企业产业园 B2-2 号

邮政编码： 222000 联系人： 陈 旭

电子邮箱： njgnkj@126.com 联系电话： 13805186562

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		新建工业电子辐照加速器项目			
建设单位		江苏雷大加速器有限公司			
法人代表	陆锐锋	联系人	陈旭	联系电话	13805186562
注册地址		连云港市经济技术开发区黄海大道与大浦路交叉口开发区中德园中小企业产业园 B2-2 号			
项目建设地点		连云港经济开发区中德园中小企业产业园 B2-2 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1500	项目环保投资（万元）	500	投资比例（环保投资/总投资）	30%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
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 用放射性物质		
		<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	/			
<b>项目概述</b>					
<b>1、建设单位简要概况</b>					
江苏雷大加速器有限公司成立于 2016 年 10 月 11 日，注册地址位于连云港市经济技术开发区黄海大道与大浦路交叉口开发区中德园中小企业产业园 B2-2 号。公司是主营辐照加工业务的高能电子加速器辐照中心，主要采用自行研制的 10MeV/20KW 高能电子加速器辐照装置对食品、医疗用品及器械、药材、卫生用品、化妆品、宠物饲料等进行辐照加工服务。					
<b>2、建设项目规模</b>					
公司因业务发展需要，拟在厂区新建 1 座加速器机房，机房内拟配备一台电子辐照加速器（加速器参数见表 1-1），对食品、医疗用品及器械、药材、卫生用品、化妆					

品、宠物饲料等进行辐照加工服务。

表 1-1 本项目加速器参数一览表

序号	射线装置名称	数量	电子束最大能量 MeV	最大束流强度 mA	射线装置类别	工作场所名称	备注
1	DL-DZ-10/20-III型辐照加速器	1	10	2	II	辐照室	本次环评未验收未许可

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，使用射线装置的单位应当在申请许可证前编制环境影响评价文件。受江苏雷大加速器有限公司委托，江苏智圆行方环保工程有限公司（国环评证乙字第 1967 号）承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测（委托常州环宇信科环境检测有限公司监测）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

### 3、项目周边情况及保护目标

江苏雷大加速器有限公司位于连云港经济开发区中德园中小企业产业园 B2-2 号，公司地理位置图见附图 1。江苏雷大加速器有限公司厂区东侧、南侧及北侧均依次为园区内道路及企业，西侧为云桥路。

本项目辐照加速器机房拟建场址位于公司车间内中部东侧，辐照加速器机房拟建场址东侧为车间区域及园区道路，南侧、西侧及北侧均为车间区域。公司厂区平面及周围环境示意图见附图 2。

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，确定以辐照加速器机房拟建场址边界周围 50m 的范围作为本项目的的评价范围。本项目评价范围内无居民区、学校等敏感点，保护目标主要为辐射工作人员及车间内其他员工。

**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	辐照加速器	II	1	DL-DZ-10/20-III	电子	10	2mA	电子束加工	辐照室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	/	/	/	通过排风系统排入外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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<sup>3</sup>，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<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订版), 2015 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2016 年修正版), 2016 年 9 月 1 日起施行;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》, 国务院令第 253 号, 1998 年 11 月 29 日起施行;</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2014 年修正版), 国务院令第 653 号, 2014 年 7 月 29 日起施行;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(修订版), 环境保护部令第 3 号, 2008 年 12 月 6 日起施行;</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(修订版), 环境保护部令第 33 号, 2015 年 6 月 1 日起施行;</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》, 国家环境保护总局文件, 环发[2006] 145 号文;</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》, 国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号, 2006 年 5 月 30 日起施行;</p> <p>(11) 《江苏省辐射污染防治条例》, 江苏省人大常委会公告第 142 号, 2008 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(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, 2016 年 3 月 7 日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)</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>

其他	<p>报告附件：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 项目委托书（附件 1）</li><li>(2) 射线装置使用情况承诺书（附件 2）</li><li>(3) 辐射环境现状检测报告（附件 3）</li><li>(4) 辐射污染防治措施一览表（附件 4）</li></ul>
----	---

## 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，确定以加速器机房拟建场址边界周围 50m 的范围作为本项目的的评价范围。

### 保护目标

根据下图 7-1 可知，本项目评价范围内无居民区、学校等敏感点，保护目标主要为其工作人员及车间内其他员工。



图 7-1 本项目评价范围及周围环境图

## 评价标准

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

工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①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; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②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。

### (2) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-1985)

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(0.5rem)。

2.10 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等, 对关键居民组中的个人造成的有效剂量当量应低于每年 0.1mSv (10mrem)。

#### 3.2 辐射屏蔽

3.2.1 加速器的屏蔽体厚度必须根据加速粒子的种类、能量和束流强度以及靶材料等综合考虑; 按其可能的最大辐射输出进行设计。

3.2.2 加速器的屏蔽体厚度还应根据相邻区域的类型及其人口数确定, 使其群体的集体剂量当量保持在可以合理做到的尽可能低的水平。并必须保证个人所接受的剂量当量不得超过相应的剂量当量限值。

#### 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、靶厅的门均需安装联锁装置, 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旋转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。

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985），确定本项目的管理目标为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

### （3）《 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）

### 3.2 电子束辐照装置

按人员可接近辐照装置的情况分为：

I 类 配有联锁装置的整体屏蔽装置，运行期间人员实际上不可能接近这种装置的辐射源部件（见附录 A 图 A.5）。

II 类 安装在屏蔽室（辐照室）内的辐照装置，运行期间借助于入口控制系统防止人员进入辐照室（见附录 A 图 A.6）。

（注：本项目使用的电子加速器属 II 类电子束辐照装置）

#### 5.1.4 II、IV 类 $\gamma$ 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：

.....

（2）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，各面屏蔽墙和屏蔽顶外，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 GB17279 第 5 条。

.....

（注：GB17279 第 5 条关于测量结果的规定为：“对监督区，在距屏蔽体的可达界面

30 cm，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/T 25306-2010)中“臭氧，最高容许浓度： $0.3 \text{mg/m}^3$ 。”

### 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，密度不应低于  $2.35 \text{g/cm}^3$ ；
- 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  $5 \text{mSv}$ ；公众成员个人年有效剂量限值为  $0.1 \text{mSv}$ ；
- 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）。

.....

### (5) 参考资料

- ① 《辐射防护导论》，方杰主编；
- ② 《实用放射防护指南》，张文启主编；
- ③ 《江苏省环境贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护，1993年3月第13卷第2期。

江苏省环境贯穿辐射水平调查结果（单位： $\text{nGy/h}$ ）

	室外剂量率	室内剂量率
范围	62.6-101.9	77.2~152.4
均值	79.5	115.1
标准差 s	7.0	16.3

根据上表，本报告取江苏省环境贯穿辐射水平调查结果中的“均值 $\pm 3$ 倍标准差”为其评价参考范围，即室外贯穿辐射水平参考范围取  $(79.5 \pm 21.0) \text{nGy/h}$ ，室内贯穿辐射水平参考范围取  $(115.1 \pm 48.9) \text{nGy/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

江苏雷大加速器有限公司位于连云港经济开发区中德园中小企业产业园 B2-2 号，公司地理位置图见附图 1。江苏雷大加速器有限公司厂区东侧、南侧及北侧均依次为园区内道路及企业，西侧为云桥路。

本项目辐照加速器机房拟建场址位于公司车间内中部东侧，辐照加速器机房拟建场址东侧为车间区域及园区道路，南侧、西侧及北侧均为车间区域。公司厂区平面及周围环境示意图见附图 2。本项目拟建址周围评价范围 50m 内无环境敏感点，选址基本合理。

本项目辐照加速器机房拟建场址及公司周围环境见图 1-1，现状见图 8-1。



本项目加速器机房拟建址



公司边界外东侧



公司边界外南侧



公司边界外西侧



公司外北侧

图 8-1 本项目辐照加速器机房拟建场址及公司边界外周围环境现状图

## 2、环境现状评价对象、监测因子和检测点位

环境现状评价对象：辐照加速器机房拟建场址周围环境。

检测因子：辐照加速器机房拟建场址周围环境贯穿辐射水平。

检测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）有关布点原则进行布点，在江苏雷大加速器有限公司辐照加速器机房拟建场址及周围环境进行布点，共计布点 4 个，测量周围环境贯穿辐射水平，具体点位见图 8-2。

## 3、检测方案、质量保证措施、检测结果

### （1）检测方案

检测单位：常州环宇信科环境检测有限公司。

检测仪器：FH40G 便携式 X-γ 辐射测量仪，探头：FHZ672E-10，仪器编号：1018。

校准有效期：2016.9.19-2017.9.18

检测日期：2017 年 5 月 17 日，天气：晴。

检测项目：周围环境贯穿辐射水平。

检测方法：按照《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T4583-1993）中的要求进行，检测时仪器探头水平距离地面 1m，每组读 10 个数据，读数间隔 10s。

### （2）质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其计量认证证书及检测能力见证书见附件 3；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的检测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核，并取得检测上岗证；

⑤检测报告实行三级审核。

### （3）检测结果及评价

2017 年 5 月 17 日，常州环宇信科环境检测有限公司根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T4583-1993）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关方法和要求，对江苏雷大加速器有限公司辐照加速器机房拟建场址及周围环境辐射水平进行了调查，共计布点 4 个，检测结果见表 8-1，检测点位见图 8-2，详细检测结果见附件 3。

表 8-1 加速器机房拟建场址周围环境贯穿辐射水平检测结果

序号	检测点位描述	检测结果 nSv/h	备注
1	辐照加速器机房拟建场址东侧	65.3	/
2	辐照加速器机房拟建场址南侧	67.3	
3	辐照加速器机房拟建场址西侧	63.2	
4	辐照加速器机房拟建场址北侧	72.3	

注：上表数据未扣仪器宇响值。

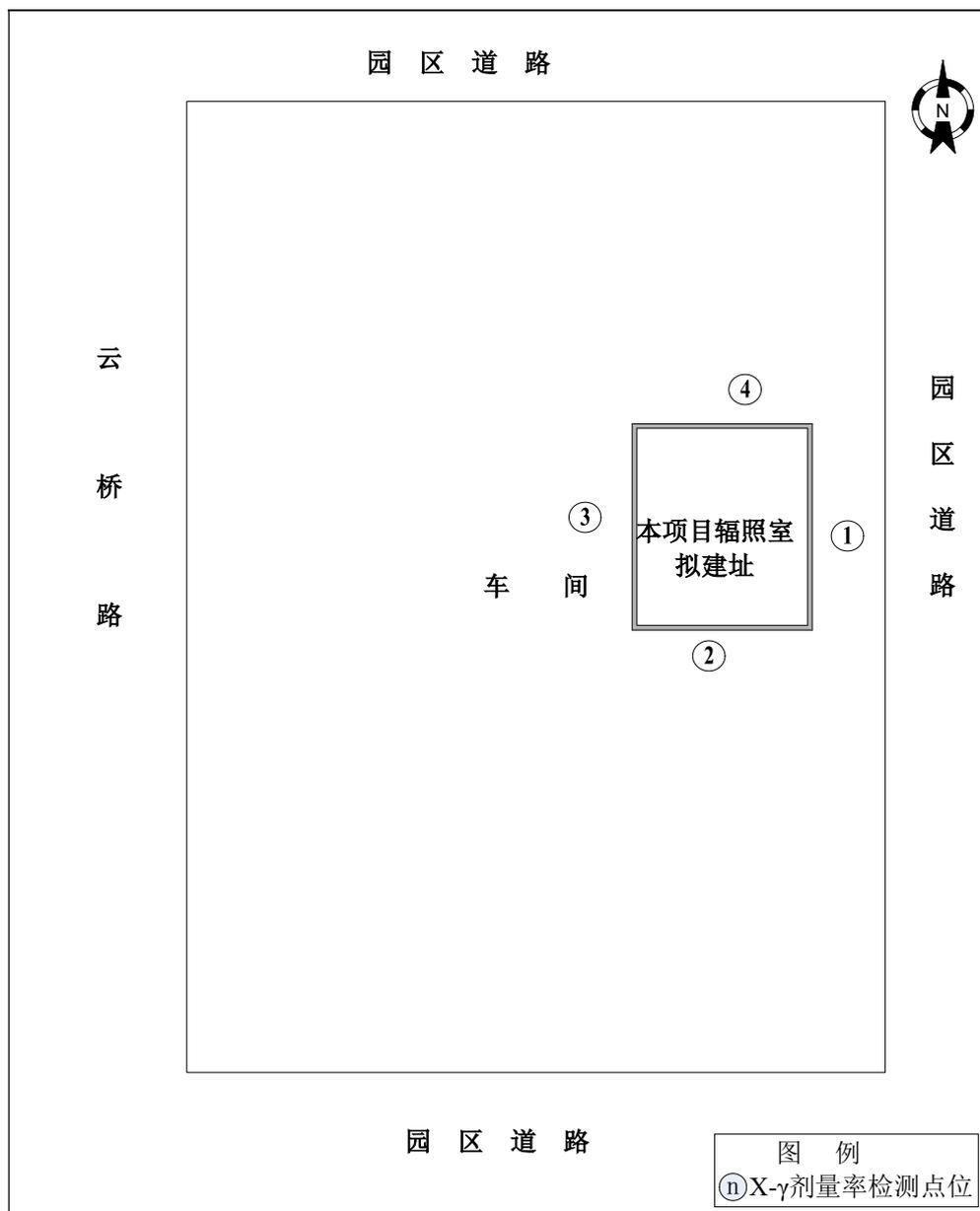


图 8-2 本项目辐照室拟建场址周围环境贯穿辐射检测点位图

根据检测结果可知，江苏雷大加速器有限公司本项目辐照加速器机房拟建场址及周围环境辐射水平在（63.2~72.3）nSv/h 范围内，处于江苏省环境贯穿辐射水平范围。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 工程设备和工艺分析

#### 1、工程设备

公司因业务发展需要，拟在厂区新建 1 座辐照室，辐照室拟配备一台电子辐照加速器（加速器参数见表 1-1），对食品、医疗用品及器械、药材、卫生用品、化妆品、宠物饲料等进行辐照加工服务。本项目概况一览表见表 9-1。

表 9-1 本项目加速器参数一览表

序号	射线装置名称	电子束最大能量 MeV	最大束流强度 mA	工作场所名称	工作人员配备	工作制度
1	DL-DZ-10/20-III 型电子加速器	10MeV	2mA	辐照室	4 名	采取两班运转工作制度，辐照加速器年运行时间约 4000 小时，每班工作人员实行每周 40 小时工作制，年工作时间约 50 周

#### 2、工作原理

辐照电子加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。

加速器的工作原理可概括为：脉冲调制器将市电转变成高压脉冲，并提供给速调管，速调管在微波激励源激励下产生微波脉冲，该微波功率经过波导、四端环流器以及波导窗馈入到返波加速管中，建立加速电场。脉冲变压器枪压抽头同时给加速管的电子枪提供高压，将电子从电子枪的阴极上拉出来，进入加速管的加速腔中，电子与加速腔中的轴向电场相互作用，并从其中吸收能量，使电子的能量得到提高。电子经过漂移管进入扫描盒，在扫描磁场作用下形成扇形束，透过钛膜打到物品上，进行辐照加工。

本项目计划使用型号为 DL-DZ-10/20-III 的电子加速器，该类加速器采用行波加速方式。经速调管放大的微波功率耦合到被称之为盘荷波导的加速管中，行波电场讲电子枪注入的电子不断的加速，使其能量逐渐增加，当电子速度接近光速是时，从微波功率中获取的能量已达到相当的速度，就可以穿过钛窗进入空气中，能穿透空气或物体到相应的深度；将电子束偏转扫描后用于工业辐照，可以达到杀菌保鲜，材料改性等多种效果。

#### 3、工作流程

加速器辐照加工工艺流程和主要产污环节示意图 9-1。

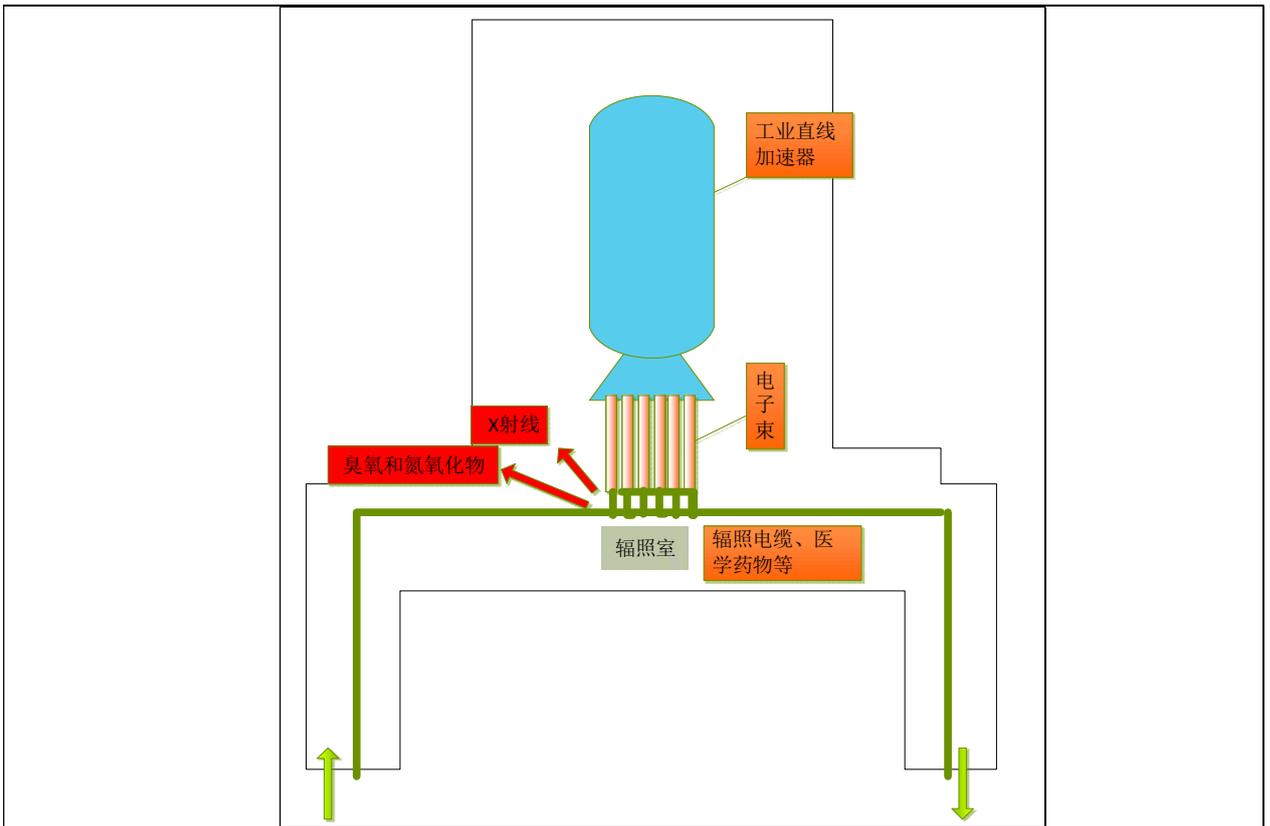


图 9-1 加速器辐照加工工艺流程和主要产污环节示意图

## 污染源项描述

### (1) 辐射污染源分析

辐照加速器在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为均匀的有一定宽度的电子束。电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生 X 射线，对加速器机房产生一定的辐射影响。此外，电子束打到机头及其他高 Z 物质时也会产生高能 X 射线，其经过加速器机房屏蔽和距离衰减后，对公司厂区外的环境影响可以忽略不计。

辐照加速器在运行时产生的高能电子束，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。因此，在加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

### (2) 非辐射污染源分析

空气在强电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。辐照加速器机房在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气。这里主要考虑辐照室内产生的臭氧对停机后进入人员的影响，需保证其有害气体职业接触限值满足 GB/T 25306-2010 的要求。

**表 10 辐射安全与防护**

**项目安全设施**

**1、工作场所布局与分区**

**(1) 加速器机房工作场所布局与分区**

本项目加速器机房设计图纸见附图 3，根据设计图可知，加速器机房含辐照室、控制室、化验室等场所，其中辐照室为地上一层混凝土结构，周边辅房为二层建筑。库房位于一层，控制室、机房以及化验室均位于二层。辐照室在一层及二层入口处均设有迷道，库房位于辐照室外一层西侧，控制室位于辐照室外二层西侧，机房位于辐照室外二层南侧，化验室位于辐照室外二层北侧。加速器工作时，设备操作人员在控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况，物品上下货搬运人员位于辐照室外 1 楼西侧的货物出入口处的上下货位置处。加速器出束时，辐照室内无人员停留，其布局合理可行。

公司拟将辐照室作为辐射防护控制区，在防护门外及机房周围醒目位置处拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明等；拟将一层货物进出通道口周围及库房，二层的控制室、机房及化验室作为辐射防护监督区，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

**2、辐射防护屏蔽设计**

本项目辐照加速器机房辐射防护屏蔽设计参数见表 10-1，详见附图 3。

**表 10-1 本项目辐照加速器机房屏蔽设计表**

机房	屏蔽墙厚度	屋顶厚度	防护门
辐照室	东墙：2.8m 以下：112cm~320cm 砼 2.8m 以上：162cm 砼 南墙：2.8m 以下：220cm~230cm 砼 2.8m 以上：170cm 砼 西侧：3.2m 以下：180cm~280cm 砼 3.2m 以上：230cm 砼 北侧：2.8m 以下：220cm~230cm 砼 2.8m 以上：200cm~300cm 砼 南侧、北侧内迷道：24cm~48cm 砼 南侧、北侧外迷道：24cm~132cm 砼	30cm 砼 +200cm 三 合土	一层人员通道防护 门：6cm 砼 二层迷道防护门： 10cm 砼

注：砼的密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>。三合土由石灰、黏土和细砂加水混合，密度约为 2.1g/cm<sup>3</sup>。

**2、辐射安全和防护措施分析**

**(1) 辐照加速器机房辐射安全和防护措施分析**

本项目辐照加速器机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

①控制室主控台上拟配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时加速器无法开机。

②辐照室一层人员通道口及二层迷道口的防护门均设计门机联锁装置，在防护门打开的情况下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，打开防护门，加速器自动断电停机。

③在控制室主控台上、辐照室内货物、人员通道及二层迷道内均设计紧急急停按钮，在辐照室内绕墙体一周设计紧急急停拉线（附图 4 中洋红色线为急停拉线），若辐照室有人滞留，可按下紧急停机按钮或拉下急停拉线，加速器高压立即切断。

④在辐照室一层货物通道、人员通道及二层迷道内设计光电感应装置（见附图 4），在加速器工作过程中，人员误入辐照室或主机室，发出光电报警，自动切断加速器电源。

⑤在辐照室和主机室内设置巡检按钮（附图 4 中黄色线为其巡检路线），每次开机工作前，对辐照室进行巡查后，方可开机工作。

⑥在辐照室安装辐射监测系统。探头拟设在一楼货物通道出入口及二楼控制室内，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，该系统灯光警告装置应发出警告信号，并自动切断加速器高压。

⑦在辐照室、货物通道、人员通道及二层迷道内均安装视频监控系统（见附图 4），工作人员在控制室内通过视频显示器观察辐照室和迷道内情况。

⑧在辐照室货物通道口、人员通道口、二层迷道口均安装工作状态指示灯，在辐照室内外均安装警铃（语音警告装置），详见附图 4；当加速器启动时，指示灯亮并发出闪烁红色信号并发出报警声，提醒周围工作人员勿靠近。

⑨在辐照室出入口明显位置及机房周围醒目位置处设置的电离辐射警告标志，以提醒车间内其他工作人员勿靠近。

## 三废的治理

### 1、废气

本项目辐照加速器运行过程中无放射性废气产生。

本项目工业辐照加速器在工作状态时，产生的 X 射线会使机房内空气电离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。臭氧产额大于氮氧化物，且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此本节主要考虑辐照室臭氧的产生和排放影响。

本项目辐照加速器机房内拟设置机械排风装置，根据《粒子加速器辐射防护规定》

(GB5172-1985) 附录 E, 假设本项目电子加速器在工作时, 辐照期间辐照室在通风、臭氧无分解且在辐照室内均匀分布情况下, 则辐照室内臭氧饱和浓度可采用下列经验公式计算:

$$C_p = 2.79 \times I d_e (1 - e^{-\mu t / V}) / V \quad \dots\dots \text{(公式 10-1)}$$

式中:  $C_p$ -辐照室内的臭氧饱和浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;  $I$ -电子束流强度,  $\text{mA}$ ;

$V$ -辐照室的体积,  $\text{m}^3$ ;  $d_e$ -电子束在空气中径迹长度,  $\text{cm}$ ;

$\mu$ -排风速率,  $\text{m}^3/\text{min}$ ;  $t$ -加速器运行时间,  $60\text{min}$ 。

加速器停止工作后, 臭氧不再产生, 通过通风系统使辐照室内臭氧浓度降至国家规定限值时, 工作人员方能进入辐照室内, 所需通风时间通过下式估算:

$$T = \ln(C_p / C_s) / (\mu / V) \quad \dots\dots \text{(公式 10-2)}$$

式中:  $C_s$ -《辐射加工用电子加速器工程通用规范》中 (GB/T 25306-2010) “臭氧, 最高容许浓度:  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。”;

$C_p$ 、 $\mu$ 、 $V$ -意义同公式 10-1。

将相关参数代入公式可计算加速器机房内的臭氧饱和浓度及进入辐照室时间:

**表 10-2 辐照室内的臭氧饱和浓度及进入辐照室时间**

参数	辐照加速器机房
I (mA)	2
V (m <sup>3</sup> )	225
d <sub>e</sub> (cm) cm	170
μ (m <sup>3</sup> /min)	83.3
t (运行时间 min)	60
C <sub>p</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	4.2
C <sub>s</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	0.3
T (进入机房时间 min)	7.1

由表 10-2 可知, 本项目辐照加速器机房内的加速器停止工作后, 辐照室内通风系统继续工作下, 通过 7.1min 的通风排气, 辐照室内的臭氧浓度可达到《辐射加工用电子加速器工程通用规范》中 (GB/T 25306-2010) “臭氧, 最高容许浓度:  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ”, 此时工作人员进入辐照室是安全的。

本项目辐照加速器机房拟设置通风系统 (见附图 4), 根据附图 4 可知, 排风管道直径为 560mm, 采用水平垂直双 Z 型预埋管道由辐照室通到二层人员迷道东北角排出,

排风口高 12m（车间高 8m）。排风管道的排风口位于辐照室内东侧，出风口位于辐照室外排风管道顶部（距地面约 12m），将辐照室内臭氧引至排风管道内，在约 12m 高度处排放。本项目拟设机械排风，排风量为 5000m<sup>3</sup>/h。辐照室内设置自然进风和强制进风，自然风口为两个货物通道防护门，强制进风口位于二层人员通道防护门处，拟采用风机强制进风。本项目各通风管道的设置均未破坏机房的屏蔽，满足辐射防护的要求。

## **2、放射性废水**

本项目辐照加速器运行过程中无放射性废水产生。

## **3、放射性固废**

本项目辐照加速器运行过程中无放射性固体废物产生。

**表 11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

本项目辐照加速器机房为新建建筑，建设施工时会对环境产生如下影响：

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

噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

公司在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

**一、辐射环境影响分析**

**1、辐照室屏蔽计算**

**1.1 计算模式选择**

本项目辐照加速器运行时，电子束出束方向朝下，在辐照室内电子束可能轰击的物质有 3 种：

- ①混凝土地面；
- ②电子扫描器下方的辐照产品传输带（不锈钢材料）；
- ③辐照产品，如医疗及保健用品、药品及其原材料。

在以上几种轰击物质中不锈钢 Z 值最大，X 射线发射率最高，本报告选取不锈钢为轰击靶，来进行辐射防护评价。

本项目辐照加速器机房辐照室内，加速器电子束朝下，不直射向四周屏蔽墙，因此辐照室四周墙体的辐射影响主要考虑韧致辐射所致、与电子束入射方向呈 90°的初级 X 射线的辐射影响。

加速器机房辐照室的辐射防护屏蔽评价，采用《辐射防护导论》（方杰主编）P101 3.50 公式的修正，即考虑沿与电子束入射方向为 90°的初级 X 射线的屏蔽计算。

参考点的剂量当量指数公式为：

$$H_{I,r(d)} = \frac{I \times \delta_{\alpha(90^\circ)} \times \eta_x \times q}{1.67 \times 10^{-2} \times r^2} \quad \dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

根据公式（11-1）可以导出参考点的剂量当量率：

$$H = \frac{I \times \delta_{\alpha(90^\circ)} \times \eta_x \times q}{1.67 \times 10^{-2} \times r^2} \quad \dots\dots \text{（公式 11-2）}$$

式中：

$\delta_{\alpha(90^\circ)}$  是距离辐射源（即靶）1m 处 90°方向的吸收剂量指数率， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mA}^{-1}$ ；

I 是电子束流强度，mA；

q 为居留因子；

r 为参考点至辐射源的距离，m；

$\eta_x$  是 90°方向上的 X 射线在屏蔽层中的透射比，可用十倍减弱厚度  $\Delta_{1/10,1}$  方法计算，其计算方法为：

$$\eta_x = \frac{1}{10^n} \quad \dots\dots \text{（公式 11-3）}$$

$$n = (d - \Delta_{1/10,1}) / \Delta_{1/10,e} + 1 \quad \dots\dots \text{（公式 11-4）}$$

式中：

d-为屏蔽层厚度（cm）；

$\Delta_{1/10,1}$ -为靠近辐射源第一个十倍减弱厚度（cm）；

$\Delta_{1/10,e}$ -为第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度（cm）。

《辐射防护导论》（方杰编）图 3.25，原入射电子能量 10MeV 的电子，其 90°方向上等效入射电子能量为 6MeV。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.22，混凝土对 X 射线能量 6MeV 的第一个十倍减弱厚度为 32cm，第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度为 31cm。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3，电子束垂直投射高 Z (>73) 厚靶上产生的 X 射线发射率常数，可查得  $\delta_{\alpha(90^\circ)}$  取值约为  $12 \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。本项目选取电子轰击不锈钢进行评价，而不锈钢为低 Z (Z=29) 厚靶，因此，根据《辐射防护导论》表

3.1 进行修正，修正因子为 0.5，最终入射电子能量 10MeV 的  $\delta_{\alpha(90^\circ)}$  取值  $6\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ， $I\cdot\delta_{\alpha(90^\circ)}$  为  $12\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{min}^{-1}$ 。

### 1.2 辐照室四周墙体下侧屏蔽计算

根据上述的计算公式及有关参数，辐照室四周屏蔽墙体下侧核算结果分别见表 11-1。

表 11-1 辐照室四周墙体下侧屏蔽效果核算表

参数		东墙 (a 点)	南墙 (b 点)	西墙 (c 点)	北墙 (d 点)
d (cm)		252	230	280	230
$I\cdot\delta_{\alpha(90^\circ)}$ ( $\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{min}^{-1}$ )		12	12	12	12
r (m) <sup>①</sup>		4.6	9.42	4.9	10.02
$\eta_x$ 计算结果		$8\times 10^{-9}$	$8.62\times 10^{-8}$	$1.0\times 10^{-9}$	$8.62\times 10^{-8}$
屏蔽体外空气比释动能率评价	$\dot{H}$ 计算结果	0.27	0.33	0.03	0.29
	$\dot{H}$ 控制值 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足

注：①  $R_{\text{东墙}}$  = 中心点至辐照室墙内表面垂直距离 1.8m + 墙厚 2.5m + 墙外参考点 0.3m = 4.6m  
 $R_{\text{南墙}}$  = 中心点至辐照室墙外表面垂直距离 (3.24 + 2.27 + 3.61) m + 墙外参考点 0.3m = 9.42m  
 $R_{\text{西墙}}$  = 中心点至辐照室墙内表面垂直距离 1.8m + 墙厚 2.8m + 墙外参考点 0.3m = 4.9m  
 $R_{\text{北墙}}$  = 中心点至辐照室墙外表面垂直距离 (5.2 + 1.06 + 3.56) m + 墙外参考点 0.3m = 10.12m

由表 11-1 可知，加速器机房辐照室四周墙体下侧外 30cm 处辐射剂量率最大值为  $0.33\mu\text{Gy/h}$ ，能够满足《 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) 各屏蔽墙和出入口外 30cm 处剂量率应不大于  $2.5\times 10^{-3}\text{mSv/h}$  的要求。

### 1.3 辐照室迷道屏蔽计算

根据《辐射防护导论》(方杰主编) P189 指出：“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”。

本项目辐照室一层的货物通道到未设防护门，人员通道口各设 6cm 砼的防护门。辐照室一层的货物通道及人员通道的散射路径见附图 3-1 中洋红色线条，由图可知辐照室内 X 射线至少经过 4 次散射方能到达货物通道或人员通道的迷道口；因此，本项目辐照加速器机房货物通道及人员通道口能够满足辐射防护的要求。

## 2 辐照室顶部及四周墙体上侧屏蔽计算

### (1) 计算模式选择

本项目辐照室仅为一层建筑，屋顶未设主机室，加速器装置整体放置于辐照室内。辐照室顶部的辐射场由三部分叠加：一层辐照室内与入射电子束成  $105^\circ$  到  $180^\circ$  方向的韧致辐射初级 X 射线，经过辐照室**屋顶或四周屏蔽墙体上侧**不完全屏蔽的**贯穿辐射场**；辐照室内的  $0^\circ$  方向上产生的韧致辐射初级 X 射线，经地面  $180^\circ$  方向散射后的次级 X 射线形成的**散射辐射场**；尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与加速器钢筒作用产生的**束流损失辐射场**。

由于沿与电子束入射方向成  $180^\circ$  方向的次级散射 X 射线（散射辐射）能量较低；对于加速器主体束流加速系统内的束流损失，根据实际运行检测知，当加速管内真空度良好的时候，可以忽略不计，即使在不利工况下，束流损失也仅为数十  $\mu\text{A}$ ，其产生的辐射剂量较少。上述散射辐射场及束流损失辐射场在经过辐照室屋顶 30cm 砼+130cm 三合土的屏蔽后，其对屋顶外机四周屏蔽墙体上侧的辐射影响很小。

因此，为简化计算，辐照室顶部的辐射防护屏蔽评价，仅考虑辐照室屋顶及四周屏蔽墙体上侧**贯穿辐射场**的影响。为安全起见， $105^\circ$  到  $180^\circ$  方向的发射率常数保守取  $90^\circ$  方向的发射率常数。

辐照室上侧及顶部的透射线对墙（顶）外参考点的辐射影响，即初级 X 射线经屏蔽（辐照室屋顶和四周墙体上侧）对考察点的影响，依然采用公式 11-2 计算。

### (2) 计算参数选取

为简化计算，辐照顶部及四周墙体上侧的辐射防护屏蔽评价，仅考虑辐照室内与入射电子束成  $105^\circ$  到  $180^\circ$  方向的韧致辐射初级 X 射线经过墙体（屋顶）屏蔽对室外考察点的影响。为安全起见， $105^\circ$  到  $180^\circ$  方向的发射率常数保守取  $90^\circ$  方向的发射率常数。

### (3) 计算结果

根据上述的计算公式及有关参数，辐照室顶部及四周屏蔽墙体上侧的核算结果分别见表 11-2。

表 11-2 辐照室屋顶及四周墙体上侧屏蔽效果核算表

参数	东墙上侧 (e 点, 人员不可达)	南墙上侧 (f 点, 机房)	西墙上侧 (g 点, 控制室)	北墙上侧 (h 点, 化验室)	屋顶 (m 点, 人员不可达)	
D (cm)	内墙:126 外墙: 36	170	230	200	30 砼+200 三合土 (180 砼)	
等效屏蔽厚度 d (cm) <sup>①</sup>	218	245	283	227	210	
$I \cdot \delta_{\alpha(90^\circ)}$ (Gy·m <sup>2</sup> ·min <sup>-1</sup> )	12	12	12	12	12	
r (m) <sup>①</sup>	6.15	4.19	5.42	6.24	7.4	
$\eta_x$ 计算结果	$1.00 \times 10^{-7}$	$1.35 \times 10^{-8}$	$8.0 \times 10^{-10}$	$5.12 \times 10^{-8}$	$1.81 \times 10^{-7}$	
屏蔽体外空气比释动能率评价	$\dot{H}$ 计算结果	1.90	0.55	0.02	0.95	2.38
	$\dot{H}$ 控制值 (μGy/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足

注: ①  $162/\cos(42^\circ)=200$ ;  $170/\cos(43^\circ)=232.4$ ;  $230/\cos(34^\circ)=277.4$ ;  $200/\cos(26^\circ)=222.5$   
三合土转换为混凝土为  $200\text{cm} \times 2.1\text{g/cm}^3 / 2.35\text{g/cm}^3 \approx 180\text{cm}$

- ②  $R_{东上}$ =中心点至辐照室墙外表面距离 5.85m+墙外参考点 0.3m=6.15m  
 $R_{南上}$ =中心点至辐照室墙外表面距离 3.89m+墙外参考点 0.3m=4.19m  
 $R_{西上}$ =中心点至辐照室墙外表面距离 5.12m+墙外参考点 0.3m=5.42m  
 $R_{北上}$ =中心点至辐照室墙外表面距离 5.94m+墙外参考点 0.3m=6.24m  
 $R_{顶部}$ =中心点至辐照室墙外表面距离 4.8m+墙厚 2.3m+墙外参考点 0.3m=7.4m

由表 11-2 可知, 辐照加速器机房的屋顶及四周墙体上侧屏蔽墙外 30cm 处辐射剂量率最大值为 2.38μGy/h (屋顶, 人员不可达), 能够满足《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) 各屏蔽墙和出入口外 30cm 处剂量率应不大于  $2.5 \times 10^{-3}\text{mSv/h}$  的要求。

## 二、工作人员和公众剂量估算及评价

根据 UNSCEAR1993 年报告和 GB/T14583 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》, 环境 γ 辐射照射对人产生的有效剂量用下式进行估算:

$$H_e = D \cdot K \cdot t \quad \dots\dots \text{(公式 11-5)}$$

其中:  $H_e$ —有效剂量, Sv;

D—环境 γ 辐射空气吸收剂量率, Gy/h;

t—环境中停留时间, h。

K—有效剂量当量率与空气吸收剂量率比值, 保守取  $K=1$ 。

本项目投入运行后, 公司采取两班运转工作制度, 加速器年运行时间约 4000 小时,

公司拟为本项目配备 4 名工作人员，每名工作人员实行每周 40 小时，年工作时间约 50 周。

本项目辐射工作人员主要在控制室及化验室内工作，辐照加速器工作时机房内无人员停留。根据表 11-2 可知，辐照加速器控制室位于辐照室外二层西侧，控制室内的辐射剂量率约为  $0.02\mu\text{Sv/h}$ ；化验室位于辐照室外二层北侧，化验室内的辐射剂量率约为  $0.95\mu\text{Sv/h}$ ，每名辐射工作人员年工作时间的按 2000h 计，保守按化验室辐射剂量率  $0.95\mu\text{Sv/h}$  计算，则得到辐射工作人员的年有效剂量约为  $1.9\text{mSv}$ 。

根据表 11-1 可知，辐照室四周墙体外最大辐射剂量率在南墙外，约为  $0.33\mu\text{Sv/h}$ ，辐照室周围很少有公众停留，停留人员主要为装卸工作人员等，工作人员年工作时间的按 2000h 计，居留因子取  $1/4$ ，为计算得到其年有效剂量率约为  $0.08\text{mSv}$ 。

综上所述，本项目工作人员及周围公众年有效剂量能够满足《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  $5\text{mSv}$ ，公众年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ 。

### 三、三废治理措施评价

本项目辐照室拟在墙体内设置通风系统，根据附图 3 可知，排风管道直径为  $560\text{mm}$ ，管道拟采用水平垂直双 Z 型预埋管道，由辐照室东墙内通至辐照室二层迷道北侧内，通过  $500\text{mm}$  直径的排风管道由此排至车间外，排风口标高约  $12\text{m}$ 。排风管道的吸风口位于辐照室东侧墙上，距地面约  $900\text{mm}$ ，出风口位于迷道内排风管道顶部（距地面约  $12\text{m}$ ），在风机室内设置排风风机，排风风量为  $5000\text{m}^3/\text{h}$ ，将辐照室内臭氧引至排风管道内，在约  $12\text{m}$  高度处排放。辐照室内设置自然进风和强制进风，自然风口为两个货物通道口，强制进风口位于二层人员通道防护门处，拟采用风机强制进风。本项目 X 射线经过至少 4 次散射到达货物通道口，货物通道口处的辐射剂量率可忽略不计，满足辐射防护的要求。

### 四、电缆管线评价

本项目加速器机房辐照室拟设置迷宫式电缆管，电缆管线均从电缆管进出。电缆管均避开主射线方向，射线经几次散射后，电缆管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。

## 事故影响分析

本项目可能发生的事故是工作人员误操作或设备安全联锁装置失灵，造成工作人员误入或滞留在高辐射区内，发生人员超剂量照射事故。

本项目拟使用的辐照电子加速器属于Ⅱ类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》（环发<2006>145号）之规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。为杜绝事故隐患，公司应加强管理，建立并严格按操作规程操作，在每次辐照作业前检查各项安全联锁装置的有效性，定期监测加速器机房周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。

当发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在1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。

表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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负责辐射安全与环境保护管理工作；工作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。

江苏雷大加速器有限公司按规定拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责；公司拟为本项目配备4名工作人员，且安排其参加辐射安全与防护培训，在其考核合格后方可从事本项目工作。

### 辐射安全管理规章制度

江苏雷大加速器有限公司应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定完善可行的辐射安全管理制度，如《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《环境监测方案》、《台账管理制度》及《辐射事故应急预案》等，并在以后的实际工作中不断对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对其提出相应的建议和要求：

**操作规程：**明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

**岗位职责：**明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

**辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对电子加速器的安全防护和维修要落实到个人。

**设备检修维护制度：**明确加速器和辐照室各项安全连锁装置、照射信号指示器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是辐射安全连锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

**人员培训计划：**明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

**监测方案：**明确监测频次和监测项目，主要包括个人剂量监测和工作场所监测，监测方式由企业自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，定期上报环境保护行政主管部门。此外，根据 18 号令，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。

**台账管理制度：**根据本项目情况，制定射线装置台账制度，并在日常工作中落实到位，对公司使用的射线装置的型号、规格、数量等均需记录在台账上，做到有据可查。

**辐射事故应急预案：**依据《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》（环发[2006]145 号文）的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内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。

## 辐射监测

### 1、监测仪器

根据《粒子加速器辐射防护规定》中“每台加速器必须根据其特点配备其他的辐射监测装置，如个人剂量计、可携式监测仪”以及当前辐射管理要求，江苏雷大加速器有限公司应配备与辐射类型相适应的防护用品和监测仪器。

公司计划为本项目配备 1 台辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪；公司计划为本项目配备 4 名工作人员，且均计划配备个人剂量计，计划开展个人剂量监测和职业健康监护，并建立完整的个人剂量监测和职业健康防护档案。落实以上措施后，公司安全措施能够满足辐射安全的要求。

### 2、监测方案

江苏雷大加速器有限公司根据管理要求，应落实如下监测方案：

- (1) 请有资质单位定期对辐射装置周围环境辐射水平进行监测，每年 1~2 次；
- (2) 工作人员佩戴个人剂量计，并定期（1 次/2 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案；
- (3) 工作人员定期进行职业健康体检，并建立职业健康监护档案；
- (4) 公司用自配备的辐射巡测仪定期（每月 1 次）对项目周围环境辐射水平进行自主监测，并记录档案。

## 辐射事故应急

江苏雷大加速器有限公司目前还未制定《辐射事故应急预案》，应尽快制定该预案，其主要内容应明确辐射事故应急救援辐射应急领导小组的组织机构、组成人员及职责；明确应急人员培训内容、培训周期及应急演练等；明确辐射应急救援响应措施；明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化；明确应急演练制度和环保、公安及卫生部门的联系方式。落实以上措施后，才能够满足辐射安全的要求。

表 13 结论与建议

**结论**

**实践正当性评价：**公司因业务发展需要，拟在厂区新建 1 座加速器机房，机房内拟配备一台电子辐照加速器，对食品、医疗用品及器械、药材、卫生用品、化妆品、宠物饲料等进行辐照加工服务。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。

**选址、布局评价：**本项目辐照加速器机房拟建场址位于公司车间内中部东侧，辐照加速器机房拟建场址东侧为车间区域及园区道路，南侧、西侧及北侧均为车间区域。本项目评价范围内无居民区、学校等敏感点，选址基本合理。

本项目辐照加速器的辐照室货物通道及人员通道均设迷道，公司拟将辐照室作为辐射防护控制区，在防护门外及机房外醒目位置处拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明等；拟将一层货物进出通道口周围及库房，二层的控制室、机房及化验室等作为辐射防护监督区，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

**辐射防护措施评价：**本项目辐照室通过混凝土及三合土墙体屏蔽电子束和 X 射线，其采取的是实体屏蔽方式。根据理论预测可知，本项目加速器辐照室四周屏蔽墙体、屋顶及迷道设计均能满足防护要求；电缆管道、通风管道的设置合理可行，均未破坏加速器机房辐照室的屏蔽效果，该公司辐射防护措施满足当前的管理要求。

**保护目标剂量评价：**根据理论估算结果可知，本项目工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

**辐射安全措施评价：**本项目拟设置以下辐射安全措施：①决定加速器产生辐射的主要控制系统用开关钥匙进行控制；②辐照室一层人员防护门及二层迷道防护门处设置门机联锁装置；③在控制室主控台上、辐照室内、货物通道口、人员迷道内、二层迷道等处均设置紧急急停按钮，在辐照室内安装拉线开关；④在辐照室一层货物通道口、人员通道口及二层米道口设计光电感应装置；⑤在辐照室及二层迷道内均设置巡检（巡更）按钮；⑥在辐照室入口处安装辐射监测系统；⑦在辐照室一层货物通道口、人员通道口、二层迷道口安装工作状态指示灯及语音警告装置；⑧在辐照室内外均安装视频监控系统；⑨在辐照室入口明显位置及机房周围醒目位置处设置的电离辐射警告标志。在落实以上

措施后，本项目辐射安全措施能够满足辐射安全防护要求。

**臭氧对环境影响评价：**本项目辐照室内拟设置机械通风系统，设计通风速率不小于5000m<sup>3</sup>/h，在加速器停止工作后，辐照室内通风系统继续工作，通过7.1min的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可达到《辐射加工用电子加速器工程通用规范》中（GB/T 25306-2010）“臭氧，最高容许浓度：0.3mg/m<sup>3</sup>”，此时工作人员进入辐照室是安全的。室内臭氧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。

**辐射安全管理评价：**江苏雷大加速器有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，且以文件形式明确其管理职责。拟安排本项目工作人员均参加相关的辐射安全与防护专业知识及相关法律法规的培训，在其考核合格后方可从事本项目工作。同时，公司拟对本项目4名工作人员进行了个人剂量监测和职业健康体检，并建立工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

**辐射防护监测仪器：**公司计划为本项目配备1台辐射巡测仪和2台个人剂量报警仪，能满足《粒子加速器辐射防护规定》中“每台加速器必须根据其特点配备其他的辐射监测装置，如个人剂量计、可携式监测仪”和当前辐射管理的要求。

#### 总结论：

综上所述，江苏雷大加速器有限公司新建工业电子辐照加速器项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

#### 建议与承诺

(1) 结合实际工作需要，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。

(2) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

公 章  
年 月 日

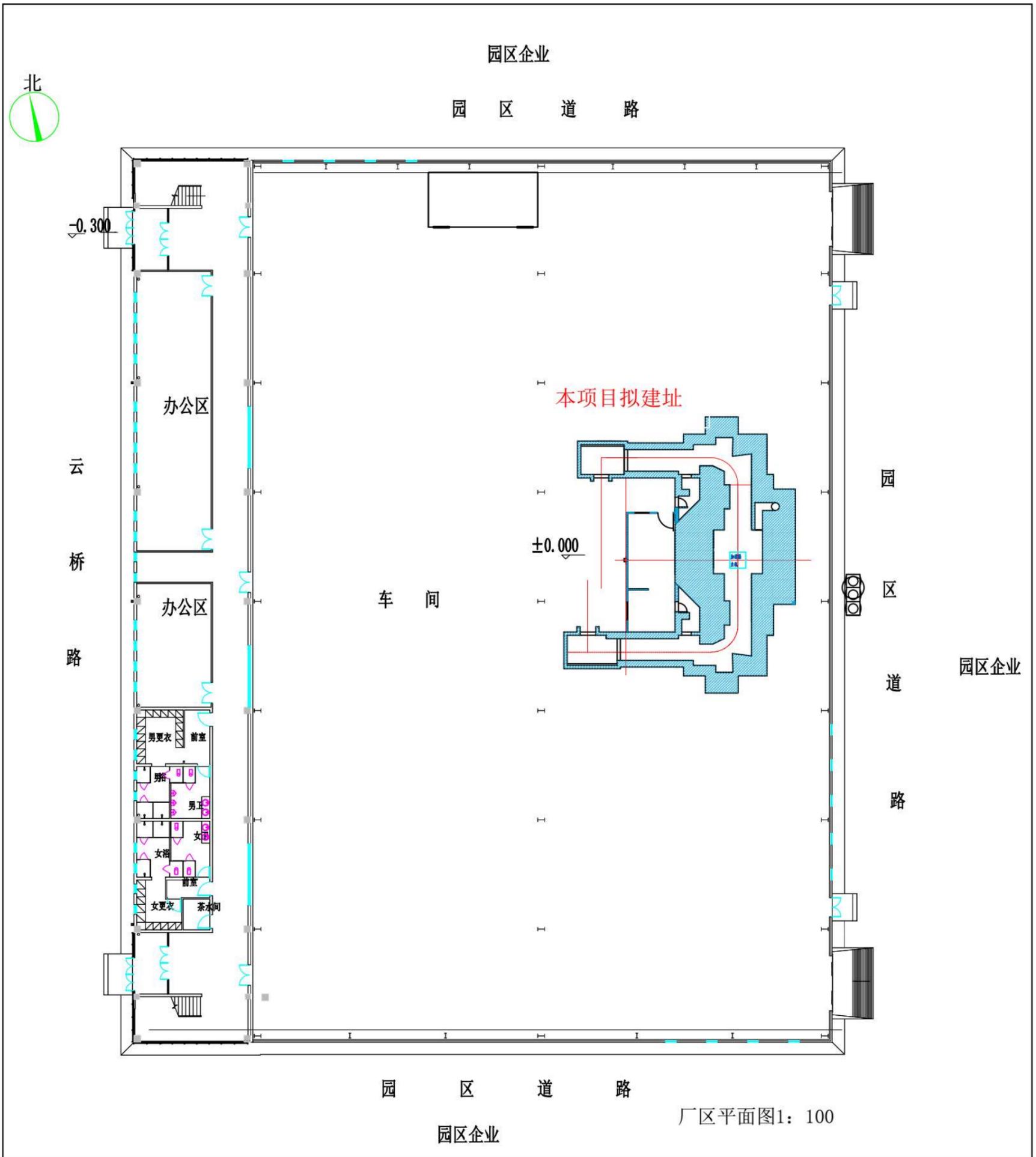
审批意见

经办人

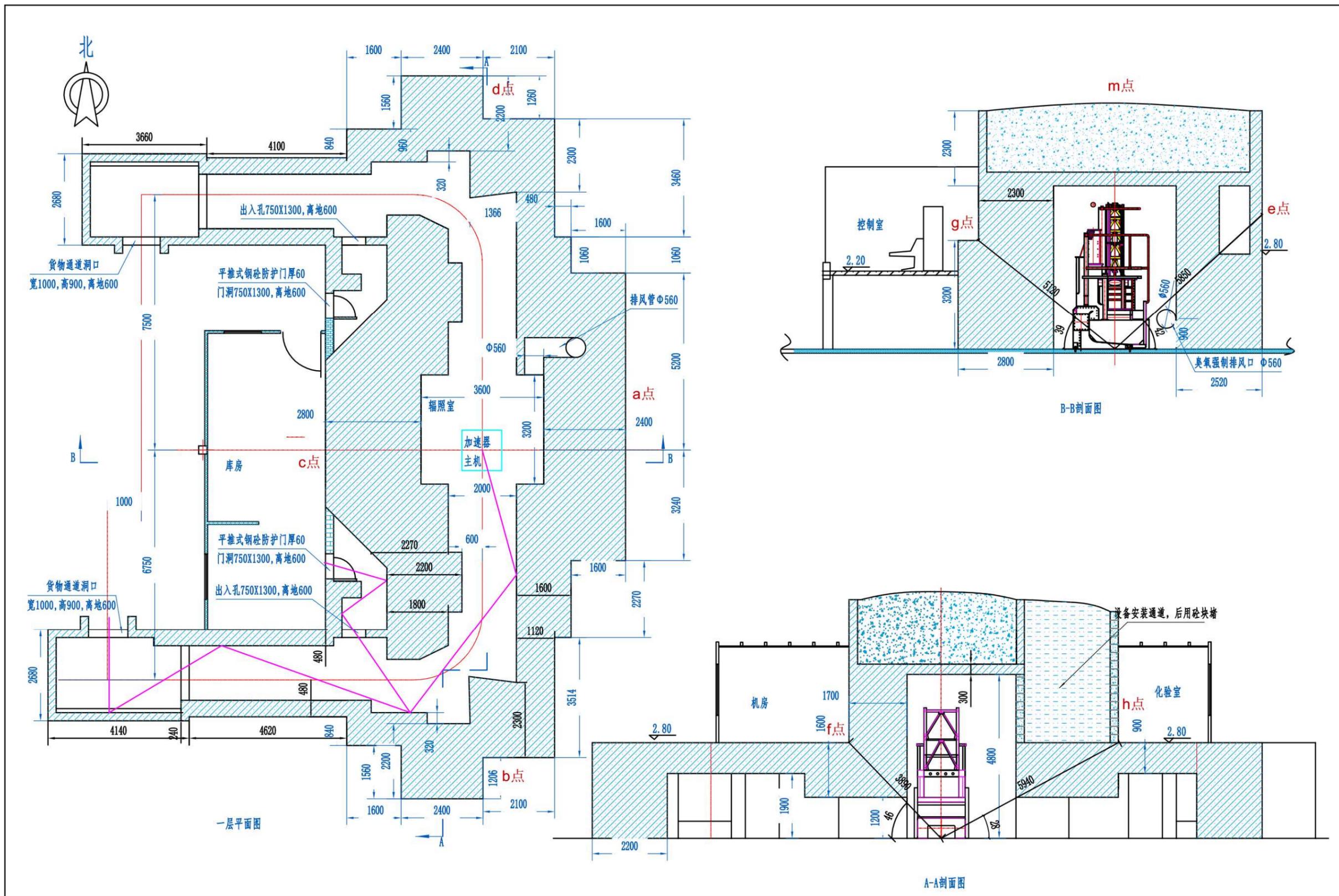
公 章  
年 月 日



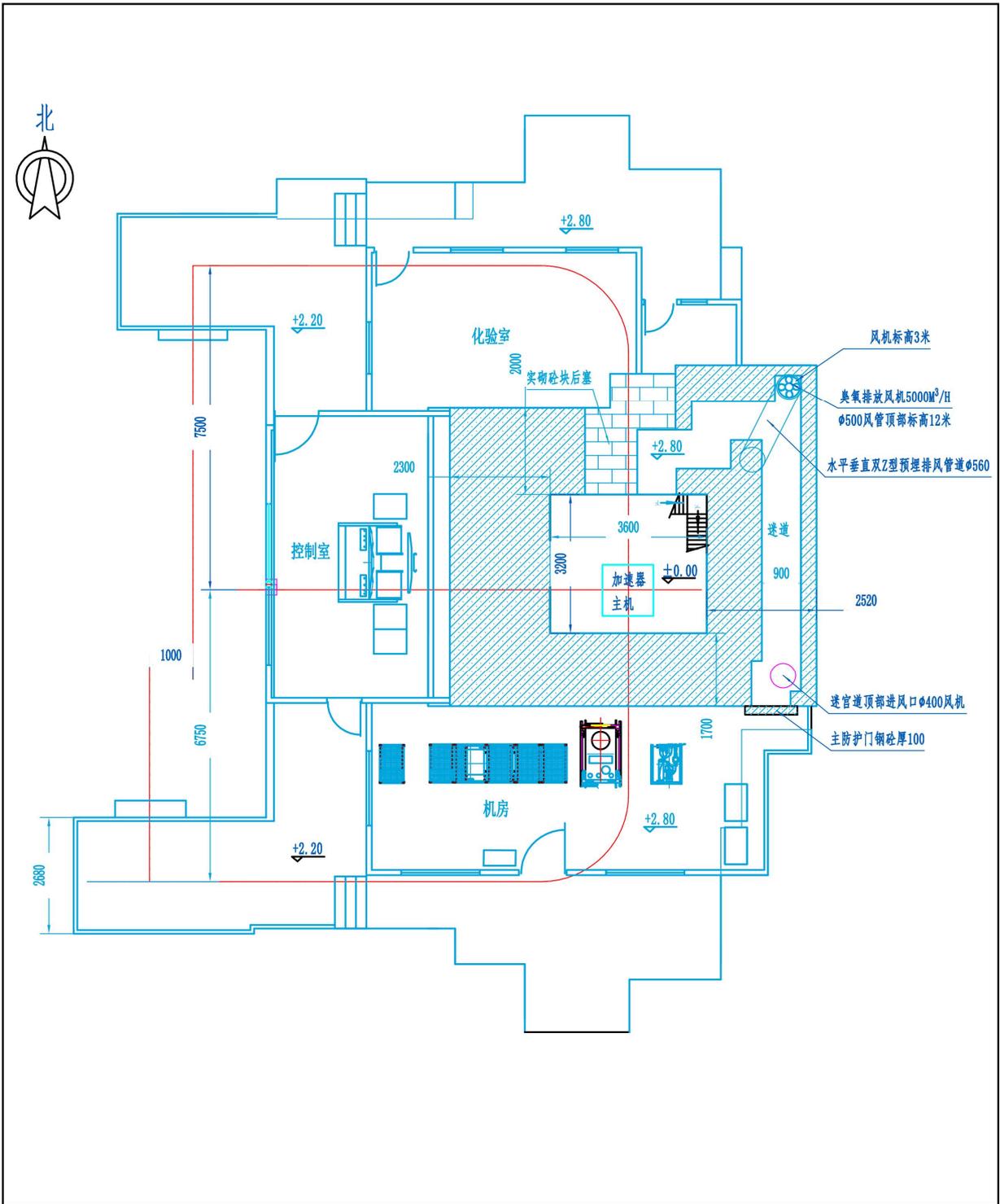
附图1 江苏雷大加速器有限公司地理位置图



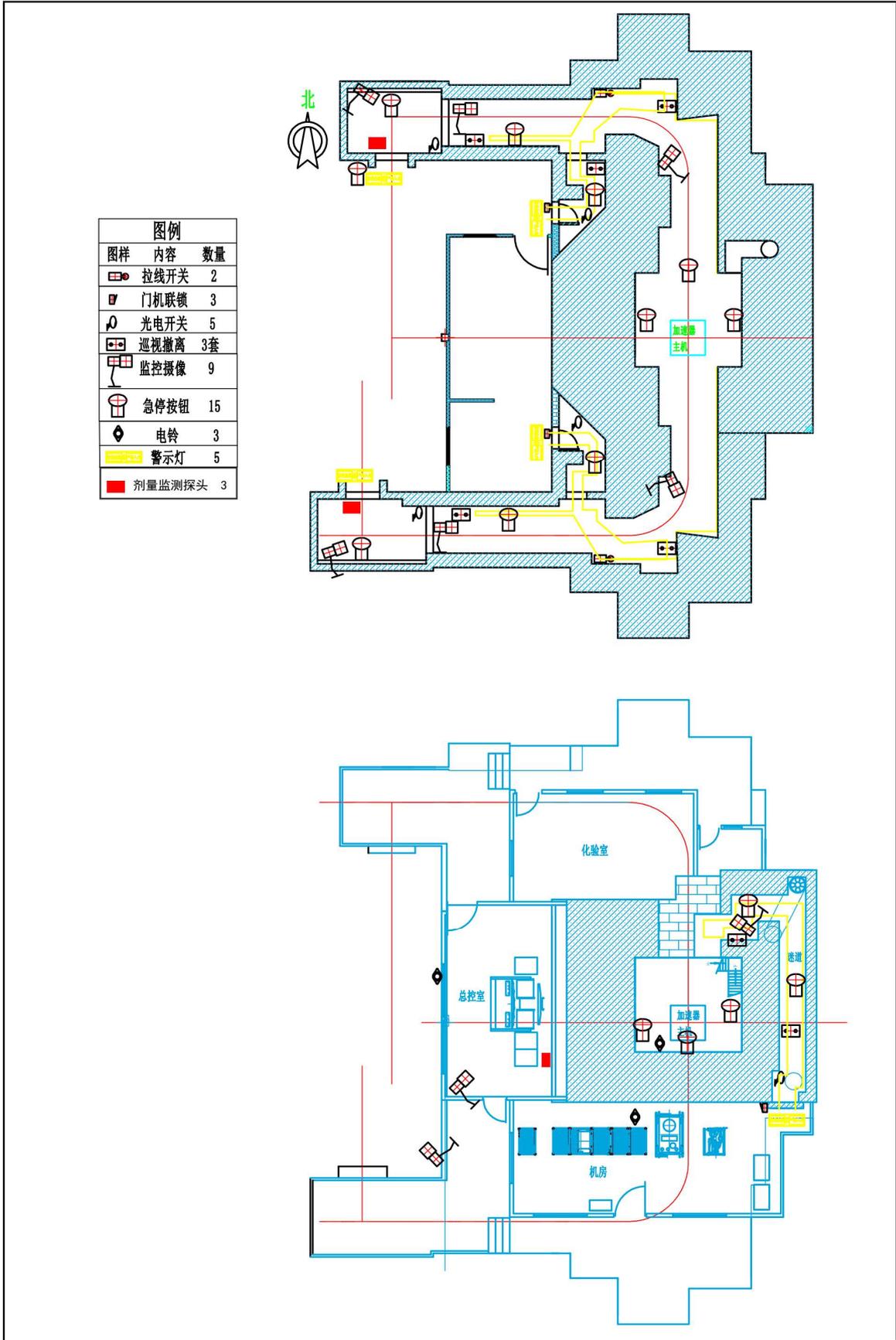
附图2 江苏雷大加速器有限公司平面布局及周围环境图



附图3-1 本项目辐照室平面及剖面设计图



附图3-2 辐照室二层平面布局图



附图4 辐照室内辐射安全措施设计图

## 委 托 书

江苏智圆行方环保工程有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》及江苏省建设项目环境保护管理办法等规定，现委托贵单位对我单位的 江苏雷大加速器有限公司 新建工业电子辐照加速器项目 进行环境影响评价工作，望接此委托后尽快开展工作。

委托方（盖章）：江苏雷大加速器有限公司

日 期：2017 年 5 月 12 日

## 射线装置使用承诺书

江苏雷大加速器有限公司 新建核技术使用情况如下：

序号	射线装置名称型号	数量	电子束最大能量 MeV	最大束流强度 mA	射线装置类别	工用场所名称	使用情况
1	DL-DZ-10/20-III型 辐照加速器	1	10	2	II	辐照室	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/

本单位郑重承诺：以上资料完全属实，如存在瞒报、假报等情况及由此导致的一切后果由本单位承担全部责任。

建设单位（盖章）：江苏雷大加速器有限公司

2017年6月22日



161012050343

# 常州环宇信科环境检测有限公司 检测 报 告

(2017)常环宇检(委)字第(245)号



检测类别 委托检测

项目名称 新建工业电子辐照加速器项目  
场址本底辐射水平检测

委托单位 江苏雷大加速器有限公司

地址：常州市新北区高新科技园创新科技楼北区 435 室

邮编：213022

电话：0519-85383739

## 检测报告说明

一、对本报告检测结果如有异议，请于收到报告之日起十天内以单位公函形式向本公司提出申诉，逾期不予受理。

二、鉴定检测，系对新产品、新工艺、新材料等有关技术性能的检测。

三、监督性检测，系按国家有关法规进行的监督性检测。

四、仲裁检测，系按有关主管部门裁定或争议双方协商所获得的样品进行检测，其结果作为上级部门或执法部门判定的依据。

五、委托分析，其分析结果，本公司仅对来样负责，分析结果供委托者了解样品品质之用。

六、检测结果中有项目出现“未检出”时报填“未检出”，并标出“最低检出限”值，若检测结果高于检出限时，可不标出检出限值。

七、本公司仅对检测报告原件负责，未经书面批准不得复制（全文复制除外）。

八、本报告涂改无效。

## 常州环宇信科环境检测有限公司检测报告

## 检测概况

被检测单位	江苏雷大加速器有限公司	地址	连云港经济开发区中德园中小企业产业园 B2-2号
联系人	陈旭	联系电话	13805186562
邮编	——	天气	晴
检测日期	2017.5.23	检测人员	蓝国华 施俭
检测目的	对新建辐照加速器机房拟建址周围本底辐射水平检测。		
检测内容 (检测对象、项目)	1、检测对象：新建辐照加速器机房拟建址周围环境。 2、检测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率。		
检测分析仪器 (型号、名称、编号、检定时间)	仪器名称： FH40G 型辐射剂量检测仪（探头 FHZ672E-10） 仪器编号： 1012 检定有效期： 2016.9.12—2017.9.11		
检测分析方法	1、GB/T 14583-1993《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》		
检测质量保证	执行本公司编制的管理体系文件和 HJ/T61-2002《辐射环境监测技术规范》的规定。		
检测结果评价依据	1、GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》		
检测布点	1、检测新建辐照加速器机房拟建址周围的本底辐射，检测点位见附图。		
备注	无		

常州环宇信科环境检测有限公司检测报告

X-γ 辐射剂量率检测结果

序号	测点描述	测量结果 (nSv/h)	备注
1	辐照加速器机房拟建场址东侧	65.3	/
2	辐照加速器机房拟建场址南侧	67.3	
3	辐照加速器机房拟建场址西侧	63.2	
4	辐照加速器机房拟建场址北侧	72.3	
以下空白			

常州环宇信科环境检测有限公司检测报告

注：测量结果未扣除仪器宇宙射线响应值

结论

结论：

江苏雷大加速器有限公司检测结果如下：

由检测结果可知，新建辐照电子加速器机房拟建址周围的环境 X-γ 辐射剂量率为 (63.2~72.3) nSv/h。

以下空白。

编制： 张行远

审核： 张行远

签发： 张行远

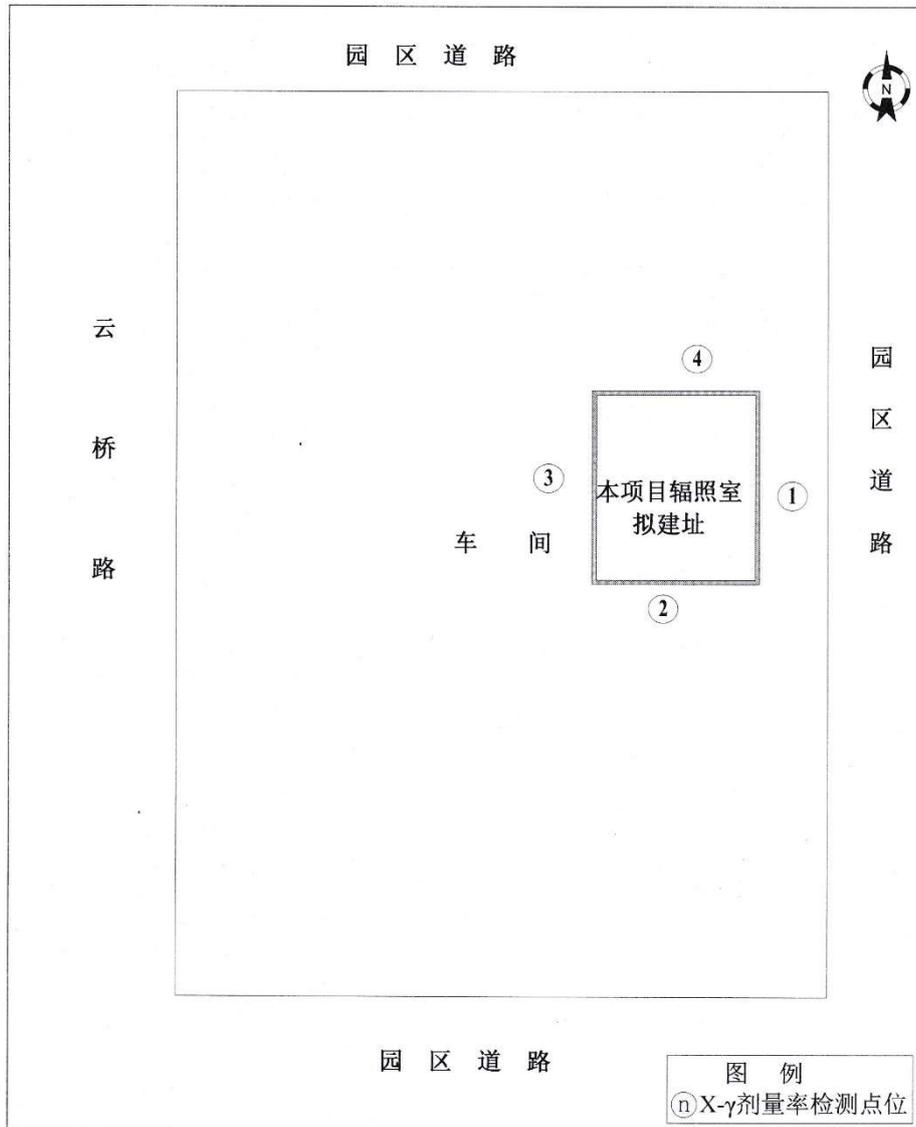
检测单位公章

签发日期 2017 年 6 月 23 日



常州环宇信科环境检测有限公司检测报告

附图



现场检测点位平面示意图



# 检验检测机构 资质认定证书

证书编号：161012050343

名称：常州环宇信科环境检测有限公司

地址：常州市新北区高新科技园创新科技楼北区 435 室（213022）

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律 responsibility，由常州环宇信科环境检测有限公司承担。

许可使用标志



161012050343

发证日期：2016年5月30日

有效期至：2022年5月29日

发证机关：



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

# 资质认定

## 计量认证证书附表



161012050343

机构名称：常州环宇信科环境检测有限公司

发证日期：2016年5月30日

有效日期：2022年5月29日

发证单位：江苏省质量技术监督局

国家认证认可监督管理委员会编制



### 批准的检验检测能力表

名称：常州环宇信科环境检测有限公司

地址：常州市新北区高新科技园创新科技楼北区435室

序号	类别(产品/项目/参数)	产品/项目/参数		依据的标准（方法）名称及编号（含年号）	限制范围及说明
		序号	名称		
一	环境				
1	电离辐射	1	X-γ辐射剂量率	环境地表γ辐射剂量率测定规范 GB/T 14583-1993	
				电离辐射防护与辐射源安全基本标准 GB 18871-2002	
				工业X射线探伤放射防护要求 GBZ 117-2015	
				含密封源仪表的放射卫生防护要求 GBZ 125-2009	
				医用X射线诊断放射防护要求 GBZ 130-2013	
				γ射线和电子束辐照装置防护检测规范 GBZ 141-2002	
				密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准 GBZ 114-2006	
				工业γ射线探伤放射防护标准 GBZ 132-2008	
				医用γ射束远距治疗防护与安全标准 GBZ 161-2004	
				X射线行李包检查系统卫生防护标准 GBZ 127-2002	
				电子加速器放射治疗放射防护标准 GBZ 126-2011	
				X射线衍射仪和荧光分析仪卫生防护标准 GBZ 115-2002	
				辐射环境监测技术规范 HJ/T 61-2001	
				便携式x射线检查系统放射卫生防护标准 GBZ 177-2006	
				医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范 GBZ/T 180-2006	
				货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求 GBZ 143-2015	
		放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则 GBZ/T 201.1-2007			
2	个人和环境X-γ累积剂量	个人和环境监测用热释光剂量测量系统 GB/T 10264-2014			
		职业性外照射个人监测规范 GBZ 128-2002			

1  
才  
专

## 批准的检验检测能力表

名称: 常州环宇信科环境检测有限公司

地址: 常州市新北区高新科技园创新科技楼北区435室

序号	类别(产品/项目/参数)	产品/项目/参数		依据的标准(方法)名称及编号(含年号)	限制范围及说明
		序号	名称		
1	电离辐射	3	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染	表面污染测定 第一部分 $\beta$ 发射体(最大 $\beta$ 能量大于0.15MeV)和 $\alpha$ 发射体 GB/T 14056.1-2008	
		4	中子剂量当量率	辐射防护仪器中子周围剂量当量(率)仪 GB/T 14318-2008	
		5	水中总 $\alpha$	水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法 EJ/T 1075-1998	
		6	水中总 $\beta$	水中总 $\beta$ 放射性测定蒸发法 EJ/T 900-1994	
		7	固体中总 $\alpha$	辐射环境监测技术规范 HJ/T 61-2001 水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法 EJ/T 1075-1998	
		8	固体中总 $\beta$	辐射环境监测技术规范 HJ/T 61-2001 水中总 $\beta$ 放射性测定蒸发法 EJ/T 900-1994	
2	电磁辐射	9	工频电场	环境影响评价技术导则 输变电工程 HJ/T 24-2014	
				交流输变电工程电磁环境监测方法(试行) HJ 681-2013	
		10	工频磁场	环境影响评价技术导则 输变电工程 HJ/T 24-2014	
				交流输变电工程电磁环境监测方法(试行) HJ 681-2013	
11	综合场强	辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法 HJ/T 10.2-1996			
12	选频场强	辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法 HJ/T 10.2-1996			

以下空白

附表 “三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资(万元)
辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构或指派辐射管理专职人员	按规定拟成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施	本项目加速器机房辐照室通过混凝土和三合土墙体屏蔽电子束和 X 射线，其采取的是实体屏蔽方式，其具体设计见表 10-1。	150
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）	①决定加速器产生辐射的主要控制系统用开关钥匙进行控制；②辐照室一层人员防护门及二层迷道防护门处设置门机联锁装置；③在控制室主控台上、辐照室内、货物通道口、人员迷道内、二层迷道等处均设置紧急急停按钮，在辐照室内安装拉线开关；④在辐照室一层货物通道口、人员通道口及二层米道口设计光电感应装置；⑤在辐照室及二层迷道内均设置巡检（巡更）按钮；⑥在辐照室入口处安装辐射监测系统；⑦在辐照室一层货物通道口、人员通道口、二层迷道口安装工作状态指示灯及语音警告装置；⑧在辐照室内外均安装视频监控系统；⑨在辐照室入口明显位置及机房周围醒目位置处设置的电离辐射警告标志。	
通风措施	通风措施	辐照室拟设置通风系统，排风管道直径为 560mm，采用水平垂直双 Z 型预埋管道由辐照室通到二层人员迷道东北角排出，排风管道的排风口位于辐照室内东侧，出风口位于辐照室外排风管道顶部（距地面约 12m），将辐照室内臭氧引至排风管道内，在约 12m 高度处排放。本项目拟设机械排风，排风量为 5000m <sup>3</sup> /h，满足辐射防护的要求。	
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	公司拟安排本项目 4 名工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，考核合格后方可从事本项目工作。	
	个人剂量监测 人员职业健康监护	公司计划为本项目 4 名工作人员均配备个人剂量计，计划开展个人剂量监测和职业健康监护，并建立完整的个人剂量监测和职业健康防护档案。	
监测仪器和防	环境辐射剂量巡测仪	拟配备 1 台环境辐射巡测仪。	

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资(万元)
护用品	个人剂量报警仪	拟配备 2 台个人剂量报警仪。	
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 人员培训计划 监测方案 辐射事故应急措施	根据环评要求，按照项目的实际情况，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	

以上措施应在试运行前落实到位。