

# 新增 2 座工业辐照用加速器项目 竣工环境保护验收监测报告

报告编号：瑞森（验）字（2021）第035号

建设单位： 江苏金友电气有限公司

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二一年九月

**项目名称：**江苏金友电气有限公司新增 2 座工业辐照用加速器项目竣工环境保护验收监测

**建设单位：**江苏金友电气有限公司

**法人代表：**施大镛

**编制单位：**南京瑞森辐射技术有限公司

**法人代表：**王爱强

主要编制人员情况			
姓名	上岗证书号	职责	签名
张晋	SHFSJ0743（电离类）	编写	
刘彧好	SHFSJ0583（电离类）	校核	
王超	SHFSJ0287（综合类）	审核	
王爱强	SHFSJ0060（综合类）	签发	

**建设单位：**江苏金友电气有限公司

**编制单位：**南京瑞森辐射技术有限公司

**联系人：**孙恩红

**联系人：**郭文政

**电话：**18168279185

**电话：**025-86633196

**地址：**江苏省扬州市宝应县广洋湖镇沿广路 9 号

**地址：**南京市鼓楼区建宁路 61 号中央金地广场 1 幢 1317 室

# 目 录

<b>1 项目概况</b> .....	<b>1</b>
1.1 建设单位基本情况.....	1
1.2 项目建设规模.....	1
1.3 验收工作由来.....	1
1.4 项目基本信息一览表.....	2
<b>2 验收依据</b> .....	<b>4</b>
2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度.....	4
2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范.....	5
2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件.....	5
2.4 其他相关文件.....	5
<b>3 项目建设情况</b> .....	<b>6</b>
3.1 地理位置及平面布置.....	6
3.2 建设内容.....	6
3.3 工程设备.....	12
3.4 工艺分析.....	13
3.4 项目变动情况.....	14
<b>4 辐射安全与防护环境保护措施</b> .....	<b>15</b>
4.1 污染源项分析.....	15
4.2 辐射安全与防护措施.....	15
4.3 其他环境保护设施.....	31
4.4 辐射安全管理制度.....	33
4.5 辐射安全应急措施.....	33
4.6 辐射安全与防护措施落实情况.....	34
<b>5 环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批文件</b> .....	<b>36</b>
5.1 环境影响报告书（表）主要结论与建议.....	36
5.2 审批部门审批文件.....	37
<b>6 验收执行标准</b> .....	<b>39</b>
6.1 人员年受照剂量管理目标值.....	39
6.2 辐射管理分区.....	39

6.3 工作场所放射防护安全要求.....	39
6.4 安全管理要求及环评要求.....	42
<b>7 验收监测 .....</b>	<b>43</b>
7.1 监测分析方法.....	43
7.2 监测因子.....	43
7.3 监测工况.....	43
7.4 监测内容.....	43
<b>8 质量保证和质量控制 .....</b>	<b>44</b>
8.1 本次验收监测质量保证和质量控制.....	44
8.2 自主检测质量保证和质量控制.....	45
<b>9 验收监测结果 .....</b>	<b>46</b>
9.1 辐射防护监测结果.....	46
9.2 辐射工作人员和公众年有效剂量分析.....	51
<b>10 验收监测结论 .....</b>	<b>53</b>
10.1 验收结论.....	53
10.2 建议.....	54
<b>附件 1 项目委托书和工商变更文件 .....</b>	<b>55</b>
<b>附件 2 项目环境影响报告表主要内容 .....</b>	<b>57</b>
<b>附件 3 项目环境影响报告表批复文件 .....</b>	<b>64</b>
<b>附件 4 辐射安全许可证 .....</b>	<b>67</b>
<b>附件 5 设备维修合同 .....</b>	<b>68</b>
<b>附件 6 辐射安全管理机构及制度 .....</b>	<b>70</b>
<b>附件 7 辐射工作人员培训证书及体检报告 .....</b>	<b>88</b>
<b>附件 8 个人剂量监测协议和近期报告 .....</b>	<b>114</b>
<b>附件 9 竣工环保验收监测报告 .....</b>	<b>118</b>
<b>附件 10 验收监测单位 CMA 资质证书.....</b>	<b>126</b>

## 1 项目概况

### 1.1 建设单位基本情况

江苏金友电气有限公司原公司名称为江苏金扬电气有限公司(统一社会信用代码: 91321023301849542A)于 2014 年 4 月成立(工商变更文件见附件 1), 公司位于江苏省扬州市宝应县广洋镇沿广路 9 号。

公司主要从事生产各种光伏电缆、柔性电缆、扁平电缆、耐油电缆、低烟无卤电缆、屏蔽电缆等专业产品。

江苏金友电气有限公司于 2016 年 12 月 14 日首次申领了辐射安全许可证(苏环辐证(K0207)), 种类和范围为: 使用 II 类射线装置; 有效期至 2021 年 12 月 13 日。

### 1.2 项目建设规模

企业为了提高市场竞争力、改善产品质量、降低生产成本, 计划在厂区的西北角新增 2 台工业辐照用加速器(技术参数分别为 2.0MeV/50mA 及 3.0MeV/30mA), 用于对电线电缆的辐照加工, 该项目的环评报告表已委托苏州热工研究院有限公司编制完成, 并于 2015 年 4 月通过扬州市环境保护局的审批, 目前 2 台加速器均已配备到位并调试完成, 具备竣工环保验收监测条件。

### 1.3 验收工作由来

2021 年 4 月江苏金友电气有限公司委托加速器技术公司对本项目中两台加速器进行关键部件的维修。根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定, 江苏金友电气有限公司于 2021 年 5 月决定重新组织对本项目两台加速器的验收工作, 委托南京瑞森辐射技术有限公司对本项目开展竣工环境保护验收监测工作。项目委托书见附件 1, 设备维修合同见附件 5。

南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后, 编制了《江苏金友电气有限公司新增 2 台工业辐照用加速器项目竣工环境保护验收监测方案》。本次验收内容包括: 江苏省扬州市宝应县广洋镇沿广路 9 号新建 2 台电子加速器(型号: DD2.0-50, 最大电子能量为 2.0MeV, 最大束流强度为 50mA 和 DD3.0-30, 最大电子能

量为 3.0MeV，最大束流强度为 30mA），用于电缆电线辐照加工。南京瑞森辐射技术有限公司于 2021 年 7 月开展了现场监测和核查，根据现场监测和核查情况，编制本项目验收监测报告。

#### 1.4 项目基本信息一览表

本项目基本情况见表 1-1。

表 1-1 项目基本信息

项目名称	江苏金友电气有限公司新增 2 台工业辐照用加速器项目竣工环境保护验收		
建设单位	江苏金友电气有限公司 (统一社会信用代码: 91321023301849542A)		
法人代表	施大铝	项目联系人	孙恩红
联系电话	18168279185		
通讯地址	江苏省扬州市宝应县广洋镇沿广路 9 号		
项目地点	江苏省扬州市宝应县广洋镇沿广路 9 号		
建设性质	新建		
环评单位	苏州热工研究院有限公司		
环评报告名称	《江苏金友电气有限公司新增 2 座工业辐照用加速器项目环境影响报告表》		
环评审批部门	扬州市环境保护局	批复时间	2015 年 4 月 14 日
批准文号	扬环审批(2015)22 号		
验收监测单位	南京瑞森辐射技术有限公司	委托时间	2021 年 6 月 1 日
总投资(万元)	1800		
核技术项目投资(万元)	1400	核技术项目环保投资(万元)	400

江苏金友电气有限公司本次验收项目环评审批及实际建设情况见表 1-2。

表 1-2 本次验收项目环评审批及实际建设情况一览表

环评报告表名称	环评审批情况及批复时间	实际建设情况	备注
《江苏金友电气有限公司新增 2 座工业辐照用加速器项目环境影响报告表》	建设地点：扬州市宝应县广洋湖镇沿广路 9 号。 项目内容：同意新增 2 座工业辐照用加速器项目的建设，项目内容为新建 2 座工业辐照用加速器（能量分别为 2.0MeV 和 3.0MeV）。 批复时间：2015 年 4 月	建设地点：扬州市宝应县广洋湖镇沿广路 9 号。 项目内容：公司已在 3#生产车间北部新建 2 座加速器机房，新增 2 座工业辐照用加速器（能量分别为 2.0MeV 和 3.0MeV）。	与环评内容及批复要求一致。

## 2 验收依据

### 2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日起实施；
- 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》修正）；
- 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；
- 4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院第 253 号发布，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订）；
- 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；
- 6) 《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 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；
- 7) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；
- 8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），2021 年 1 月 4 日起施行；
- 9) 《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；
- 10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；
- 11) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》，生态环保部公告 [2018]第 9 号，2018 年 5 月 15 日印发；
- 12) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日起施行；
- 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 号文）；
- 14) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发

[2012]77 号，环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；

15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告 2019 年第 57 号。

## 2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范

- 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 2) 《电离辐射监测质量通用要求》（GB 8999-2021）；
- 3) 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- 4) 《 $\gamma$  射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）；
- 5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；
- 6) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）；
- 7) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；
- 8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。

## 2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件

《江苏金扬电气有限公司新增 2 座工业辐照用加速器项目》环境影响评价报告表及扬州市环境保护局批复意见（扬州审批〔2015〕22 号）。

## 2.4 其他相关文件

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护第 13 卷 第 2 期，1993 年 3 月。

表 2-1 江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

	室外剂量率	室内剂量率
范围	62.6~101.9	108.9~123.6
均值	79.5	115.1
标准差（s）	7.0	16.3
（均值 $\pm$ 3s）	79.5 $\pm$ 21.0（58.5~100.5）	115.1 $\pm$ 48.9（66.2~164）

注：评价时参考数值。

### 3 项目建设情况

#### 3.1 地理位置及平面布置

项目名称：新增 2 台工业辐照用加速器项目竣工环境保护验收。

建设地点：江苏省扬州市宝应县广洋湖镇沿广路 9 号，江苏金友电气有限公司地理位置见图 3-1，本项目周围 50m 范围环境示意图见图 3-2。

本项目周围环境环评中规划情况与现场核实情况对照见表 3-1 至表 3-2，由表可知，本项目建设情况与环评及其审批意见一致。

表 3-1 本项目公司周围环境现场核实情况

位置		周围环境现场核实情况	备注
江苏金友电气有限公司	东面	农田	与环评文件一致
	南面	沿广公路	与环评文件一致
	西面	扬州市石化管件厂厂区	与环评文件一致
	北面	农田	与环评文件一致

表 3-2 本项目工业辐照加速器所在厂房周围环境环评中规划情况与现场核实情况对照表

位置		周围环境		备注
		环评规划情况	现场核实情况	
辐照室所在车间	东侧	厂区内道路	厂区内道路	与环评文件一致
	南侧	厂区内其他配套用房	厂区内其他配套用房	与环评文件一致
	西侧	厂区围墙	厂区围墙	与环评文件一致
	北侧	厂区内其他配套用房	厂区内其他配套用房	与环评文件一致

#### 3.2 建设内容

江苏金友电气有限公司于厂区中新建 2 台电子加速器（型号分别为：DD2.0-50，电子束最大能量为 2.0MeV，最大电子束流强度 50mA 和 DD3.0-30，电子束最大能量为 3.0MeV，最大电子束流强度 30mA），用于公司产品辐照加工，主

要用于电线电缆的辐照加工。本次验收项目环评及实际建设规模主要技术参数见表 3-3，废弃物环评及实际建设规模见表 3-4。由表中信息可知，本次验收项目内容与环评相比无变化。



图 3-1 江苏金友电气有限公司地理位置示意图



图 3-2 江苏金友电气有限公司 50m 范围周围环境示意图

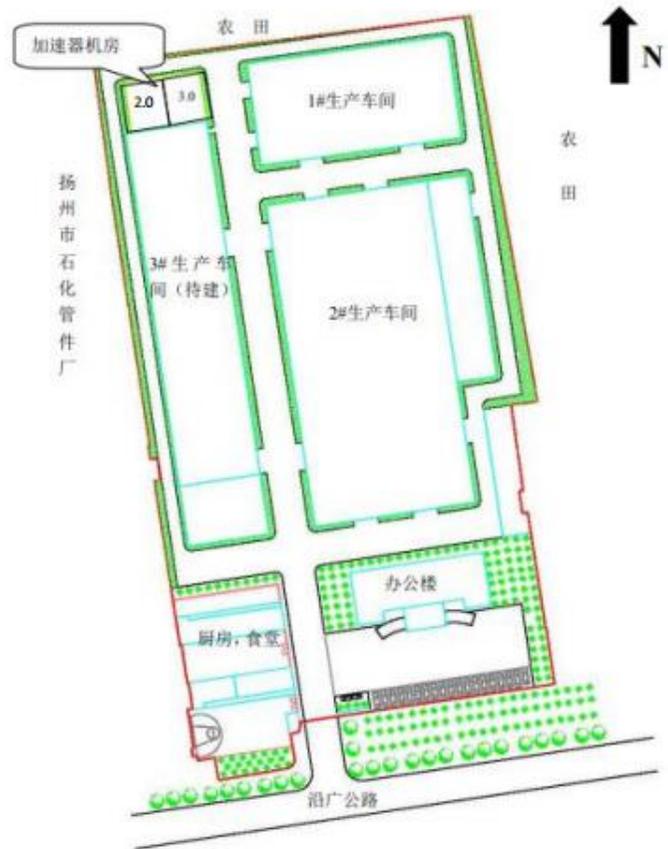


图 3-3 江苏金友电气有限公司厂区平面示意图

表 3-3 江苏金友电气有限公司本次验收项目环评及实际建设规模主要技术参数

工业辐照用加速器								
名称	环评建设规模				实际建设规模			
	数量	型号	技术参数	工作场所	数量	型号	技术参数	工作场所
电子加速器	1	DD2.0-50	2.0MeV/50mA	公司厂房内	1	DD2.0-50	2.0MeV/50mA	辐照室
电子加速器	1	DD3.0-30	3.0MeV/30mA	公司厂房内	1	DD3.0-30	3.0MeV/30mA	辐照室

表 3-4 江苏金友电气有限公司本次验收项目废弃物环评及实际建设规模

名称	环评建设规模							实际建设规模
	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	暂存情况	最终去向	
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	通过排风系统排入外环境，臭氧的半衰期约为25分钟，常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小	与环评一致

### 3.3 工程设备

#### 3.3.1 设备简介

江苏金友电气有限公司投资建设了 2 台工业辐照用电子加速器（型号分别为：DD2.0-50，电子束最大能量为 2.0MeV，最大电子束流强度 50mA 和 DD3.0-30，电子束最大能量为 3.0MeV，最大电子束流强度 30mA。）用于电线电缆辐照加工，该加速器为半自屏蔽式工业电子加速器，加速器部分为自屏蔽式，故在厂区的生产车间只建设辐照室，该工业电子加速器的辐照室位于地面一层。

本项目辐照室四周墙体采用混凝土结构，并设有迷道，防护门采用钢板作为防护。

本项目电子加速器主要技术参数见 3-5 所示，整体结构示意图见图 3-4。

表 3-5 电子加速器技术参数

参数设备	电子加速器	
生产厂家	江苏达胜加速器制造有限公司	
型号	DD2.0-50	DD3.0-30
工作方式	电子束照射	电子束照射
电子束能量	2.0MeV	3.0MeV
最大束流功率	100kW	90kW
最大电子束流强度	50mA	30mA
电子扫描最大宽度	1000mm	1000mm

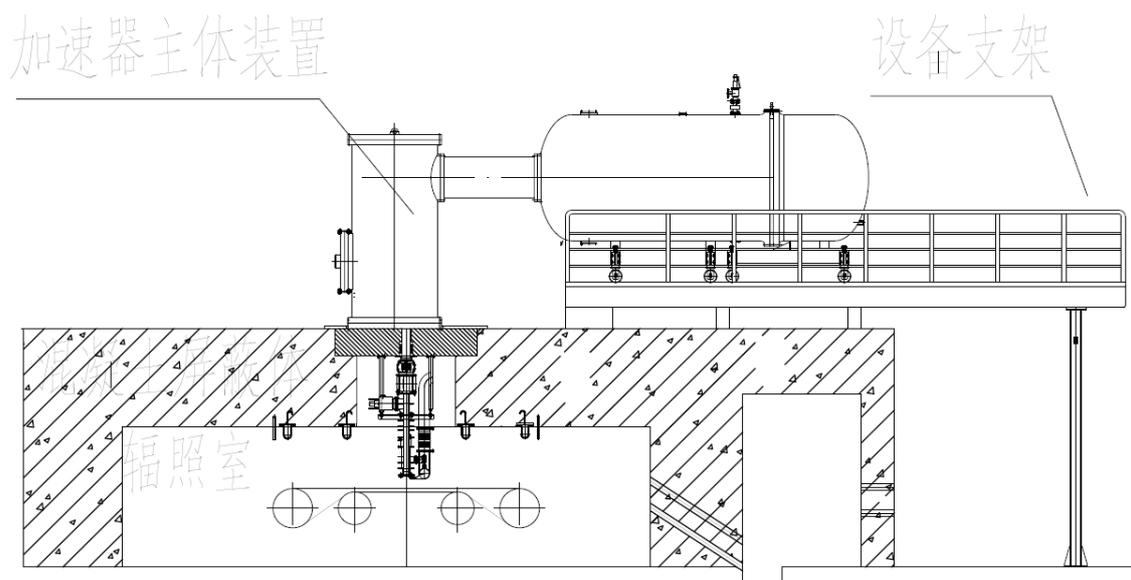


图 3-4 加速器及辐照室整体结构示意图

江苏金友电气有限公司购置的 2 台电子加速器，型号为分别为：DD2.0-50 型，其电子线最大能量为 2.0MeV，最大束流强度为 50mA 和 DD3.0-30 型，其电子线最大能量为 3.0MeV，最大束流强度为 30mA。

### 3.3.2 设备组成

本项目使用的电子加速器（型号：DD2.0-50 和 DD3.0-30）是使电子在高真空中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是产生高能电子束的设备。

其主要组成部分包括：高压系统、高频振荡器、加速管、电子枪、引出扫描系统、真空系统、SF<sub>6</sub> 气体处理系统、水冷系统、辐射防护监测系统和控制系统等。

## 3.4 工艺分析

### 3.4.1 工作原理

电子枪产生的电子通过加速管之间的高压获得能量而聚焦加速，最后加速的高能、高功率的电子束从加速器出口输出，进入扫描空间，利用磁场将成束的电子扫开成一定宽度，从薄的金属膜构成的输出窗引出，对运动的被照物件进行辐照而改变性质，如电线电缆辐照后，提高绝缘、保护耐温性能、抗张强度，最终提高电线电缆的整体技术指标。

### 3.4.2 辐照工作流程

江苏金友电气有限公司辐照的产品为电线电缆，需要辐照的电线电缆通过电线电缆收放架系统，经过加速器辐照厅墙壁上的内置通道斜穿进入加速器辐照厅机房进行辐照，辐照结束后，再通过收放架系统输出，经验收合格后入库。

### 3.4 项目变动情况

江苏金友电气有限公司本次验收项目实际建设规模及主要技术参数与环评及其批复一致，无变动情况。

## 4 辐射安全与防护环境保护措施

### 4.1 污染源项分析

由工业辐照加速器工作原理和 workflow 可知，本项目主要产生以下污染：电子加速器在工作状态时，高能电子在运动过程中于物质（金属部件、辐照产品和混凝土建筑）作用产生连续能谱的韧致辐射，即 X 射线，其可能对加速器室外工作人员和公众产生一定外照射，X 射线是本项目主要污染物。此外电子加速器运行时，会在加速器机房产生极少量臭氧和氮氧化物。

#### 4.1.1 辐射源项分析

1) 电子束：工业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。

2) X 射线：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，对周围环境产生一定的辐射影响。此外，电子束打在机头及其他高 Z 物质时也会产生高能 X 射线，X 射线的贯穿能力极强，会对辐照室周围环境造成辐射污染。

工业辐照加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。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。

#### 4.1.2 其他污染源项分析

臭氧和氮氧化物：工业辐照加速器在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中短时间内可自行分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

工作人员产生的普通生活污水，接入城市污水管网统一处理。工作人员产生的一般生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

## 4.2 辐射安全与防护措施

**布局：**本项目 DD2.0-50 型和 DD3.0-30 电子加速器建设于江苏金友电气有限公司内，加速器安装位于公司厂房内西北端 3#生产车间内，加速器建设车间东侧为厂区内道路，南侧为厂区空地，西侧为厂区围墙，北侧为厂区围墙及农田。控制台位于工业辐照加速器机房南侧，项目布局合理可行。

**辐射防护分区：**本项目配置的 DD2.0-50 型和 DD3.0-30 型电子加速器通过本身设计的自屏蔽辐射防护系统和辐照室实体墙进行屏蔽防护，工业辐照加速器在开机运行时，将辐照室设为控制区，加速器工作过程中，任何人均不得进入控制区。将控制室、传输区域、二层平台（加速器主机所在平台）等区域划为监督区，加速器工作过程中除辐射工作人员外，其他人员严格限制进入监督区。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

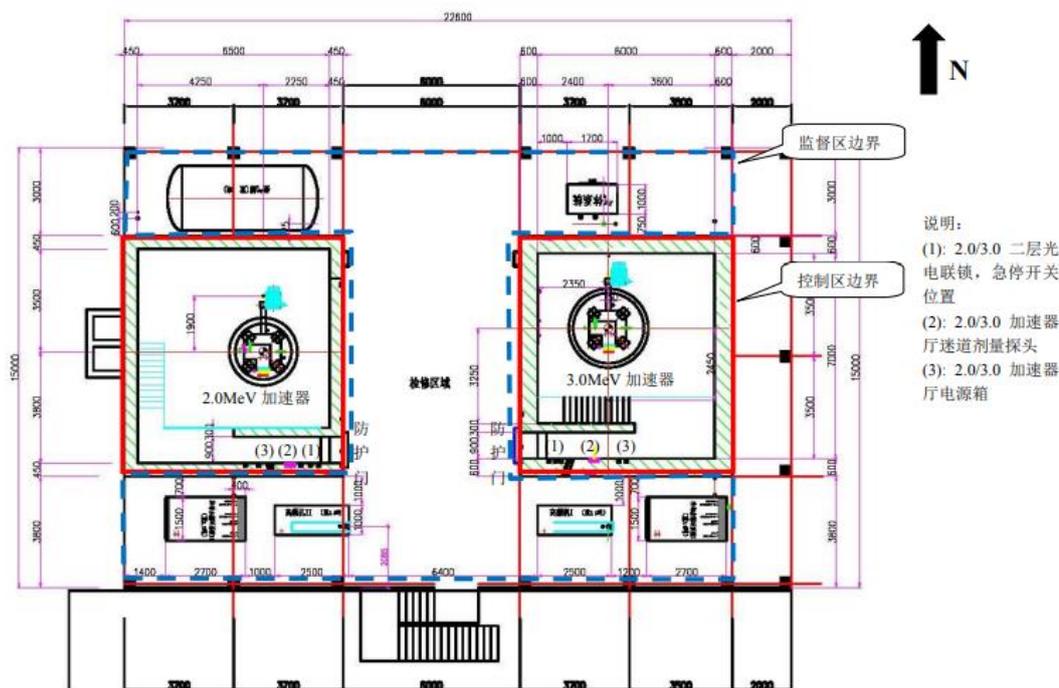


图 4-1 本项目辐射防护分区示意图

#### 4.2.1 辐射安全措施

##### 1) 钥匙控制

主控台上设计有加速器的钥匙开关(见图 4-2)，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，加速器无法开机出束；同时，加速器的开关钥匙也是该加速器辐照室的防护门开关钥匙，并且辐照室防护门上的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该加速器的开关钥匙。因此，加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开；在防护门打开的情况下，由于开关钥匙在防护门上，此情况下加速器必然无法开机出束。满足《电

子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中“加速器的主控钥匙开关必须和辐照室门联锁”的要求。



图 4-2 工业辐照加速器控制台上钥匙开关

## 2) 门机联锁

电子加速器辐照室的电动防护门与加速器装置联锁，在防护门未闭合的状态下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断加速器的高压，使加速器立即停止出束。

## 3) 束下装置联锁

辐照室内的传输系统均与该辐照室内的电子加速器联锁。加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动该辐照室的加速器进行出束作业；在加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得该辐照室内的加速器立即停止出束。



图 4-3 工业辐照加速器控制台束下控制系统及界面（方框处为急停按钮）

#### 4) 工作状态指示灯、电离辐射警告标志及信号警示装置

本项目工业辐照加速器辐照室门上粘贴有当心电离辐射警告标志，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规范的电离辐射警告标志的要求。辐照室上方设置有工作状态指示灯，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中“辐照室出入口设置工作状态指示装置”的要求。工作状态指示灯和电离辐射警告标志，见图 4-4。



图 4-4 工业辐照加速器工作状态指示灯和电离辐射警告标志

#### 5) 防人勿入装置

辐照室在紧邻防护门的迷道区域内,有 2 个不同厂家红外光电装置并分别与加速器联锁。光电装置安装高度均为距离地面 1.2m 处,当有人员误入辐照室,身体将任意一处红外线挡住后,若加速器处于开机状态下,将立即自动切断电源,加速器将立即停止出束,同时发出异常情况下的警示声音。通过此措施,防止在加速器开机过程中,人员误入辐照室造成误照射,见图 4-4。

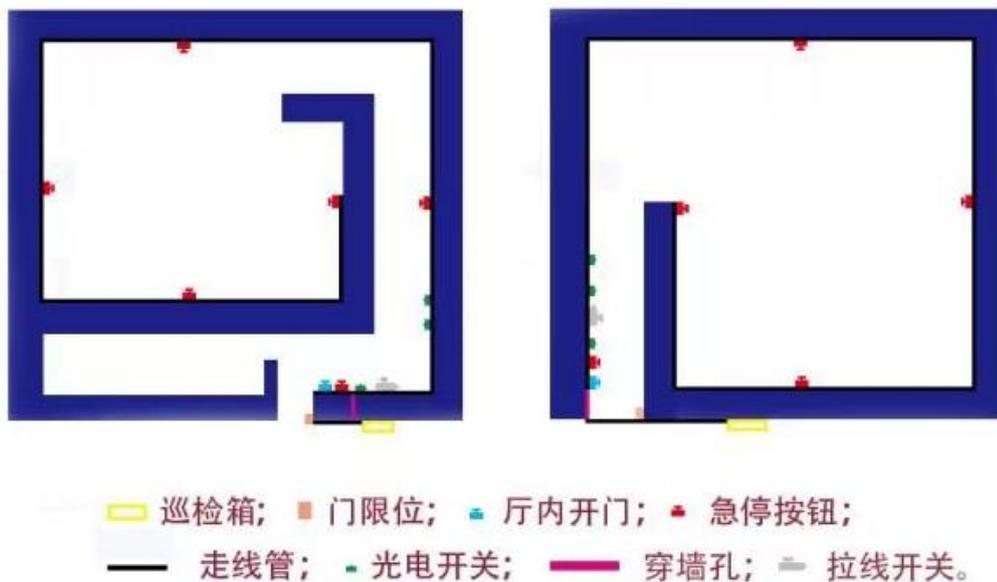


图 4-5 加速器机房内安全措施布置示意图



图 4-6 光电联锁装置

## 6) 急停装置

在控制台上和辐照室内均设有紧急停机按钮,若出现紧急情况,可按下急停按钮,加速器高压立即切断,满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)中“在控制台上设置紧急停机装置”的要求。本项目控制室有三台控制系统,从左往后依次为束下控制系统、加速器辐照控制系统和辐射检测报警仪控制系统,其中束下控制系统和加速器辐照控制系统的控制面板上均设有急停按钮。机房内急停按钮的安装分布见图4-5。

## 7) 巡检按钮(急停按钮)

本项目工业辐照加速器辐照室内有急停按钮,同时也作为巡检按钮,在加速器启动前,将钥匙插在防护门外巡检控制箱的巡检钥匙插孔上,按照1~6号顺序依次按下巡检启用按钮(此时广播反复提示“辐照设备启动中,危险,请退出”),进入辐照室依次按下巡检按钮后,按下关门键,拔出钥匙。巡检按钮和巡检装置布置见图4-5,图4-7。



图4-7 巡检控制箱

## 8) 剂量联锁

本项目共安装有 3 个固定式辐射监测仪,1 号辐射监测仪位于辐照室内防护门入口右拐墙上(迷道内),2 号辐射监测仪位于辐照室顶端主钢桶板面上,3 号

辐射监测仪位于辐照室与控制室相连的墙上，3 个辐射监测仪型号均为 RD5008，显示系统安装于控制室，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中“在辐照室的迷道内设置固定式辐射监测仪”的要求。当辐射水平高于仪器设定的阈值时，防护门无法打开。辐射监测仪和控制面板照片见图 4-8。



辐射监测仪



控制室内辐射检测报警仪控制系统控制面板

图 4-8 辐射监测仪和控制面板照片

#### 9) 通风系统联锁

辐照室通风系统正常工作后，加速器才能出束；在通风系统未正常工作时，加速器将无法进行出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即停止出束作业。

加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启

系统，即：加速器正常停止出束后，排风系统将参加工作至少 5 分钟。在 5 分钟内，即使对排风系统发出停止工作指令，排风系统仍将有效工作 5 分钟；正常停止加速器出束后 5 分钟内，即使发出打开辐照室防护门的指令，辐照室防护门仍然无法打开，直到 5 分钟后方可开启防护门。若加速器非正常停止出束，则排风系统的运行和防护门的开启情况不受限制。若通风系统故障，加速器停止出束。

#### 10) 烟雾报警

本项目辐照室设置有烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。烟雾报警系统位于风机管道上。

#### 11) 实时摄像监视

在辐照室内设有摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。为了避免强辐射场对视频信号的干扰，设置在迷道口（迷道和辐照室的交接处）安装了视频摄像头，通过反射镜来获取辐照室内图像。

#### 12) 加速器冷却系统联锁

电子加速器将与该加速器各管路冷却回水的流量进行联锁。在加速器未出束时，只有当各管路冷却回水的流量正常时，加速器方可启动进行出束作业；在加速器正、常运行后，各管路冷却回水的流量将时时监控，若任意管路的冷却回水流量出现异常，则系统将立即切断该台加速器电源，使得该辐照室内的加速器立即停止出束。

#### 13) 加速器的各控制信号联锁

电子加速器将与该加速器的各控制信号进行联锁。在加速器未出束时，只有当所有控制信号均正常时，加速器方可启动进行出束作业；在加速器正常运行后，将对各控制信号时时监控，若任意控制信号出现异常，则系统将立即切断该台加速器电源，使得该辐照室内的加速器立即停止出束。

#### 14) 设备维修维护防护措施

设备出现故障，或对设备进行维护检修时，需请专业的维修维护人员前来进行维修维护操作，并且需严格执行下述步骤：

① 提前制定维修维护计划，并及时告知辐射工作人员；

② 维修维护人员在控制室与辐射工作人员确认无异常情况，可以开始维修维护；

- ③ 辐射工作人员通过视频信号等方式，时刻注意维修维护的正常进行；
- ④ 维修维护人员在控制室按下对应加速器的急停按钮；
- ⑤ 维修维护人员佩戴处于开启状态下运行良好的个人剂量报警仪；
- ⑥ 维修维护人员携带加速器的开关钥匙打开辐照室的防护门；
- ⑦ 维修维护人员按下辐照室内的全部急停按钮并拉下拉线开关；
- ⑧ 在执行完上述步骤后，维修维护人员方可进行设备维修维护。

建设单位在设备的维修维护过程中，需严格执行上述步骤，杜绝维修维护过程中，由于辐射工作人员不知情，维修维护人员未执行安全措施，导致加速器出束误照射的事故。

维修维护结束后，急停按钮和拉线开关需于复位后，加速器才能正常启动出束。

本项目加速器管水平方向设有检修口，该检修口防护门通过多组螺栓固定在加速器钢筒上，该处防护门与加速器压力联锁，当打开检修口会导致加速器缸筒内压力不足，加速器无法启动。

本项目加速器独立安全系统逻辑关系及巡检流程见图 4-9，4-10。

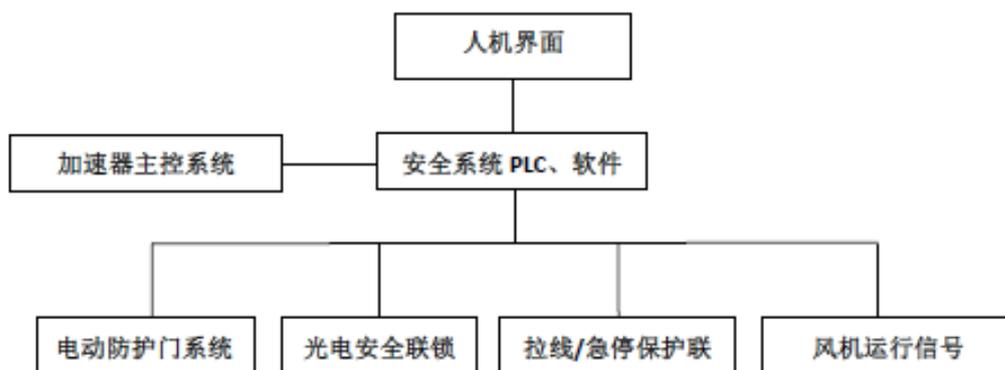


图 4-9 加速器独立安全系统逻辑关系示意图

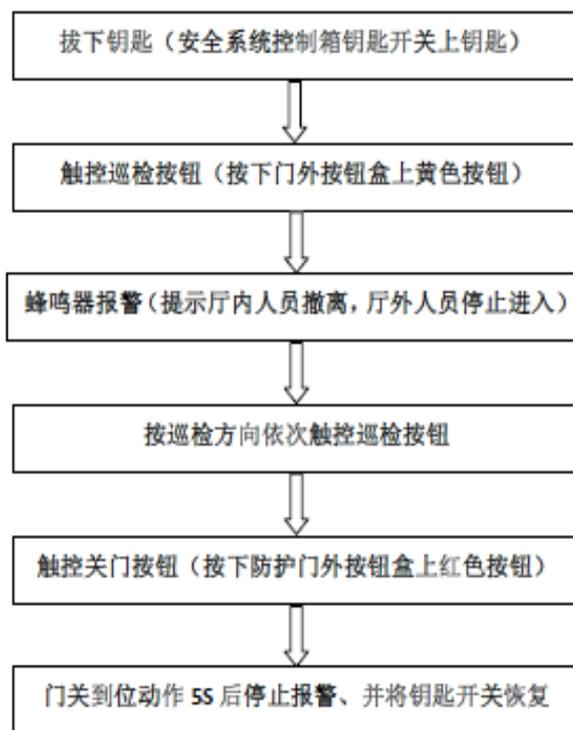


图 4-10 巡检流程示意图

表 4-1 本项目辐射安全措施配置情况对照分析表

落实情况		备注
钥匙控制	主控台上设计有加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，加速器无法开机出束；同时，加速器的开关钥匙也是该加速器辐照室的防护门开关钥匙，并且辐照室防护门上的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。	符合
门机联锁	电子加速器辐照室的电动防护门与加速器装置联锁，在防护门未闭合的状态下，加速器不能启动工作。	符合
束下装置联锁	辐照室内的传输系统均与该辐照室内的电子加速器联锁。	符合
工作状态指示灯、电离辐射警告标志及信号警示装置	辐照室门上粘贴有当心电离辐射警告标志，辐照室上方设置有工作状态指示灯。	符合
防人勿入装置	辐照室在紧邻防护门的迷道区域内，有 2 道相互独立的红外光电装置并分别与加速器联锁。	符合
急停装置	控制台上和辐照室内均设有紧急停机按钮，若出现紧急情况，可按下急停按钮，加速器高压立即切断。	符合
剂量联锁	共有 3 个固定式辐射监测仪，1 号辐射监测仪位于辐照室内防护门入口右拐墙上（迷道内），2 号辐射监测仪位于辐照室顶端主钢桶板面上，3 号辐射监测仪位于辐照室与	符合

	控制室相连的墙上，3 个辐射监测仪型号均为 RD5008，显示系统安装于控制室。	
通风系统联锁	辐照室通风系统正常工作后，加速器才能出束；在通风系统未正常工作时，加速器将无法进行出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即停止出束作业。	符合
烟雾报警	本项目辐照室设置有烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。烟雾报警系统位于风机管道上。	符合
实时摄像监视	在辐照室内设有摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。	符合
加速器冷却系统联锁	电子加速器将与该加速器各管路冷却回水的流量进行联锁。	符合
加速器的各控制信号联锁	电子加速器将与该加速器的各控制信号进行联锁。	符合
设备维修维护防护措施	设备出现故障，或对设备进行维护检修时，需请专业的维修维护人员前来进行维修维护操作，并且需严格执行规定步骤。	符合

#### 15) 人员监护

江苏金友电气有限公司为本项目配备有辐射工作人员（名单见表 4-2），辐射工作人员均在扬州市医学检验中心/扬州市疾病预防控制中心进行了辐射工作人员健康体检，与扬州市疾病预防控制中心签订了个人剂量检测合同，建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案。相关辐射工作人员均参加了生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射安全与防护知识培训，成绩合格。

表 4-2 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	培训合格证书编号	工作场所
孙恩红	男	FS21JS1600012	辐照部
葛 广	男	苏环辐 1502009	辐照部
刘 祥	男	FS21JS1600014	辐照部
唐汝邦	男	FS20JS1600162	辐照部
王 华	男	FS21JS1600035	辐照部

姓名	性别	培训合格证书编号	工作场所
张彩军	男	FS21JS1600015	辐照部
游新清	男	FS21JS1600011	辐照部
张有龙	男	FS21JS1600013	辐照部
朱书俊	男	FS21JS1600081	辐照部
张益培	男	苏环辐 1502011	辐照部

目前配备的辐射工作人员,每人每天工作 8 个小时,三班倒,年工作 250 天,加速器每天运行不超过 20h,每班加速器运行出束时间约为 6.7h,每班 2 名辐射工作人员,每名辐射工作人员年工作 1675h,加速器每年运行时间不超过 5000h。

江苏金友电气有限公司已为本项目配备 1 台辐射巡测仪及 3 台个人剂量报警仪,见图 4-11、图 4-12。



图 4-11 辐射巡测仪



图 4-12 个人剂量报警仪

#### 4.2.2 辐射防护措施

2.0MeV 加速器机房为 2 层混凝土建筑,一层为辐照厅,二层为加速器厅和放置辅助设备。一层辐照厅设置“U”型迷道,出入口设置 1 扇钢制防护门。防护门位于辐照厅南侧,进出线位置的东侧。2 层加速器厅设置“L”型迷道,迷道外口设置 1 扇钢制防护门。2.0MeV 加速器辐照厅西侧、北侧屏蔽墙厚为 140cm,大门为 40mm 钢制大门,顶部厚 90cm,东侧迷道内墙厚 80cm,东侧迷道外墙厚 120cm(与 3.0MeV 加速器合用),南侧内墙厚 120cm,南侧外墙厚 50cm。加速器厅四周防护墙厚 45cm,迷道墙厚 30cm,顶厚 40cm,防护门为 40mm 钢制大门。2.0MeV 加速器辐照厅设置独立的机械通风装置,辐照厅内的吸风口位于照射窗的正下方,通过地理的“U”字形风管引至室外排放,通风风量为 6000m<sup>3</sup>/h。

辐照厅的通风排放口位于加速器机房西侧墙外,排气口离地高度约21米。3.0MeV加速器机房为2层混凝土建筑,一层为辐照厅,二层为加速器厅和放置辅助设备。一层辐照厅设置“U”型迷道,出入口设置1扇钢制防护门。防护门位于辐照厅南侧,进出线位置的西侧。2层加速器厅设置“L”型迷道,迷道外口设置1扇钢制防护门。3.0MeV加速器辐照厅北侧、东侧屏蔽墙厚为170cm,大门为40mm钢制大门,顶部厚110cm,西侧迷道内墙厚100cm,南侧迷道外墙厚120cm(与2.0MeV加速器合用),南侧内墙厚150cm,南侧外墙厚50cm。加速器厅四周防护墙厚60cm,迷道墙厚30cm,顶厚40cm,防护门为40mm钢制大门。3.0MeV加速器辐照厅设置独立的机械通风装置,辐照厅内的吸风口位于照射窗的正下方,通过地埋的“U”字形风管引至室外排放,通风风量为6000m<sup>3</sup>/h。2座加速器辐照厅的通风排放口均位于2.0MeV加速器机房西侧墙外,排气口离地高度约21米。

表4-3 工业辐照加速器屏蔽防护设计及落实情况一览表

加速器	区域	位置	墙外情况	环评要求屏蔽材料及厚度	实际建设落实情况
2.0MeV 加速器	辐照厅	东侧迷道内墙	迷道内	80cm 混凝土	已落实
		东侧迷道外墙	3.0MeV 加速器迷道	120cm 混凝土	已落实
		北侧墙壁	厂界	140cm 混凝土	已落实
		西侧墙壁	厂界	140cm 混凝土	已落实
		南侧墙壁迷道内墙	过线装置	120cm 混凝土	已落实
		南侧墙壁外墙	车间	50cm 混凝土	已落实
		南侧墙壁西部	控制室	140cm 混凝土	已落实
		一层顶部	加速器厅、设备放置平台	90cm 混凝土	已落实
		一层防护门	车间	40mm 钢材	已落实
	加速器厅	东侧墙壁	检修区域	45cm 混凝土	已落实
		北侧墙壁	辅助设备放置平台	45cm 混凝土	已落实
		西侧墙壁	无法到达	45cm 混凝土	已落实

		南侧迷道内墙	迷道内	30cm 混凝土	已落实
		南侧迷道外墙	辅助设备放置平台	45cm 混凝土	已落实
		二层顶部	无法到达	40cm 混凝土	已落实
		二层防护门	检修区域	40mm 钢材	已落实
	收放线工作位			120+50cm 混凝土	已落实
3.0MeV 加速器	辐照厅	南侧墙壁内墙	过线装置	150cm 混凝土	已落实
		南侧墙壁外墙	车间	50cm 混凝土	已落实
		南侧墙壁东	控制室	170cm 混凝土	已落实
		西侧迷道内墙	迷道内	100cm 混凝土	已落实
		西侧迷道外墙	2.0MeV 加速器迷道	120 cm 混凝土	已落实
		东侧墙壁	厂区内道路	170cm 混凝土	已落实
		北侧墙壁	厂界	170cm 混凝土	已落实
		一层顶部	加速器厅、设备放置平台	110cm 混凝土	已落实
		一层防护门	车间	40mm 钢材	已落实
	加速器厅	东侧墙壁	二层平台	60cm 混凝土	已落实
		南侧迷道内墙	迷道内	30cm 混凝土	已落实
		南侧迷道外墙	辅助设备放置平台	60cm 混凝土	已落实
		西侧墙壁	检修区域	60cm 混凝土	已落实
		北侧墙壁	辅助设备放置平台	60cm 混凝土	已落实
		二层顶部	无法到达	40cm 混凝土	已落实
		二层防护门	检修区域	40mm 钢材	已落实
		收放线工作位			150+50cm 混凝土

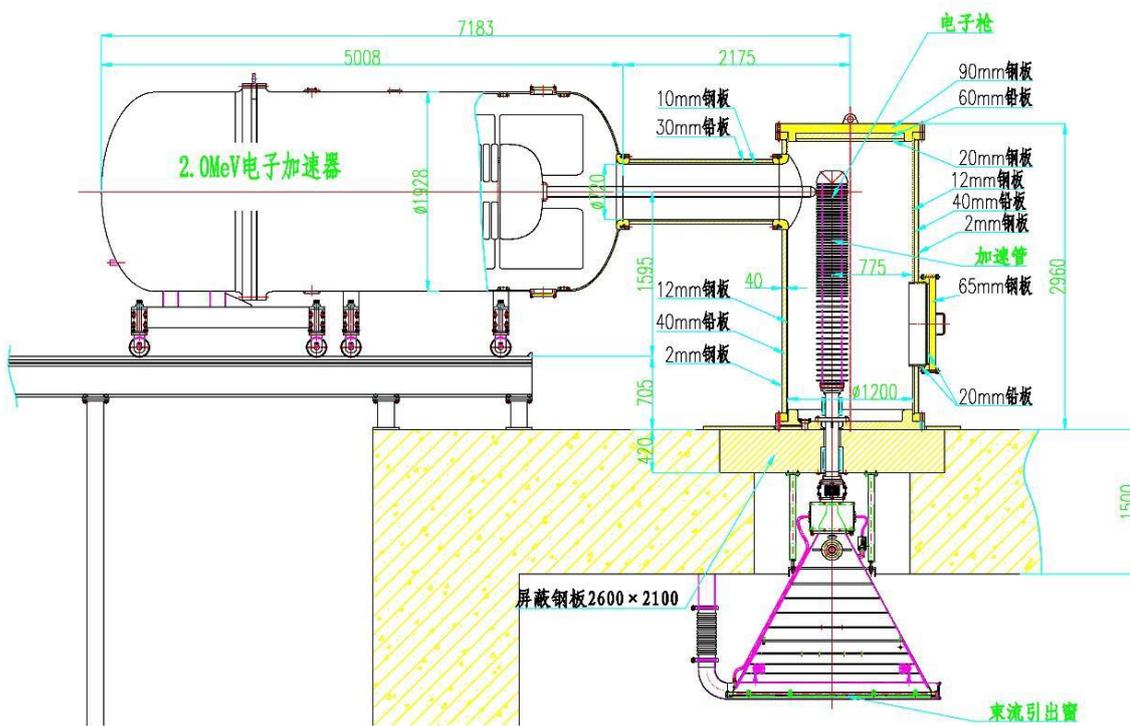


图 4-13 加速器辐射防护系统示意图

电子加速器辐照室的全部电缆均沿着屏蔽墙内侧走线，经束流中心附近的内墙壁表面，穿过首层与二层间的楼板到达二层设备层。电缆线穿过屏蔽墙体采用“U”型路径设计，最终穿越屏蔽墙到达辐照室外。电缆沟示意图见图 4-14。

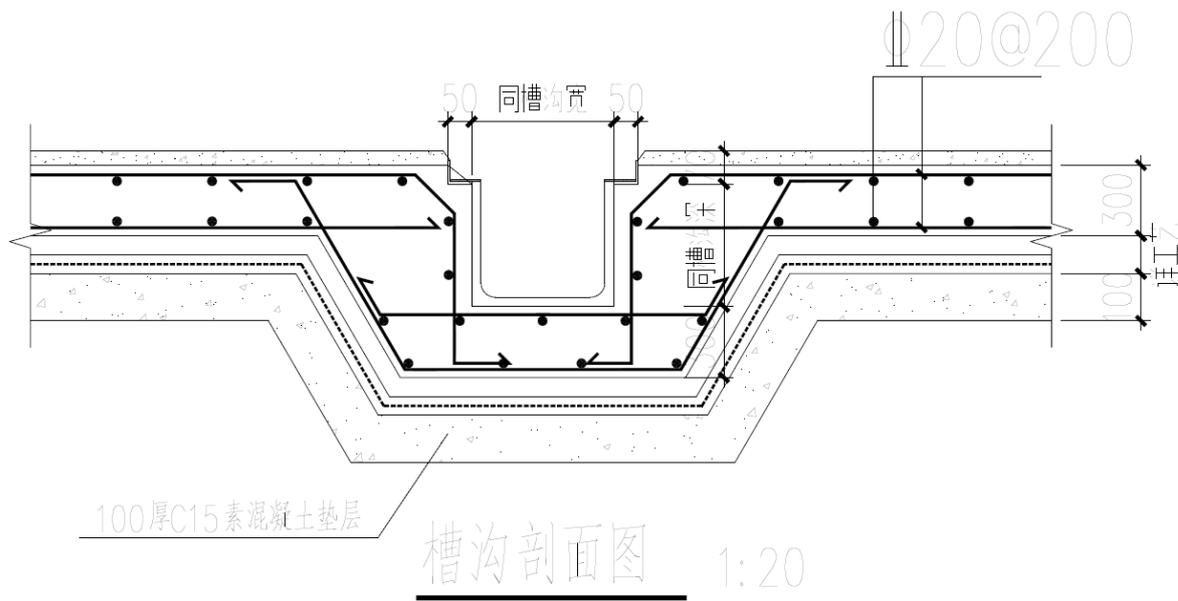


图 4-14 电缆沟示意图

### 4.3 其他环境保护设施

工业辐照加速器在工作状态时，产生的 X 射线会使辐照室内的空气电离产生臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>），加速器设施内必须设有通风装置。建设单位在辐照室设计有通风系统。

#### 进风系统：

为了防止电子加速器的钛窗过热，电子加速器系统本身设计有对钛窗的冷却风。该部分冷却风是由二层辐照室外提供新风，对辐照室内的钛窗进行风冷，该部分冷却风作为辐照室内新风系统的一部分；

防护门的门缝设计宽度为 2cm，通过此门缝，提供新风。由于的机械排风装置的排风能力不小于 14000m<sup>3</sup>/h，据此可知，在正常运行时，辐照室内将时刻保持负压，可以有效的杜绝臭氧扩散到辐照室外环境。

排风系统：辐照室安装了排风能力不小于 14000m<sup>3</sup>/h 的动力排风装置，保证能及时将臭氧等有毒有害气体排出室外。辐照室内的排风系统进风口位于辐照室内部的两个角落，排风系统进风口位于辐照室内部顶端。排风系统经专用的排风管道，最终到达电子束厂房屋顶后排入大气环境。辐照室的排风系统有一根直径为 50cm 的圆形垂直排气管道，圆形垂直排气管道的排气口高于电子束厂房屋顶 3m，排气口的高度距地面为 9.6m。建设单位排风管道示意图见图 4-15。建设单位通风系统设计合理，通风系统可以有效的对辐照室内空气进行换气。

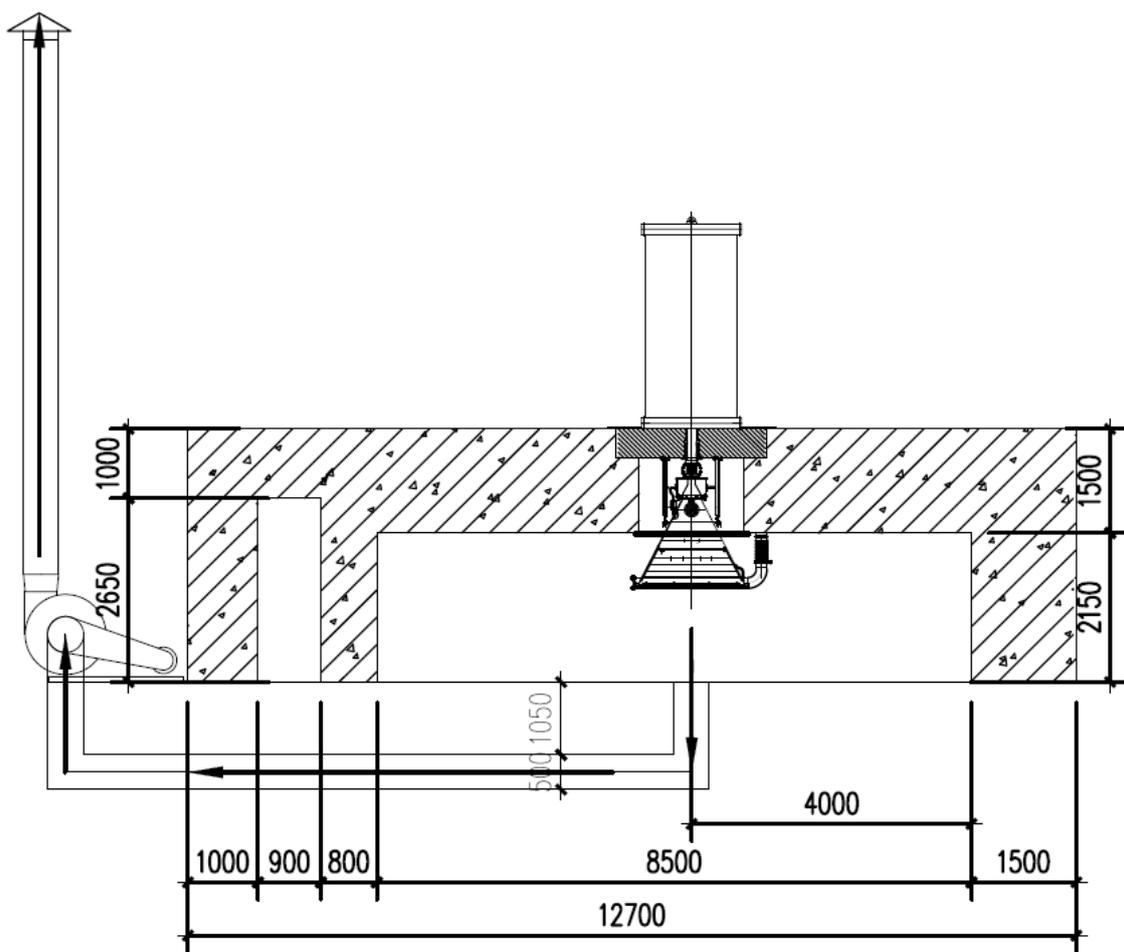


图 4-15 排风示意图



室外排风口照片

图 4-16 辐照室通风管道照片

#### 4.4 辐射安全管理制度

江苏金友电气有限公司根据《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》，针对所开展的工业辐照活动制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- 1) 《辐射防护管理委员会及其职责》
- 2) 《辐射工作人员健康管理制度》
- 3) 《辐射工作人员教育培训制度》
- 4) 《设备台账管理制度》
- 5) 《设备维修管理制度》
- 6) 《辐射环境监测方案》
- 7) 《辐射安全防护和管理制度》
- 8) 《辐照岗位职责》
- 9) 《辐照安全操作规程》
- 10) 《辐照应急预案》

以上辐射安全与防护管理制度能够满足《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》的相关要求。辐射安全规章管理机构及制度详见附件 6。

#### 4.5 辐射安全应急措施

江苏金友电气有限公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，已建立相应的辐射安全事故应急预案，对公司辐射事故应急处理小组的职责、事故应急处理方案、事故调查及信息公开、以及应急保障、人员培训和演练等方面进行了规定，满足辐射安全事故应急要求。

## 4.6 辐射安全与防护措施落实情况

表 4-4 新建两台电子加速器项目环评及批复落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	执行情况	结论
辐射安全管理机构	建立辐射安全管理机构	配备 1 名以上本科学历专职或兼职的管理人员负责辐射安全和防护工作。健全加速器所在车间的辐射安全管理机构，并纳入企业整体的辐射安全管理范围。	已落实
辐射安全和防护措施	屏蔽措施	机房根据设计建设，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值要求。	已落实
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）	电离辐射警示标志清楚，设置工作指示灯，设置有效的门机联锁、加速器电源开关钥匙、紧急停机开关、光电联锁，安装固定剂量探头。	已落实
人员配备	辐射防护安全培训。	人员参加环保部门培训，通过考核，具备基本的辐射安全与防护知识	已落实
	个人剂量监测	人员接受剂量监测，建立档案。	已落实
	人员职业健康监护	人员接受职业健康监护。	已落实
监测仪器和防护用品	固定式辐射剂量计	辐照厅安装固定式辐射剂量检测探头。	已落实
	环境辐射剂量巡测仪	工作场所配置 1 台巡测仪，企业平时自检使用。	已落实
	个人剂量计	辐射工作人员配备个人剂量计	已落实

核查项目	“三同时”措施	执行情况	结论
	个人剂量报警仪	每个加速器机房工作场所配备至少 2 台个人剂量报警仪，正常开机工作时放置在控制室内使用，如需进入加速器辐照厅和加速器厅机房内，则由工作人员随身携带。	已落实
废气排放	通风系统	辐照厅和加速器厅机房通风系统按设计安装，辐照厅排风量 6000m <sup>3</sup> /h，废气通过排气筒向 21m 高空排放，满足国家对室内空气质量要求。	已落实
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、射线装置使用登记、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施	按照“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（环境保护部第 3 号令）”中的有关要求，完善制度，并具有可操作性。	已落实

## 5 环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批文件

### 5.1 环境影响报告书（表）主要结论与建议

#### 5.1.1 结论

##### （1）项目概况

本项目建设单位为江苏金扬电气有限公司，由于公司发展的需要，公司计划新增 1 台 2.0MeV 和 1 台 3.0MeV 工业电子直线加速器，用于电线电缆等绝缘材料的辐照加工。加速器属于 II 类射线装置，加速器开机时的主要环境影响因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物。

##### （2）环境现状

本项目位于江苏金扬电气有限公司厂区内，企业厂界西侧为扬州市石化管件厂厂区，厂界南侧为沿广公路，厂界北侧和东侧目前为农田。本项目加速器机房周围 50m 范围内没有居民点、学校等。根据本底监测结果表示，新建加速器机房位置的剂量率本底在 50.1~55.5nSv/h 之间，处于江苏省环境本底的正常涨落范围之内。

##### （3）辐射环境影响评价

理论计算中新增的 1 台 2.0MeV 加速器的职业人员的最大年受照剂量为 0.463mSv/a，出现在操作间内；公众最大年剂量为 0.037mSv/a，出现在辐照厅西侧墙外。1 台 3.0MeV 加速器的职业人员的最大年受照剂量为 0.482mSv/a，出现在操作间内，公众最大年剂量为 0.030mSv/a，出现在辐照厅北侧和东侧墙外。

2.0MeV 加速器机房周围的空气吸收剂量率理论计算最大值出现在一层防护门外，为 0.320 $\mu$ Gy/h。3.0MeV 加速器机房周围的空气吸收剂量率理论计算最大值出现在一层防护门外，为 0.373 $\mu$ Gy/h。

根据上述理论计算结果，加速器机房外的职业人员和公众的年受照剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中个人剂量限值（职业人员 20mSv/a，公众 1mSv/a）的要求，并满足《辐照加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）中：职业照射个人年有效剂量限值为 5mSv/a；公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv 的要求。机房外的空气吸收剂量率均小于 2.5 $\mu$ Gy/h 的参考标准要求。

同时通过理论计算可知，机房外由于天空散射所造成的空气吸收剂量率的

很小，基本可以不考虑天空散射的影响。加速器机房满足屏蔽防护的要求。2 台加速器收放线工作人员的年受照剂量分别为 0.001mSv/a 和 0.004mSv/a，处于较低水平，同样满足相应的评价标准要求。

#### (4) 臭氧及其他环境影响评价

加速器运行时机房内通风装置保持运行，2.0MeV 加速器辐照厅内的排风机继续工作约 8 分钟，3.0MeV 加速器辐照厅内的排风机继续工作约 8 分钟，即可将辐照厅内臭氧浓度降低至《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中限值（0.16mg/m<sup>3</sup>）以下，此时进入机房的工作人员处于安全的空气环境中。臭氧经离地 21m 高的烟囱高空排放，对周围环境影响较小。

加速器设备对周围环境的噪声影响较小。加速器所用冷却水循环利用，不外排。

#### (5) 辐射安全管理措施及污染防治措施评价

本项目加速器职业操作人员在上岗前已参加有关管理部门组织的辐射防护知识培训，经考核合格后持证上岗。职业操作人员计划佩戴个人剂量计，工作场所将配置个人剂量报警仪并配备 X-γ 剂量巡检仪。加速器工作场所计划按照控制区监督区分区管理，设置工作指示灯和电离辐射警示标志。

加速器安装光电联锁、门机联锁、急停开关等多重安全联锁装置，专人管理加速器开机钥匙，设置有固定剂量监控系统，还设有电离辐射警告标志及工作状态指示灯，保障人员安全、防止发生误照事故。

总之，从保护环境的角度而言，本项目的屏蔽设计满足辐射防护要求，通风系统、安全联锁和警告装置等配套设施的基本完备，在污染防治设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的条件下，项目的建设是可行的。

### 5.1.2 建议和承诺

(1) 工作人员在操作时应严格遵守操作程序，注意防范可能产生的辐射事故，每次加速器开机之前，确认各项安全联锁装置和佩戴的辐射监测报警仪表的有效性。

(2) 重视环境监测制度，个人剂量和工作场所剂量监测记录应妥善保管。同时对加速器运行事故和维修应注意记录和及时经验总结。

### 5.2 审批部门审批文件

江苏金扬电气有限公司：

你单位报批的《新建 2 座工业辐照用加速器项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》）等材料收悉。经研究，批复如下：

一、根据《报告表》评价结论，项目建设具备环境可行性，从环境保护角度考虑，我局同意你单位新增 2 座工业辐照用加速器项目的建设。项目地点位于江苏省扬州市宝应县广洋湖镇沿广路 9 号公司内，项目内容为新建 2 座工业辐照用直线加速器，（能量份别为 2.0MeV 和 3.0MeV），用于电缆辐照加工。

二、在工程设计、建设和运行中应认真落实好《报告表》所提的辐射污染防治和安全管理措施，并做好以下工作：

（一）严格执行辐射防护和安全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，确保辐射工作人员和公共的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应的剂量限值要求。

（二）辐射工作场所应配备门机联锁、工作状态指示灯和电离辐射警告标志等安全设施并定期检查，确保正常工作。

（三）建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。

（四）对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗。建立个人剂量档案和职业健康档案，配备必要的个人防护用品。辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪和个人剂量计。

（五）配备环境辐射巡检仪，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。每年请有资质的单位对项目周围辐射水平监测 1-2 次，并连同当年辐射安全年度评估报告报我局。

（六）项目建成后，建设单位应及时向我局申办环保相关手续，在取得辐射安全许可证并经验收合格后，方可投入正式运行。

三、本批复只适用于以上核技术应用项目，其他如涉及非放射性污染项目须按有关规定另行报批。

本批复自下达之日起五年内建设有效。项目的性质、规模、地点、拟采取的环保措施发生重大变动的，应重新报批项目的环境影响评价文件。

## 6 验收执行标准

### 6.1 人员年受照剂量管理目标值

依据环评及批复文件确定本项目个人剂量管理目标值，本项目管理目标值见表 6-1。

表 6-1 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值

项目名称	适用范围	管理目标值
新增 2 座工业辐照用加速器项目	职业照射年有效剂量	5mSv/a
	公众年有效剂量	0.1mSv/a

### 6.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 1) 控制区

注册者和许可证持有者应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值潜在照射的范围。

#### 2) 监督区

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，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。

### 6.3 工作场所放射防护安全要求

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的要求，本项目应满足下述要求。

#### 4.2 辐射防护要求

##### 4.2.1 辐射防护原则

##### （1）辐射实践的正当性

电子加速器辐照装置的建设立项，必须进行正当性分析，以确定其该项目的正当性。

## (2) 辐射防护的最优化

电子加速器辐照装置的设计和建造要求所有照射剂量都保持在规定限值以内，并在考虑社会和经济因素之后，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应保持在可合理达到的尽量低的水平，即 ALARA (As Low As Reasonably Achievable) 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 GB 18871 的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；
- b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

## 4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

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

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

## 5 电子加速器辐照装置的辐射屏蔽

### 5.1 屏蔽设计原则

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

### 5.2 屏蔽设计计算

5.2.1 屏蔽设计计算应包括：辐照室和主机室及各自迷道、屋顶、孔洞等。

5.2.2 屏蔽设计和计算结果应在设计文件中加以说明。

5.2.3 电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法可参见附录 A。对于专用 X 射线辐照装置，应根据加速器厂商提供的转换靶参数或 X 射线发射率进行计算。对于即可用于电子束辐照也可用于 X 射线辐照的辐照装置，应按照电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法计算。

## 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，以便人员离开控制区；

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

(9) 通风联锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，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。

根据《 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）的要求，本项目应满足下述要求。

### 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。

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。

#### 5.1 外照射泄漏辐射水平检测

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。

5.1.4.3 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  $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ”）。

### 6.4 安全管理要求及环评要求

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环评报告、环评批复中的相关要求。

## 7 验收监测

### 7.1 监测分析方法

本次监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《 $\gamma$  射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的要求进行监测。

### 7.2 监测因子

根据项目污染源特征，本次竣工验收监测因子为工作场所 X- $\gamma$  辐射剂量率。

### 7.3 监测工况

2021年7月22日，南京瑞森辐射技术有限公司对江苏金友电气有限公司新增 2 座工业辐照用加速器项目进行验收监测，验收工况如下：

表 7-1 江苏金友电气有限公司新增 2 座台工业辐照用加速器项目验收工况

序号	设备名称	设备型号	设备参数	检测工况	使用场所
1	工业电子加速器	DD2.0-50	能量：2.0MeV 束流：50mA	能量：1.82MeV	辐照中心
2	工业电子加速器	DD3.0-30	能量：3.0MeV 束流：30mA	能量：1.79MeV	辐照中心
备注	/				

注：验收监测工况为该设备可用最大工况。

### 7.4 监测内容

对辐照室周围环境布设监测点，特别关注防护门及屏蔽体外 30cm 处，监测电子加速器运行状态、非运行状态下的 X- $\gamma$  辐射剂量率，每个点位监测 5 个数据。

## 8 质量保证和质量控制

### 8.1 本次验收监测质量保证和质量控制

#### 8.1.1 监测单位资质

南京瑞森辐射技术有限公司已获得 CMA 资质认证（161012050353），见附件 10。

#### 8.1.2 监测人员能力

参与本次验收监测人员均符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求：验收监测人员已通过江苏省社会辐射环境检测机构辐射检测技术人员上岗培训。检测人员资质见表 8-1。

表 8-1 检测人员资质

序号	姓名	证书编号	取证时间
1	张晋	SHFSJ0743（电离类）	2020.9.30
2	刘彧好	SHFSJ0583（电离类）	2019.11.28

#### 8.1.3 监测仪器

本次监测使用仪器符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，监测所用设备通过检定并在有效期内，满足监测要求。

监测仪器见表 8-2。

表 8-2 检测使用仪器

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
1	X-γ 剂量率仪	AT1123	NJRS-106	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2021-0021654 检定有效期限：2021.3.19~2022.3.18

#### 8.1.4 监测报告

监测报告的编制、审核、出具严格执行南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，出具报告前进行三级审核。

## 8.2 自主检测质量保证和质量控制

### 8.2.1 监测仪器

经现场核查，江苏金友电气有限公司为本项目配备的辐射检测仪均能正常使用，可以满足日常自检要求。

监测仪器见表 8-3。

表 8-3 检测使用仪器

仪器名称/型号	型号	数量	购买日期	设备编号	性能状态
BS9511 型 辐射空气比释动能率仪	BS9511	1	2015.4	02280043	良好
FJ2000 型个人剂量仪	FJ2000	4	2015.4	4A2114	良好

### 8.2.2 人员能力

本项目配备辐射工作人员均已参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，并通过考核取得培训合格证书，见附件 7。

### 8.2.3 监测计划

江苏金友电气有限公司已为本项目制定了《设备维修维护规定》等规章制度，以保证日常自检的质量。见附件 6。

## 9 验收监测结果

### 9.1 辐射防护监测结果

本次验收监测结果详见附件 9。本项目工业辐照加速器机房周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果见图 9-1、图 9-2 和表 9-2，监测点示意图见图 9-1 和图 9-2。

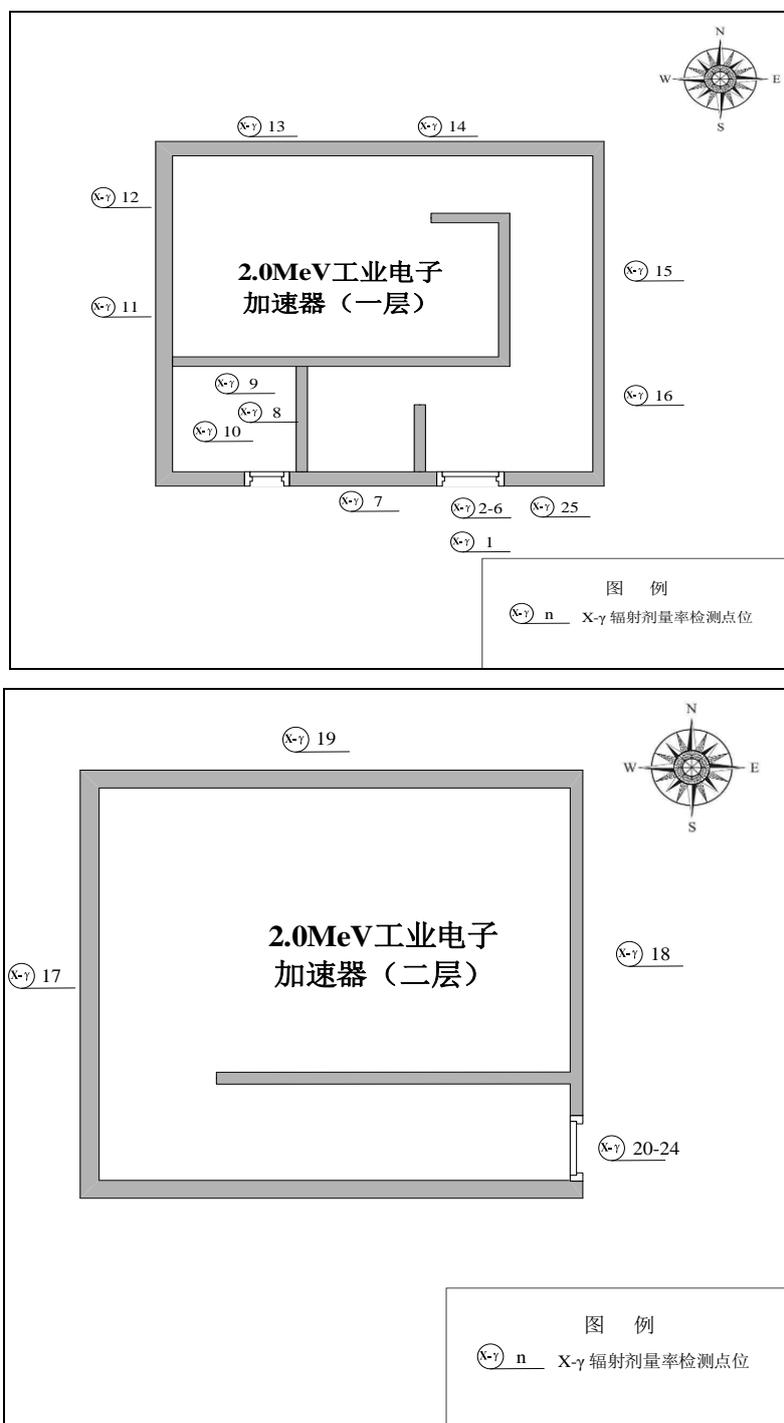


图 9-1 DD2.0-50 型加速器辐照室周围  $\gamma$  辐射剂量率监测点

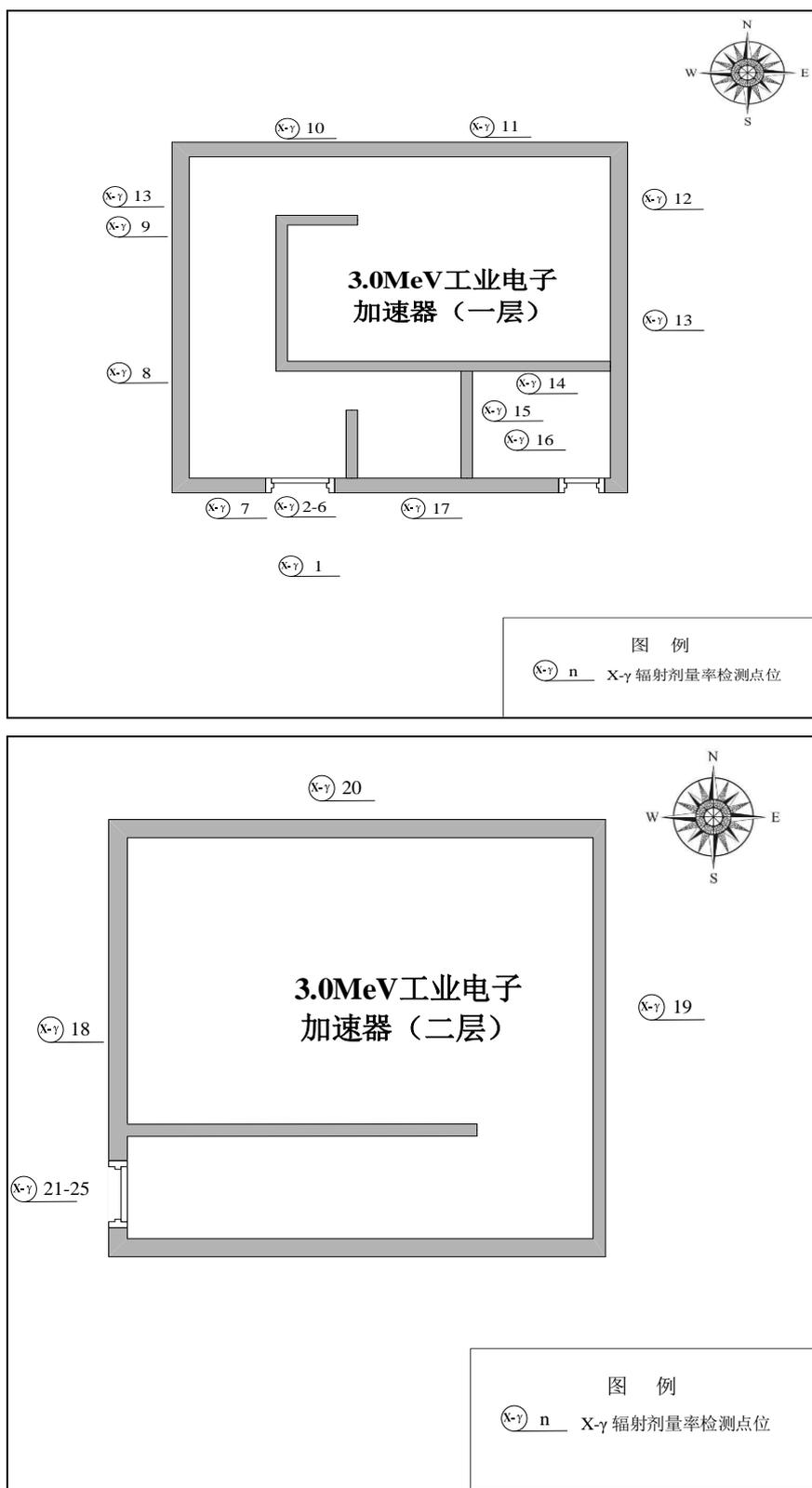


图 9-2 DD3.0-30 型加速器辐照室周围  $\gamma$  辐射剂量率监测点

表 9-1 DD2.0-50 型加速器机房 X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ )	设备状态
1	车间内	0.11	关机
2	南门外 30cm 处 (左缝)	0.12	开机
3	南门外 30cm 处 (中间)	0.12	开机
4	南门外 30cm 处 (右缝)	0.11	开机
5	南门外 30cm 处 (上缝)	0.12	开机
6	南门外 30cm 处 (下缝)	0.12	开机
7	南墙外 30cm 处	0.10	开机
8	西墙外 30cm 处	0.09	开机
9	南墙外 30cm 处	0.10	开机
10	操作位	0.10	开机
11	西墙外 30cm 处	0.14	开机
12	西墙外 30cm 处	0.13	开机
13	北墙外 30cm 处	0.14	开机
14	北墙外 30cm 处	0.15	开机
15	东墙外 30cm 处	0.24	开机
16	东墙外 30cm 处	0.23	开机
17	二楼墙外 30cm 处	0.12	开机
18	二楼墙外 30cm 处	0.12	开机
19	二楼墙外 30cm 处	0.12	开机
20	二楼东门外 30cm 处 (左缝)	0.12	开机

测点编号	检测点位描述	测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ )	设备状态
21	二楼东门外 30cm 处 (中间)	0.12	开机
22	二楼东门外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机
23	二楼东门外 30cm 处 (上缝)	0.12	开机
24	二楼东门外 30cm 处 (下缝)	0.13	开机
25	南墙外 30cm 处	0.12	开机

注：1.测量结果未扣除本底值；

2.检测点位见附图 9-1。

### 结论：

本次检测，当此工业电子加速器（型号：DD2.0-50）正常工作（工况：能量：1.81MeV）时，机房周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.09~0.24） $\mu\text{Sv/h}$ ，符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）、《 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

表 9-2 DD3.0-30 型加速器机房 X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ )	设备状态
1	车间内	0.12	关机
2	南门外 30cm 处 (左缝)	0.13	开机
3	南门外 30cm 处 (中间)	0.12	开机
4	南门外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机
5	南门外 30cm 处 (上缝)	0.13	开机
6	南门外 30cm 处 (下缝)	0.13	开机
7	南墙外 30cm 处	0.13	开机
8	西墙外 30cm 处	0.27	开机

测点编号	检测点位描述	测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ )	设备状态
9	西墙外 30cm 处	0.21	开机
10	北墙外 30cm 处	0.13	开机
11	北墙外 30cm 处	0.13	开机
12	东墙外 30cm 处	0.12	开机
13	东墙外 30cm 处	0.11	开机
14	南墙外 30cm 处	0.11	开机
15	东墙外 30cm 处	0.11	开机
16	操作位	0.12	开机
17	南墙外 30cm 处	0.12	开机
18	二楼墙外 30cm 处	0.12	开机
19	二楼墙外 30cm 处	0.13	开机
20	二楼墙外 30cm 处	0.13	开机
21	二楼西门外 30cm 处 (左缝)	0.13	开机
22	二楼西门外 30cm 处 (中间)	0.12	开机
23	二楼西门外 30cm 处 (右缝)	0.13	开机
24	二楼西门外 30cm 处 (上缝)	0.12	开机
25	二楼西门外 30cm 处 (下缝)	0.12	开机

注：1.测量结果未扣除本底值；

2.检测点位见图 9-2。

### 结论：

本次检测，当此工业电子加速器（型号：DD3.0-30）正常工作（工况：能量：1.79MeV）时，机房周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.11~0.27） $\mu\text{Sv/h}$ ，符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）、《 $\gamma$  射线和电子束辐照装置

防护检测规范》（GBZ 141-2002）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

## 9.2 辐射工作人员和公众年有效剂量分析

根据本项目现场监测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行计算分析，计算未扣除环境本底剂量率。

### 1) 辐射工作人员

目前江苏金友电气有限公司为本项目配备有辐射工作人员，公司已委托扬州市疾病预防控制中心对本项目辐射工作人员开展个人剂量检测，个人剂量检测合同见附件 8。

表 9-2 本项目辐射职业人员年当量剂量

姓名	2020 年度				人员年当量剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)
	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度		
张益培	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	5.0
张军彩	0.01	0.02	0.02	0.01	0.06	
葛 广	0.01	0.03	0.03	0.01	0.08	
孙恩红	0.02	0.01	0.04	0.02	0.09	
张兆富	0.01	0.02	0.02	0.01	0.06	
刘 春	0.01	0.02	0.02	0.01	0.06	
张大英	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	
张有龙	0.01	/	0.01	0.01	0.03	

按照个人剂量监测结果估算其年有效剂量可知，本项目辐射工作人员最高年当量剂量为 0.09mSv/a，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求（职业人员 20mSv/a），并低于本项目目标管理值的要求（职业人员 5mSv/a）。

### 2) 公众

本项目评价的公众为辐射工作场所周围的非辐射工作人员，计算方法同辐射工作人员。公众年有效剂量最大为 0.093mSv/a（未扣除环境本底剂量），未超出本项目周围公众个人剂量管理目标值。

综上所述，本项目周围辐射工作人员和公众年最大有效剂量根据个人剂量监测受照剂量及实际监测结果计算为：辐射工作人员有效剂量最大为 0.09mSv/a，周围公众年有效剂量最大为 0.09mSv/a（未扣除环境本底剂量）。辐射工作人员和公众年有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求（职业人员 20mSv/a，公众 1mSv/a），并未超出本项目管理目标值（职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a），与环评文件一致。

## 10 验收监测结论

### 10.1 验收结论

江苏金友电气有限公司新增 2 座工业辐照用加速器项目已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施，经现场监测和核查表明：

1) 江苏金友电气有限公司位于江苏省扬州市宝应县广洋镇沿广路 9 号，新增 2 座工业电子加速器（型号分别为：DD2.0-50 型，最大电子能量为 2.0MeV，最大束流强度为 50mA 和 DD3.0-30 型，最大电子能量为 3.0MeV，最大束流强度为 30mA），实际建设规模及主要技术参数与《江苏金友电气有限公司新增 2 座工业辐照用加速器项目环境影响报告表》及其环评批复一致。

2) 当型号为：DD2.0-50 的工业加速器正常工作（检测工况：能量 1.82MeV，）时，辐照室周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.09~0.24） $\mu\text{Sv/h}$ ；当型号为：DD3.0-30 的工业加速器正常工作（检测工况：能量 1.79MeV，）时，辐照室周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.11~0.27） $\mu\text{Sv/h}$ 。均符合《 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

3) 辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中人员剂量限值要求及本项目剂量管理目标值的要求。

4) 辐照室防护门上粘贴了电离辐射警告标志，辐照室防护门上方设置有工作状态指示灯、设置了门机联锁装置，钥匙控制、束下装置联锁、信号警示联锁、巡检按钮、防人误入装置、急停按钮、剂量联锁等，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中相关要求；已落实环评及批复中相关要求。

5) 公司已为本项目配备有 1 台辐射巡检仪、1 台固定式辐射监测仪及 4 台个人剂量报警仪等辐射监测仪器；已落实环评及批复中相关要求。

6) 本项目辐射安全管理人员及辐射工作人员均已通过辐射防护安全与防护知识培训考核，并获得培训合格证书；本项目辐射工作人员已开展个人剂量监测和个人职业健康体检，并建立个人剂量和职业健康档案；公司具有辐射安全管理机构，并建立内部辐射安全管理规章制度。已落实环评及批复中相关要求。

综上所述，江苏金友电气有限公司新建一台工业电子加速器项目与环评报告内容及批复要求一致。本次验收新建一台工业电子加速器项目环境保护设施满足辐射防护与安全的要求，监测结果符合国家标准，满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定要求，建议通过验收。

## 10.2 建议

1) 认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识；

2) 积极配合生态环境部门的日常监督核查，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，每年 1 月 31 日前将放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平监测 1~2 次，监测结果上报生态环境主管部门。