
淮北市人民医院
医用直线加速器等核技术应用项目
环境影响报告表

核工业七〇研究所

淮北市人民医院

二〇二〇年四月

环境保护部监制

淮北市人民医院

医用直线加速器等核技术应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：淮北市人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：淮北市相山区淮海路 66 号

邮政编码：235000 联系人：蒋珣

电子邮箱： 联系电话：18205612299

编制单位和编制人员情况表

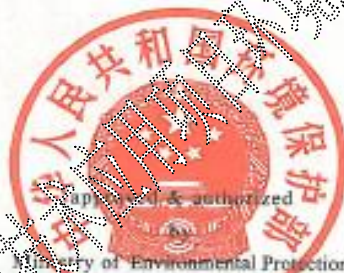
建设项目名称		医用直线加速器等核技术应用项目	
环境影响评价文件类型		环境影响报告表	
一、建设单位情况			
建设单位（签章）		淮北市人民医院	
法定代表人或主要负责人（签字）			
主管人员及联系电话		杜金辉 13167736399	
二、编制单位情况			
主持编制单位名称（签章）		核工业二七〇研究所	
社会信用代码		12100000491204824K	
法定代表人（签字）			
三、编制人员情况			
编制主持人及联系电话		徐露玲	
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书编号	签字	
徐露玲	201805035320000019		
2.主要编制人员			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
徐露玲	201805035320000019	表 1～表 14	
四、参与编制单位和人员情况			

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

No. HP 00017022



HP00017022 冯传银

持证人签名:
Signature of the Bearer

2015035320352014320132000345

管理号:
File No.

姓名: 冯传银

Full Name

性别: 男

Sex

出生年月: 1984年01月

Date of Birth

专业类别:

Professional Type

批准日期:

2015年05月

Approval Date

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2015 年 10 月 12 日

Issued on



填表说明

1.此环境影响报告表按照《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）的要求进行编制；

2.以下核技术利用建设项目需填报此环境影响报告表：

- 1) 制备 PET 用放射性药物的；
- 2) 医疗使用 I 类放射源的；销售 I 类、II 类、III 类放射源的；
- 3) 使用 II 类、III 类放射源的；
- 4) 生产、使用 II 类射线装置的；
- 5) 乙、丙级非密封放射性物质工作场所；
- 6) 在野外进行放射性同位素示踪试验的。

放射源分类见《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），射线装置的分类见《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）。

3.此环境影响报告表中当量剂量与有效剂量等效使用。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目			
建设单位		淮北市人民医院			
法人代表	丁启	联系人	蒋珣	联系电话	18205612299
注册地址		淮北市相山区淮海路 66 号			
项目建设地点		淮北市人民医院新院主体医疗区内			
立项审批部门			批准文号		
建设项目总投资 (万元)	7850	项目环保投资 (万元)	50	投资比例(环保 投资/总投资)	0.6%
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)	—
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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> III 类		
	其他	—			
	<p>项目概述:</p> <p>1、建设单位概况、项目建设规模、目的和任务由来</p> <p>1.1 建设单位概况</p> <p>淮北市人民医院始建于 1964 年,坐落在风景秀丽的相山脚下,地处苏、鲁、豫、皖四省交界,交通便利,辐射面广,是淮北市唯一一家市级三级甲等综合性公立医院。</p> <p>医院占地面积 84.7 亩,建筑面积 77553 平方米。现有编制床位 1327 张,实际开放床位 1292 张。医院现有临床科室 35 个、医技科室 9 个、机关职能科室 26 个。</p>				

医院现有在册职工 1640 人，其中卫生技术人员 1348 人，中级及以上的技术职称专业技术人员 762 名，副高及以上专业技术人员 232 名，硕士研究生 102 人，江淮名医 5 人，省学科带头人培养对象 2 人，淮北市高层次人才储备金入选 10 人，淮北名医 38 人次。省级临床医学重点特色专科 4 个，市级重点学科 10 个，市级特色专科 1 个。

地处淮北市东部新区的医院新院区于 2017 年 10 月开工建设，总用地面积 213852m²，规划总建筑面积 338150 m²，总投资 11.67 亿。新院区建设使用后将极大改善人民群众就医环境。

1.2 建设目的及规模

为积极响应省委省政府加快皖北发展重大战略的要求，落实国家新医改政策，主动服务基层人民群众，满足人民群众对优质医疗资源迫切需求，淮北市人民医院新院区拟配置 2 台医用直线加速器、3 台 DSA 以及核医学科（拟开展 ^{131}I 甲亢治疗、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断——配套使用 1 台 SPECT-CT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用 1 台 PET-CT 和 3 枚 ^{68}Ge 校准源）。该项目核技术应用情况详见表 1-1。

表 1-1 该项目核技术应用情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	数量	单枚/套活度（Bq）	放射源类别	工作场所名称	使用情况	环评、许可及验收情况	
1	锆-68	2	4.63×10 ⁷	V	主体医疗区一层核医学科	拟购	此次环评	
		1	9.25×10 ⁷					
非密封放射性物质								
序号	工作场所等级	核素名称	拟批准的日等效最大操作量（Bq）		工作场所名称	使用情况	环评、许可及验收情况	
1	乙级	碘-131	1.67×10 ⁸		主体医疗区一层核医学科	拟购	此次环评	
2		钼-99	2.96×10 ⁷					
3		锝-99m	2.96×10 ⁷					
4		氟-18	3.7×10 ⁶					
射线装置								
序号	射线装置名称	数量	管电压（kV）	管电流（mA）	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评、许可及验收情况
1	医用直线加速器	2	X 线：≤10MeV 电子线：≤22MeV		II	主体医疗区负一层加速器机房	拟购	此次环评
2	DSA	3	≤125	≤1000	II	主体医疗区一层介入中心	拟购	此次环评
3	SPECT-CT	1	≤150	≤1000	III	主体医疗区一层核医学科	拟购	此次环评
4	PET-CT	1	≤150	≤1000	III			

项目总投资 7850 万元，其中射线装置采购约为 7800 万元、防护用品采购约为 25 万元、环境影响评价及竣工环保验收约为 25 万元。

1.3 任务由来

该项目核技术应用项目用房均为医院新院建设项目的组成部分，随医院新院建设项目施工装饰完成，安装设备后可直接投入使用，其施工期环境影响分析、运营期主要的非辐射环境影响评价已纳入《淮北市人民医院新院（市传染病医院）建设项目环境影响报告书》（以下简称《报告书》）之中。

本项目涉及机房建设投资已纳入医院新院建设项目投资估算中，医院新院建设项目于 2016 年 14 月 14 日取得淮北市环境保护局的批复，根据批复要求项目涉及核技术应用需另行履行环评手续（详见《关于淮北市人民医院新院（市传染病医院）项目环境影响报告书的批复》淮环行〔2016〕54 号）。

因此，此次评价内容包括：2 台医用直线加速器、3 台 DSA 以及核医学科（拟开展 ^{131}I 甲亢治疗、 $^{99\text{Mo}}$ - $^{99\text{mTc}}$ 显像诊断——配套使用 1 台 SPECT-CT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用 1 台 PET-CT 和 3 枚 ^{68}Ge 校准源）运营期的环境影响评价。

该项目核技术利用类型涉及乙级非密封放射性物质工作场所和 II、III 类射线装置，对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部第 44 号令和生态环境部第 1 号令），该项目应编制环境影响报告表。受淮北市人民医院委托，核工业二七〇研究所（国环评乙字第 2316 号）承担该项目环境影响评价的工作。通过资料调研、现场监测、评价分析，编制此环境影响报告表。

2、项目选址及周边环境概况

淮北市人民医院新院位于淮北市矿业集团童亭煤矿东南 2km，其所在区域图详见附图 1。医院北临沱河路，东临宁山路，南临望湖路，西侧为空地，医院周边关系详见附图 2（院区平面布置及周边关系图）。

该项目涉及的加速器位于主体医疗区负一层西北角，北侧为水冷机房、控制室和准备大厅，东侧为风机房和走廊，南侧为地下车库，西侧为走廊，楼上为地面绿化，无负二层。

该项目涉及的 DSA 位于主体医疗区一层西南角，北侧为污洗间和库房，东侧为洁净走廊，南侧为控制间和设备间，西侧为污物通道，楼上为脑电图室和心电图室，楼下为生活水处理机房。

该项目涉及的核医学科位于主体医疗区一层西北角，北侧为地面绿化，东侧

为走廊，南侧地面绿化，西侧为走廊，楼上为实验室，楼下为地下车库。

该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2 和附图 3~5（项目所在楼层及上下楼层平面布置图）。项目周边 50m 范围内全处于院区地块范围，加速器排风机、送风机风机口周边 200m 范围无其他环境敏感目标，与最近生态红线（双顶山）的距离超过 3 公里，不在安徽省生态红线范围内。

3、原有核技术利用项目许可情况

淮北市人民医院现在有用 21 台射线装置（1 台医用电子直线加速器、2 台 DSA、2 台牙科全景机、1 台牙片机、1 台医用模拟定位机、2 台小 C 臂机、1 台乳腺 X 线机、1 台 64 排 CT、3 台床边摄片机、2 台 X 射线摄片机、1 台数字肠胃机、1 台全遥控透视 X 光机、1 台 DR、1 台螺旋 CT、1 台 256 排 CT，均取得辐射安全许可证（证书编号：皖环辐证[00160]，有效期至 2022 年 12 月 17 日），其中在用 II 类射线装置均已通过竣工环境保护验收（详见《安徽省环保厅关于淮北市人民医院核技术应用项目竣工环境保护验收意见的函》）。

淮北市人民医院核技术应用现状具体情况详见表 1-2。

表 1-2 淮北市人民医院核技术应用现状具体情况一览表

序号	射线装置名称	数量	型号	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评、许可验收情况
1	直线加速器	1	RECISE TABL	II	门诊部影像楼 1 楼: 放疗科	在用	已环评、 许可、验收
2	DSA	1	Allura Xper FD20	II	住院部 2 号楼 1 楼	在用	
3	DSA	1	CGO-2100	II	住院部 4 号楼 1 楼	停用	未验收
4	医用模拟 定位机	1	SL-ID	III	门诊部影像楼 1 楼: 放疗科	在用	已环评、 许可、验收
5	牙片机	1	EL.10DENT-D	III	门诊部 5 楼	在用	
6	牙科全景机	1	Pnmeca Proline	III	门诊部 5 楼	在用	
7	螺旋 CT	1	EMOTION	III	门诊部影像楼 2 楼	在用	
8	64 排 CT	1	BRILLI-ANCE	III	住院部 2 号楼 1 楼	在用	
9	DR	1	Speed M CH	III	门诊部影像楼 2 楼	在用	
10	全遥控透视 X 光机	1	SL-9999	III	门诊部影像楼 2 楼	在用	
11	X 射线摄片机	1	MULTIX-PRO	III	住院部 2 号楼 1 楼	在用	
12	床边摄片机	1	POLYMOBIL-D	III	住院部 4 号楼 1 楼	在用	
13	床边摄片机	1	MUX-10J	III	住院部 4 号楼 1 楼	在用	
14	床边摄片机	1	MUX-10J	III	住院部 4 号楼 1 楼	在用	
15	乳腺 X 射线机	1	BTW-9800	III	住院部 2 号楼 1 楼	在用	
16	数字胃肠机	1	SG-CF	III	住院部 2 号楼 1 楼	在用	
17	小 C 臂机	1	EverView	III	住院部 2 号楼: 手术室	在用	
18	小 C 臂机	1	RCADISE Var	III	住院部 2 号楼: 手术室	在用	
19	X 射线摄片机	1	MULTIX-PRO	III	门诊部影像楼 2 楼	在用	
20	256 排 CT	1	Brilliancei CT	III	门诊部影像楼 2 楼	在用	已环评, 许可、无需 验收
21	牙科全景机	1	OC200D	III	门诊部 5 楼:口腔科	在用	

由安徽科克环境技术有限公司出具的检测报告可知：淮北市人民医院机房周围各监测环境辐射水平小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，国家相关标准的要求，淮北市人民医院在用核技术应用项目防护措施良好。根据本次现场调查可知，现有核技术利用项目环保执行情况如下：

3.1 关于辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）的要求，淮北市人民医院已根据医院核技术应用现状，于 2020 年 3 月 26 日对放射防护管理工作领导小组进行了调整，组长由院长丁启（因距离领导小组调整时间较短，尚未培训）担任，包括 4 名副组长、10 名成员，负责全院辐射安全与防护监督管理工作，领导小组的职责明确，能有效保障辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。

3.2 关于辐射安全与防护培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）的要求，淮北市人民医院为提高辐射工作人员的专业技能和放射防护工作重要性的认识，一直积极组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，目前医院现有 97 名辐射工作人员中除罗中成，赵子豪已参加培训，因未交个人照片，证书一直未发放，张宽宽和黄宛为 2019 年 9 月新进人员，尚未参加培训，其他 93 名辐射工作人员均取得了培训合格证，具体统计情况详见表 1-3，辐射安全与防护培训证书详见附件。

表 1-3 辐射工作人员个人剂量、体检、培训情况统计表

序号	姓名	辐射安全培训 证书编号	个人剂量送检结果 (mSv/a)	体检结果
1	董淑玲	皖环辐培 B1514043	0.243	可继续从事辐射工作
2	李继林	皖环辐培 B1514041	0.31	可继续从事辐射工作
3	李伟	皖环辐培 B1514047	0.317	可继续从事辐射工作
4	李艳	皖环辐培 B1514044	0.302	可继续从事辐射工作
5	刘瑞玲	皖环辐培 B1514042	0.293	可继续从事辐射工作
6	孙伟	皖环辐培 B1514048	0.298	可继续从事辐射工作
7	屠昊	皖环辐培 B1514049	0.277	可继续从事辐射工作
8	赵琳	皖环辐培 B1706052	0.334	可继续从事辐射工作

淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目环境影响报告表

9	周月英	皖环辐培 B1514046	0.306	可继续从事辐射工作
10	纵美春	皖环辐培 B1514050	0.302	可继续从事辐射工作
11	李峰	皖环辐培 B1922001	0.145	可继续从事辐射工作
12	罗中成	参加培训, 未发证书	0.347	不建议继续从事
13	宁睿	皖环辐培 B1922003	0.33	可继续从事辐射工作
14	邱雨	皖环辐培 B1922004	0.38	可继续从事辐射工作
15	孙保安	皖环辐培 B1922005	0.264	可继续从事辐射工作
16	孙羽	皖环辐培 B1922006	0.326	可继续从事辐射工作
17	汪牛	皖环辐培 B1922007	0.408	可继续从事辐射工作
18	王予治	皖环辐培 B1922008	0.314	可继续从事辐射工作
19	肖凯	皖环辐培 B1922009	0.363	可继续从事辐射工作
20	张健	皖环辐培 B1922010	0.521	可继续从事辐射工作
21	张珂	皖环辐培 B1922011	0.429	可继续从事辐射工作
22	赵庆华	皖环辐培 B1922012	0.413	可继续从事辐射工作
23	程东	皖环辐培 B1922013	0.29	可继续从事辐射工作
24	李府	皖环辐培 B1922014	0.289	可继续从事辐射工作
25	李军	皖环辐培 B1922015	0.338	可继续从事辐射工作
26	吕欧	皖环辐培 B1922016	0.812	可继续从事辐射工作
27	马赵帮	皖环辐培 B1922017	0.294	可继续从事辐射工作
28	王斌	皖环辐培 B1922018	0.272	可继续从事辐射工作
29	吴伟	皖环辐培 B1922019	0.257	可继续从事辐射工作
30	张杰	皖环辐培 B1922020	0.368	可继续从事辐射工作
31	周盛智	皖环辐培 B1922021	0.264	可继续从事辐射工作
32	喻建	皖环辐培 B1514070	0.339	可继续从事辐射工作
33	单红	皖环辐培 B1514056	0.294	可继续从事辐射工作
34	董琳琳	皖环辐培 B1706051	0.363	可继续从事辐射工作
35	段玫屹	皖环辐培 B1514057	0.392	可继续从事辐射工作
36	贾国法	皖环辐培 B1514051	0.297	可继续从事辐射工作
37	贾善影	皖环辐培 B1922028	0.396	可继续从事辐射工作
38	王秀侠	皖环辐培 B1514052	0.272	可继续从事辐射工作
39	尹曼曼	皖环辐培 B1514053	0.285	可继续从事辐射工作
40	张迪	皖环辐培 B1514054	0.289	可继续从事辐射工作
41	鲁晓	皖环辐培 B1514066	0.26	可继续从事辐射工作
42	吕留强	皖环辐培 B1514068	0.509	暂时脱离
43	唐杨章	皖环辐培 B1514063	0.24	未交表
44	王攀	皖环辐培 B1922022	0.405	可继续从事辐射工作
45	王士强	皖环辐培 B1514064	0.1	暂时脱离
46	张怀金	皖环辐培 B1514067	0.344	可继续从事辐射工作
47	张友计	皖环辐培 B1922023	0.293	可继续从事辐射工作
48	赵立	皖环辐培 B1514065	0.359	可继续从事辐射工作

49	李广梅	皖环辐培 B1514059	0.31	暂时脱离
50	刘超	皖环辐培 B1514060	0.289	可继续从事辐射工作
51	刘洋	皖环辐培 B1514061	0.162	可继续从事辐射工作
52	王广川	皖环辐培 B1514069	0.412	可继续从事辐射工作
53	赵子豪	参加培训, 未发证书	0.128	可继续从事辐射工作
54	任运河	皖环辐培 B1514025	0.937	可继续从事辐射工作
55	赵宇	皖环辐培 B1922026	1.46	可继续从事辐射工作
56	朱兆红	皖环辐培 B1922027	0.9	可继续从事辐射工作
57	陈鸿浩	皖环辐培 B1514023	0.282	可继续从事辐射工作
58	陈建新	皖环辐培 B1514014	0.294	可继续从事辐射工作
59	陈龙	皖环辐培 B1514019	0.305	可继续从事辐射工作
60	陈永刚	皖环辐培 B1514033	0.277	可继续从事辐射工作
61	崔小明	皖环辐培 B1514006	0.356	可继续从事辐射工作
62	杜茹茹	皖环辐培 B1514025	0.301	可继续从事辐射工作
63	房勇	皖环辐培 B1514005	0.316	可继续从事辐射工作
64	葛晓强	皖环辐培 B1514036	0.31	可继续从事辐射工作
65	黄雪梅	皖环辐培 B1514040	0.312	可继续从事辐射工作
66	金鑫	皖环辐培 B1514020	0.272	可继续从事辐射工作
67	李贵	皖环辐培 B1514032	0.297	可继续从事辐射工作
68	刘宏	皖环辐培 B1514038	0.351	可继续从事辐射工作
69	刘艳	皖环辐培 B1514017	0.313	可继续从事辐射工作
70	马爱华	皖环辐培 B1514024	1.215	可继续从事辐射工作
71	倪博	皖环辐培 B1706047	0.317	可继续从事辐射工作
72	庞红	皖环辐培 B1922029	0.372	可继续从事辐射工作
73	任芬	皖环辐培 B1514039	0.364	可继续从事辐射工作
74	任千里	皖环辐培 B1514001	0.331	可继续从事辐射工作
75	任雪婷	皖环辐培 B1514034	0.32	可继续从事辐射工作
76	汝海燕	皖环辐培 B1514004	0.318	可继续从事辐射工作
77	邵建国	皖环辐培 B1514029	0.346	可继续从事辐射工作
78	陶于成	皖环辐培 B1514016	0.313	可继续从事辐射工作
79	王立乾	皖环辐培 B1514003	0.372	可继续从事辐射工作
80	王莉莉	皖环辐培 B1706053	0.359	不建议继续从事
81	王天保	皖环辐培 B1922030	0.289	可继续从事辐射工作
82	徐丽	皖环辐培 B1706048	0.351	可继续从事辐射工作
83	许崇强	皖环辐培 B1514027	0.301	可继续从事辐射工作
84	许继姣	皖环辐培 B1514009	0.292	可继续从事辐射工作
85	张磊	皖环辐培 B1514030	0.326	可继续从事辐射工作
86	张伟	皖环辐培 B1514012	0.31	可继续从事辐射工作
87	张新	皖环辐培 B1514015	0.276	可继续从事辐射工作
88	张银娣	皖环辐培 B1706050	0.347	暂时脱离
89	赵立新	皖环辐培 B1514002	0.342	可继续从事辐射工作

90	赵盼	皖环辐培 B1514035	0.306	可继续从事辐射工作
91	赵伟	皖环辐培 B1514018	0.281	可继续从事辐射工作
92	赵影星	皖环辐培 B1514010	0.399	暂时脱离
93	周浩	皖环辐培 B1514011	0.425	可继续从事辐射工作
94	周杰	皖环辐培 B1706049	0.302	可继续从事辐射工作
95	祝洪福	皖环辐培 B1514021	0.318	可继续从事辐射工作
96	张宽宽	新进人员, 尚未培训	0.087	可继续从事辐射工作
97	黄宛	新进人员, 尚未培训	0.017	可继续从事辐射工作

医院应暂停张宽宽和黄宛辐射工作, 尽快安排其参加辐射安全培训并取得培训合格证后上岗。

3.3 关于监测计划和监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版(国家环境保护部令第 3 号)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令)的要求, 淮北市人民医院为对辐射工作人员所受剂量进行控制, 委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司及合肥金浩峰检测研究院有限公司进行个人剂量监测, 目前医院现有 97 名辐射工作人员均配带了个人剂量计, 个人剂量档案管理完善, 2019 年 1 月~2020 年 1 月的个人剂量计送检报告详见附件七。

送检结果表明: 医院存在个别辐射工作人员在个别季度因接诊或治疗人次多而导致季度所受附加剂量高于正常水平的情况, 但全年累积所受附加剂量均未超过项目剂量管理限值(DSA 介入手术医生不超过 10mSv, 其他辐射工作人员不超过 5mSv), 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于辐射工作人员剂量限值(20mSv)的要求。

为了确保淮北市人民医院核技术应用项目的辐射防护安全可靠, 医院应根据核技术应用项目的具体情况, 修订制定相应的监测计划, 增加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(应至少购置 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪), 定期监测射线装置及周围的辐射水平。

3.4 关于职业健康体检

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版(国家环境保护部令第 3 号)和《放射工作人员职业健康管理暂行办法》(卫生部第 55 号令)的要求, 淮北市人民医院为保护辐射工作人员身体健康, 现有 97 名辐射工作人员均在近两年内均进行了职业健康体检(部分职业健康体检报告详见附件)。根

据职业健康体检报告结果，罗中成及王莉莉不宜从事辐射相关工作，吕留强、王士强、李广梅、张银娣、赵影星应暂时脱离辐射工作，其余人员均可继续从事辐射工作。因此，医院须立即调换罗中成、吕留强、王士强、李广梅、张银娣、赵影星的工作岗位，停止其辐射相关工作。

3.5 关于年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）的要求，淮北市人民医院于 2020 年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上填报了 2019 年年度评估报告。

3.6 关于辐射安全管理制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）要求，淮北市人民医院已根据核技术应用现状，制定了《放射防护安全管理制度》、《辐射工作场所监测计划》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训计划和检测计划》、《辐射事故应急处理预案》、《操作规程》、《岗位职责》等一系列规章制度，基本能满足医院现有核技术应用项目的管理需要，但尚存在一些问题和需进一步明确的内容，医院辐射安全与防护管理领导小组应牵头对现有的辐射安全与防护相关制度进行系统修订（修订建议详见表 1-4），提高制度的可操作性，做到所有辐射工作都有章可循，有制度保障。

表 1-4 规章制度修订建议

序号	制度名称	存在的问题	修订建议
1	辐射事故应急预案	环保紧急事件报警电话不能确保 24 小时有人接听	统一改成环保部门的热线电话

表2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚(套)数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	锆-68	4.63×10 ⁷ ×2枚	V	使用	用于PET-CT校准	主体医疗区一层 核医学科	主体医疗区一层 核医学科储源室	
		9.25×10 ⁷ ×1枚						
以下空白								

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
1	碘-131	液态	使用	1.67×10 ⁹	1.67×10 ⁸	5×10 ¹⁰	甲亢治疗	稀释口服	主体医疗区一层核医学科	主体医疗区一层核医学科储源室
2	钼-99	液态	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁷	2.78×10 ¹²	显像诊断	淋洗、分装、注射		
3	锝-99m	液态	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁷	2.78×10 ¹²				
4	氟-18	液态	使用	3.7×10 ⁹	3.7×10 ⁶	7.4×10 ¹¹	显像诊断	注射		
以下空白										

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	医用直线加速器	II	2	待定	电子	X 线: $\leq 10\text{MeV}$ 电子线: $\leq 22\text{MeV}$	X 线: $\leq 360\text{Gy/h}$	肿瘤治疗	主体医疗区 负一层 加速器机房	

(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
1	DSA	II	3	待定	≤ 125	≤ 1000	介入诊疗	主体医疗区一层 介入中心	
	SPECT-CT	III	1	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	显像诊断	主体医疗区 一层 核医学科	
	PET-CT	III	1	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	显像诊断		

(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	
以下空白													

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
废弃放射源	固体	^{68}Ge	—	—	—	—	放射性废物间	厂家回收
^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器	固体	^{99}Mo $^{99\text{m}}\text{Tc}$	—	—	约 60 只	—	放射性废物桶	厂家回收
试剂瓶	固态	^{131}I $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ^{18}F	—	—	约 6500 个	—	放射性废物桶	经十个半衰期后作医疗废物处置
手套	固态		—	—	约 5000 副	—		
移液器吸头	固态		—	—	约 750 个	—		
一次性注射器	固态		—	—	约 5060 个	—		
活性炭	固态		—	—	约 10kg	—		
放射性废水	液态		—	—	约 139m ³	—	衰变池	接入医院污水处理站
放射性废气	气态	—	—	少量	少量	—	不暂存	通过排风系统经活性炭吸附后排入外环境
臭氧 二氧化氮	气态	—	—	少量	少量	—	不暂存	通过排风系统排入外环境
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》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》2018 年 12 月 29 日修订；</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) 《中华人民共和国大气污染防治法》2016 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》1997 年 3 月 1 日起施行；主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>6) 《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；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日起施行；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>7) 《放射性物品运输安全管理条例》国务院令第 562 号，2010 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>8) 《放射性废物品安全管理条例》国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>9) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布；根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第二次部务会议通过的《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》修正；根据 2017 年 12 月 12 日环境保护部第五次部务会议通过的《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正；2019 年 8 月 22 日生态环境部令第 7 号《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修正；</p> <p>11) 《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 日起施行；</p> <p>12) 《放射性物品运输安全许可管理办法》，中华人民共和国环境保护部第 11 号令，2010 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>13) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国环境保护部第 44 号令，2017 年 9 月 1 日起施行；生态环境部令第 1 号修订，2018 年 4 月 28 日起施行；</p>
------	---

	<p>14)《关于发布射线装置分类办法的公告》，环境保护部和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 6 日起实施；</p> <p>15)《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号，2006 年 12 月 23 日起实施；</p> <p>16)《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，原国家环保总局，环发[2006]145 号；</p> <p>17)《关于加强放射性物品运输监督检查的通知》，中华人民共和国环境保护部，环办[2010]158 号；</p> <p>18)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，中华人民共和国环境保护部，环办辐射函[2016]430 号；</p> <p>19)《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 3 月 23 日经卫生部部务会议讨论通过，自 2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>20)《安徽省环境保护条例》，安徽省第十二届人大常委会第四十一次会议审议通过，2018 年 1 月 1 日施行；</p> <p>21)《安徽省放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，安徽省环保局 2008 年 9 月 18 日颁布。</p>
--	---

<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016); 2)《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018); 3)《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009); 4)《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); 5)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)。 6)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007); 7)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011); 8)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); 9)《医疗照射放射防护基本要求》(GBZ179-2006); 10)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011); 11)《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010); 12)《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006); 13)《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009); 14)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013); 15)《声环境质量标准》(GB3096-2008); 16)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)。
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 金寨县人民医院环境影响评价委托书及相关基础技术资料; 2) 淮北市人民医院新院(市传染病医院)项目环境影响报告书及审批意见; 3) 淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目环评委托书及相关基础技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价内容及目的：

- 1) 在引用医院院区项目环评结论的基础上，补充该项目非辐射环境影响评价。
- 2) 对项目拟建地址及周围进行环境质量本底现状监测，以掌握环境质量本底现状水平，并对运行后的环境影响进行预测评价。
- 3) 对不利影响提出防治措施，把环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。
- 4) 满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

评价原则：

此次评价遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“三原则”：

- 1) 实践的正当性；
- 2) 剂量限制和潜在照射危险限制；
- 3) 防护与安全的最优化。

评价重点：

辐射环境：此次评价重点为医用直线加速器和 DSA 机房的屏蔽措施评价，核医学学科工作场所分级分区、放射性固废、废水、废气处置措施评价，辐射工作人员和公众所受附加剂量评价。

非辐射环境：该项目产生的废水和固废均依托院区处理措施处理（放射性废水经衰变池储存衰变超过 10 个半衰期后接入医院污水处理站，放射性废物在放射性废物库内储存衰变超过 10 个半衰期后与一般医疗废物一同收集处理），此次评价对废水和固废仅分析说明依托院区处理措施处理的可行性；加速器机房只要达到标准要求的通风换气次数，则加速器运行产生的臭氧和氮氧化物对环境空气影响很小；此次评价仅对加速器机房的通风换气次数进行达标性分析。因此，此次非辐射环境影响评价的重点为加速器机房排风机产生的噪声影响。

该项目区域声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准，城市主次干道，其边界线外 35±5m 范围内执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准，本项目噪声源较少，通过隔声降噪措施后厂界噪声值增加极小。根据《环境影响评价技术导则—声环境》关于评价等级的划分方法，本项目声环境评价工作等级为二级。

评价范围：

辐射环境：按照《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）的规定，并结合项目特点，确定辐射环境评价范围为该项目的核技术应用场所周围 50m 的区域。

声环境：按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的规定，并结合项目实际情况，确定声环境影响评价范围为加速器机房风机口周围 200m 的区域。

保护目标：

项目周边 50m 范围内全处于院区地块范围，加速器排风机、送风机风机口周边 200m 范围无其他环境敏感目标，与最近生态红线（双顶山）的距离超过 3 公里，不在安徽省生态红线范围内。

表 7-1 项目周边环境保护目标一览表

场所名称	位置描述	环境保护目标	方位及距离	规模	环境要素
加速器机房	北侧水冷机房、控制室和准备大厅	辐射工作人员及公众	北侧毗邻	约 8 人	电离辐射
	东侧风机房和走廊	辐射工作人员及公众	东侧毗邻	约 5 人	
	南侧地下车库	公众	南侧毗邻	约 10 人	
	西侧走廊	公众	西侧毗邻	约 10 人	
	主体医疗区	公众	四周 50m 范围内	约 500 人	声环境
	主体医疗区	公众	排风机风机口毗邻	约 500 人	
	主体医疗区	公众	送风机风机口毗邻	约 500 人	
DSA 机房	北侧污洗间和库房	公众	北侧毗邻	约 3 人	电离辐射
	东侧洁净走廊	公众	东侧毗邻	约 5 人	
	南侧控制间和设备间	辐射工作人员	南侧毗邻	约 5 人	
	西侧污物通道	公众	西侧毗邻	约 2 人	
	主体医疗区	公众	四周 50m 范围内	约 500 人	
核医学科	东侧走廊	公众	东侧毗邻	约 8 人	电离辐射
	西侧走廊	公众	西侧毗邻	约 52 人	
	主体医疗区	公众	四周 50m 范围内	约 500 人	

评价标准:

1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002):

① 剂量限值

表 7-2 附录 B1 剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	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 ③眼晶体的年当量剂量, 150mSv ④四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv
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。

注: 此次评价 DSA 介入手术医生取 GB18871-2002 中连续 5 年的年平均有效剂量限值的 1/2 作为剂量约束值, 其他辐射工作人员和公众成员取国家标准的 1/4 作为剂量约束值(即: DSA 介入手术医生年有效剂量不超过 10mSv, 其他辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv; 公众成员年有效剂量不超过 0.25mSv)。

② 表面污染控制水平

表 7-3 附录 B2 表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm ²)		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区*	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
*该区内的高污染子区除外				

③ 非密封源工作场所分类

表 7-4 附录 C1 非密封源工作场所分级

级别	日等效最大操作量 (Bq)
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

④ 放射性废液向环境排放的控制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定: 不得将放射性废液排入普通下水道, 除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液, 方可直接排入流量大于 10 倍

排放流的普通下水道，并应对每次排放做好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$ ； b) 每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

注： ALI_{min} 是相应职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得。

2) 《医疗照射放射防护基本要求》(GBZ179-2006)；

3) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)；

重点引用：6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备；

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m^2 ；

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器连锁；

6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的射指示灯及辐射标志；

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

4) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)；

5) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)；

6) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)；

重点引用：5.1.2 产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将仅含短半衰期核的废液注入专用容器中通常存放 10 个半衰期后，经审管部门准许，可作普通废液处理。

7) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)；

重点引用：5.1 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

5.2 每台 X 射线机（不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-5 要求。

表 7-5 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积	机房内最小单边长度
CT 机	30m^2	4.5m
单管头 X 射线机	20m^2	3.5m

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-6 要求。
- b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。
- c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

表 7-6 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量）	2.5（较大工作量）

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

- a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。
- b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv ；测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

5.5 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

5.6 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

5.7 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

5.8 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-7 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要。

表 7-7 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
放射诊断用 X 射线设备隔室透视、摄影	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配： 铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏 选配： 移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—

8)《声环境质量标准》(GB3096-2008):院区东侧黄山路为城市主干道,其边界线外 35±5m 范围内执行 4a 类标准要求,其他区域均执行 2 类标准要求;

9)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008):院区北侧临沱河路、东侧宁山路、南侧望湖路为城市主干道,其边界线外 35±5m 范围内执行 4 类标准要求,其他区域均执行 2 类标准要求。

参考资料:

1) 根据《安徽省环境状况公报》(2018 年)中数据显示:全省伽玛辐射空气吸收剂量率(含宇宙射线贡献值)均值为 97nGy/h,范围为 58~138nGy/h;

2) NCRP REPORT No.151;

3)《辐射防护手册》第一、三分册,李德平、潘自强主编。

表 8 环境质量和辐射现状

1、项目地理位置、布局和周边环境

淮北市人民医院新院位于淮北市矿业集团童亭煤矿东南 2km，其所在区域图详见附图 1。医院北临沱河路，东临宁山路，南临望湖路，西侧为空地，医院周边关系详见附图 2（院区平面布置及周边关系图）。

该项目涉及的加速器位于主体医疗区负一层西北角，北侧为水冷机房、控制室和准备大厅，东侧为风机房和走廊，南侧为地下车库，西侧为走廊，楼上为地面绿化，无负二层。

该项目涉及的 DSA 位于主体医疗区一层西南角，北侧为污洗间和库房，东侧为洁净走廊，南侧为控制间和设备间，西侧为污物通道，楼上为脑电图室和心电图室，楼下为生活水处理机房。

该项目涉及的核医学科位于主体医疗区一层西北角，北侧为地面绿化，东侧为走廊，南侧地面绿化，西侧为走廊，楼上为实验室，楼下为地下车库。

该项目涉及的机房和场所周边环境概况详见表 8-1。该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2 和附图 3~5（项目所在楼层及上下楼层平面布置图）。项目周边 50m 范围内全处于院区地块范围，加速器排风机、送风机风机口周边 200m 范围无其他环境敏感目标，与最近生态红线（双顶山）的距离超过 3 公里，不在安徽省生态红线范围内。

表 8-1 项目机房及场所周边环境概况一览表

机房名称	所在位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
加速器 机房	主体医疗区 负一层	风机房和走廊	地下车库	走廊	水冷机房	地面绿化	土壤层
DSA 机房	主体医疗区 一层	洁净走廊	控制间和设备间	污物通道	污洗间和库房	脑电图室和心电图室	生活水处理 机房
核医学科	主体医疗区 一层	走廊	地面绿化	走廊	地面绿化	实验室	地下车库

2、辐射环境现状

核工业二七〇研究所 2019 年 12 月 12 日接受医院委托,开展淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目环境影响评价工作,并于 2019 年 12 月 30 日对该项目应用场所及周边环境进行环境现状监测,监测报告详见附件。

监测方案:

监测布点:对于 X- γ 辐射剂量率,在主体医疗区及周围进行布点,共布设 4 个点,离地高度 1m 处。

监测因子: X- γ 辐射剂量率。

监测工况:射线装置拟购,未运行,为环境本底监测。

监测仪器:

监测仪器主要技术参数详见表 8-2。

表 8-2 监测仪器主要技术参数一览表

仪器名称	核辐射检测仪
仪器型号/规格	AT1123
仪器编号	54495
能量响应范围	15keV~10MeV
剂量率测量范围	50nSv/h~10Sv/h
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	2019H21-20-187269002
有效日期	2019 年 06 月 24 日至 2020 年 06 月 23 日

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标准,监测人员经考核持有合格证书上岗。
- 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。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器,并做好记录。
- ⑥检测报告严格实行三级审核制度,经过校对、校核,最后由技术总负责人审定。

监测结果:

表 8-3 环境质量现状监测结果

编号	监测点描述	测量结果 (nSv/h)	编号	监测点描述	测量结果 (nSv/h)
1	主体医疗区施工场地 东侧	**	2	主体医疗区施工场地 南侧	**
3	主体医疗区施工场地 西侧	**	4	主体医疗区施工场地 北侧	**

监测结果表明: 该项目应用场所及周边环境辐射环境现状本底在 88~105nSv/h 范围内, 与安徽省全省辐射环境现状水平基本保持一致, 辐射水平未见明显异常。

3、 噪声环境现状评价

项目所在新院区目前处于建设阶段, 因此本项目噪声环境现状值引用《淮北市人民医院新院(市传染病医院)建设项目环境影响报告书》(批复文号为淮环行[2016]54号)中声环境现状监测值。

表 8-4 噪声现状监测结果

编号	名 称	2016 年 4 月 23 日		2016 年 4 月 24 日	
		昼间 Leq (A)	夜间 Leq (A)	昼间 Leq (A)	夜间 Leq (A)
N1	项目区北界	**	**	**	**
N2	项目区西界	**	**	**	**
N3	项目区南界	**	**	**	**
N4	项目区东界	**	**	**	**

由表 8-4 可以看出, 区域昼间噪声在**~** (A) 范围内, 夜间噪声在**~**dB (A) 范围内, 满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求 (昼间 60dB (A), 夜间 50dB (A)) 及 4a 类标准要求 (昼间 70dB (A), 夜间 55dB (A))。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析:

1、医用直线加速器

1.1 设备组成与工作原理

医用直线加速器是产生高能 X 射线和电子束的装置，为远距离治疗机。主要由机架组件、辐射头、水冷系统、速调管、真空系统、充气系统、高压脉冲调制器、栅控电子枪电源、控制柜及操作盒、运控机箱、整机动力配电及低压电源、整机联锁保护电路等组成。从电子枪发出的同步电子束注入已建立高梯度的驻波加速场中加速，在加速管末端，电子束加速到所需能量后经过漂移管进入 270 度偏转磁场。在偏转磁场中，电子束偏转 270 度后由水平入射变为垂直出射，并同时完成聚集和消除能谱色差形成直径 2mm 左右的平行束流，经过引出窗到达移动靶件处。移动靶件具有不同工位，可根据治疗需要使电子束轰击合金靶产生 X 辐射或直接穿透初级散射箔产生电子辐射。典型医用直线加速器示意图及内部结构图见图 9-1 和图 9-2。

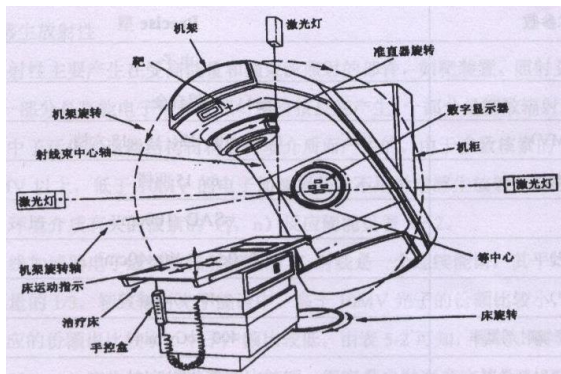


图 9-1 典型医用直线加速器示意图

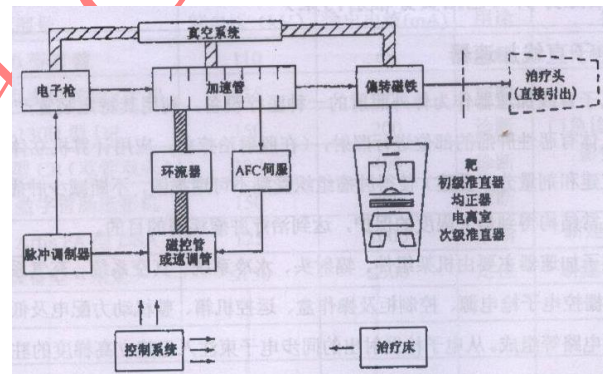


图 9-2 典型医用直线加速器结构图

1.2 操作流程

- 1) 进行定位：先通过模拟定位机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。
- 2) 制订治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。
- 3) 固定患者体位：在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。
- 4) 开机治疗。

2、DSA

2.1 设备组成与工作原理

DSA 是采用 X 射线进行摄影的技术设备。该设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，见图 9-3。X 射线由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。

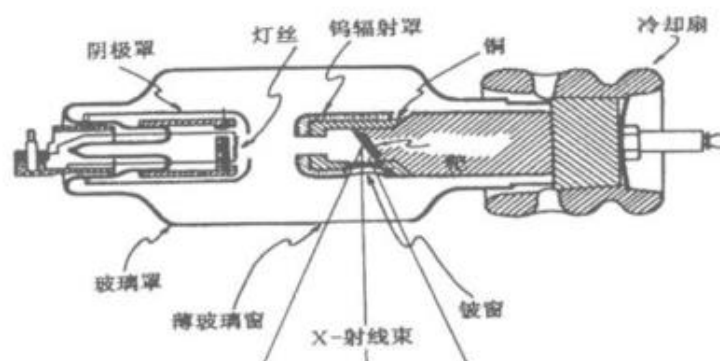


图 9-3 典型 X 射线管结构图

靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线的两级之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子达到靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。成像装置根据接收到的不同信号，利用平板探测器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描，将图像分割成许多的小方块，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和模/数转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

这种图像较以往所用的常规血管造影所显示的图像更加清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来，且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示，在进行介入手术时更为安全。

2.2 操作流程

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管在 X 线透视下将导管送达上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探

查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况（拍片）：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况（透视）：医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅屏风后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

3、核医学科

3.1 I-131 治疗甲亢

3.1.1 工作原理

甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。 ^{131}I 在甲状腺内停留的时间较长，在甲亢患者甲状腺内的有效半衰期约 3-5 天。 ^{131}I 衰变时主要发射 β^- 粒子，射程短，仅为 2-3mm，对周围正常组织一般无影响。因此，大剂量 ^{131}I 进入功能亢进的甲状腺组织，这些组织在 β^- 粒子集中且较长时间的作用下将遭受部分抑制或破坏，从而取得类似部分切除甲状腺的效果，达到治疗甲亢的目的。

3.1.2 操作流程

医生首先对甲亢患者进行检查，根据病情确定服药量，与患者预约，根据患者数量订购 ^{131}I 药物，使用当天，口服前到自动分装仪前进行分装。病人服药后，在甲亢留观室内停留观察 30min 后，即可离开医院。

3.2 显像诊断

3.3.1 工作原理

单光子发射计算机断层成像术（SPECT-CT）和正电子发射断层成像术（PET-CT）是核医学的两种 CT 技术，都是对从病人体内（如 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等）发射的 γ 射线成像，故称为发射型计算机断层成像术（ECT），是计算机断层扫描的简称，是一种现代化诊断手段，其原理是：当某种放射性核素或其标记物通过注射或口服等方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织这个过程的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用发射型计算机断层

显像装置来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器血流、功能、代谢和引流等方面定性和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前，有助于疾病的早期诊断。

PET 是英文 Positron Emission Tomography 的缩写。其临床显像过程为：将发射正电子的放射性核素（如 ^{18}F 等）标记到能够参与人体组织血流或代谢过程的化合物（如脂肪酸、脱氧葡萄糖、氨基酸、核苷等）上，将标有带正电子放射性核素的化合物注射到受检者体内，让受检者在 PET 的有效视野范围内进行 PET 显像。放射核素发射出的正电子在体内移动大约 0.22mm 后与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生两个能量相等（511keV）、方向相反的 γ 光子。由于两个光子在体内的路径不同，到达两个探测器的时间也有一定差别，如果在规定的时间内（一般为 5~15 μs ），探头系统探测到两个互成 180 度（ ± 0.25 度）的光子时，即为一个符合事件，探测器便分别送出一个时间脉冲，脉冲处理器将脉冲变为方波，符合电路对其进行数据分类后，送入工作站进行图像重建。便得到人体各部位横断面、冠状断面和矢状断面的影像。同时结合应用 CT 技术进行精确定位，可精确地提供靶器官的解剖和功能双重信息，并能够独立完成多排螺旋 CT 的临床影像，大大提高临床使用价值。

3.3.2 操作流程

根据确定的放射性同位素注射剂量，在通风柜利用 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器进行淋洗分装并测试活度。受检者到达注射窗口注射药物后，进入候诊区等待，以便药物被病变组织摄取，然后进入 SPECT-CT 扫描间进行扫描，扫描结束后离开。

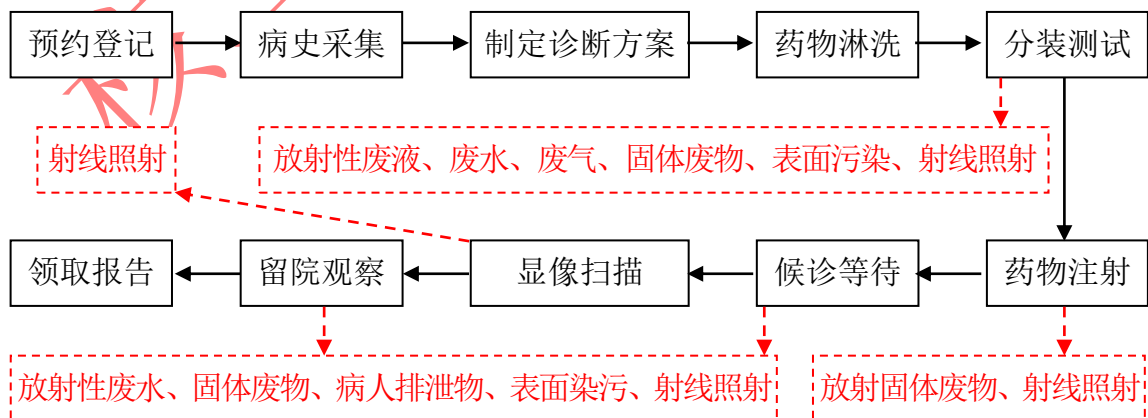


图 9-4 SPECT-CT 显像诊断流程及产污节点

污染源项描述:**1、正常工况****1.1 医用直线加速器****1) 放射性污染源分析****①X 射线**

由加速器的工作原理可知,医用直线加速器用于 X 线治疗时,电子枪产生的电子经过加速后,高能电子束与靶物质及其他加速器结构材料相互作用时将产生高能 X 射线 ($\leq 10\text{MeV}$), 1m 处最大输出量为每分钟 600cGy, 其可能对工作人员和公众造成危害。这种 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。

②电子线

加速器用电子束 ($\leq 22\text{MeV}$) 治疗时,最大束流强度为每分钟 1000cGy。电子束的屏蔽要求远低于高能 X 线,故在机房屏蔽墙厚度计算时不用考虑,但由于电子束的强度高,若发生人员意外照射,会造成伤害。

2) 非放射性污染源

医用直线加速器机房内的空气受到 X 线及电子线照射会产生一定量的臭氧和氮氧化物,若在机房内聚集,对机房的人员和设施均具有一定的危害。由类似工程可知,只要确保每小时排风不小于 4 次,产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。

1.2 DSA

由 DSA 的工作原理可知, X 射线是随机器的开关而产生和消失。因此,在非诊疗状态下不产生 X 射线,只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。因此,在开机期间, X 射线为污染环境的主要因子。

1.3 核医学科**1.3.1 I-131 治疗甲亢**

I-131 发生 β 衰变时伴随发射 0.364MeV 的 γ 射线,物理半衰期 8 天。主要的辐射源项为 γ 射线、 β 表面污染、放射性废液、废水和固体废弃物、病人排泄物以及携带的 I-131 对他人的影响。

1.3.3 显像诊断

^{99}Mo 的衰变方式是,衰变时除发射 β 射线外还发射 γ 射线, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的主要衰变方式是同质异能跃迁,同时发射 γ 射线。

由于 ^{99}Tc 的半衰期长达 2.13×10^5 年, 远远大于 ^{99}Mo 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的半衰期, 产生 ^{99}Tc 的相对活度量极小, 经估算, 如 1Ci ($3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 99% 衰变成 ^{99}Tc , ^{99}Tc 的活度仅为 120Bq , 因此, ^{99}Tc 的放射性可以忽略不计。

^{99}Mo 及其衰变产物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等均非挥发性物质, 洗脱过程在密闭发生器中负压条件下进行, 洗脱一次的时间仅需 5 分钟左右, 无放射性气体污染, 但是放射性药物的分装、取药可能存在洒出污染危险, 为安全起见, 洗脱操作通常都在通风柜内进行。

SPECT-CT 显像诊断主要辐射源项为 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 衰变产生的 γ 射线和 CT 工作产生的 X 射线, 操作放射性核素过程中对工作台面、地面等造成表面污染, 以及产生放射性废液、废水和固体废弃物、病人排泄物。废旧的 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器由供源厂家回收, 不会进入环境。

^{18}F 的衰变方式为 β^+ (97.1%) 和 EC ($2.9 \pm 2\%$), 半衰期为 109.7min, β^+ 衰变发射正电子的最大能量为 635keV, 平均能量为 203keV, 发生湮灭反应发射 γ 射线, 能量为 0.511MeV。

PET-CT 以锞-68 作为校准源, ^{68}Ge 衰变方式为 EC (100%), 半衰期为 280d, 主要发射光子能量为 0.009~0.010MeV, 衰变产物为 ^{68}Ga (半衰期为 68min)。

PET-CT 显像诊断主要辐射源项为 ^{18}F 衰变产生的 γ 射线、 ^{68}Ge 衰变产生的 γ 射线和 CT 工作产生的 X 射线, 操作放射性核素过程中对台面、地面等造成表面污染, 以及产生放射性废液、废水和固体废弃物、病人排泄物。旧的锞-68 校准源由供源厂家回收, 不会进入环境。

2、事故工况

2.1 医用直线加速器

加速器辐射最大可信事故通常在联锁系统失效, 而加速器仍然处在工作状态时发生。此时如果医务人员或其他病人误入机房, 或者当医务人员或病人陪护人员尚未离开机房时, 可能会造成这些人员受到不必要的射线照射。事故工况下主要辐射污染因子为 X 射线。

从理论上讲, 发生上述这种事故的几率极小, 为防止事故的发生, 在购置设备时要注意安全联锁设施的可靠性与稳定性的设计水平, 使用过程中要经常定期检查和维护联锁系统及安全保障系统, 仪器操作人员应严格按照操作规程进行运行操作, 每次开机前必须要确认机房内无人员时, 才能进行开机运行。

2.2 DSA

1) 由于管理不善, 设备运行时, 机房内人员未穿戴个人防护用品, 因为机房内为高辐射区, 人员会受到不必要照射。

2) 当控制设备出现故障或工作人员操作失误, 装置出束过大, 病人可能接受额外照射。

3) 设备进行维修时, 若发生意外出束, 可导致维修人员受到不必要的照射。

事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下基本相同, 主要为 X 射线对辐射工作人员及周围公众造成外照射。

2.3 核医学科

1) 操作人员违反操作规程或操作不慎打翻药物, 产生了较多的放射性废物;

2) 操作台面或仪器设备受到放射性沾污;

3) 储源分装室内通风柜通风设备失效, 导致放射性废气在储源分装室聚集, 工作人员吸入后, 造成内照射;

4) 放射性核素被盗、丢失等, 并可能通过食物链转移或伤口造成人体内照射危害。

事故工况下的污染因子与正常工况下基本相同, 主要为: 表面污染、 β 射线、 γ 射线、X 射线、放射性废液、废水、废气、固体废弃物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施：**1、工作场所分区与布局**

该项目涉及的加速器位于主体医疗区负一层西北角，北侧为水冷机房、控制室和准备大厅，东侧为风机房和走廊，南侧为地下车库，西侧为走廊，楼上为地面绿化，无负二层。

该项目涉及的 DSA 位于主体医疗区一层西南角，北侧为污洗间和库房，东侧为洁净走廊，南侧为控制间和设备间，西侧为污物通道，楼上为脑电图室和心电图室，楼下为生活水处理机房。

该项目涉及的核医学科位于主体医疗区一层西北角，北侧为地面绿化，东侧为走廊，南侧地面绿化，西侧为走廊，楼上为实验室，楼下为地下车库。

该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2 和附图 3~5（项目所在楼层及上下楼层平面布置图）。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）中的要求应将辐射工作场所划分控制区和监督区，结合该项目核技术利用的特点，该项目重点关注非密封放射性物质工作场所——核医学科的分区管理，其他不属于非密封放射性物质工作场所——放疗中心、介入中心，则将射线装置机房、控制室及辅助设备间划为控制区，射线装置机房防护门外 1m 宽范围划分监督区，并在防护门地面以黄色警示色进行标识，提醒无关人员不要靠近。

加速器控制室和治疗室分离，治疗室面积为 49m²，迷路为直迷路，迷路口设置有铅防护门；加速器机房布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“新建治疗室面积不应小于 45m²”、“治疗室入口处必须设置防护门和迷路”的规定，因此加速器机房布局基本合理。

从该项目所涉及 DSA 位置看，所处区域相对孤立，避开了人员往来密集区，周围区域敏感度不高，DSA 机房布局基本合理。

按照《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求，核医学科设置在主体医疗区一层西北角，为独立区域，有独立出入口，与其他科室和场所相对隔离。核医学科按照控制区、监督区进行分区管理。①储源室、废物室、注射室、分药室、服药室、核素治疗室、污洗间、运动负荷室、SPECT-CT 休息室、SPECT-CTVIP 休息室、

抢救室、PET 休息室、VIP 休息室、PET-CT 机房、SPECT-CT 机房、控制室、留观室等划为控制区；②护士站、诊室、读片室、主任办、医生办以及控制区出口 1m 范围划为监督区。

为了避免交叉影响，保证患者沿单方向流通，核医学科控制区的患者进、出门（门 5 和门 7）为单向通行；放射性药物和污物运送门（门 6）设置双向刷卡门禁系统；门 1、门 2、门 3 和门 4）均为双通行门，正向通行设有开门按钮，反向只有核医学科医务人员刷门禁卡才可通行，刷卡门禁主要为放射性药物运送和紧急情况所设置，只有得到核医学科医务人员允许才可开启反向通行。通过设置门禁系统，最大限度减少了患者的流动，仅在过道内可能存在短时间的交叉，且可通过叫号进入采用时间隔离的方式避免相互影响；患者与医务人员通道分开设置，能做到完全分离。因此，淮北市人民医院核医学科布局基本合理（详见附图 6）。

2、安全防护措施

淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目采取的安全防治措施见表 10-1。

表 10-1 安全防治措施

项目		采取的污染防治措施
屏蔽防护措施	医用直线加速器	①机房采用密度为 2.35g/cm^3 混凝土浇筑。两加速器机房对称布置，共用一道迷道外墙，其厚为 1.7m，迷道内墙厚为 1.05m，迷道长 10m；东侧和西侧屏蔽墙厚为 1.7m；南、北侧主屏蔽墙厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.7m；顶棚主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.7m。其屏蔽结构详见图 10-2。 ②防护门铅当量均为 15mm。
	核医学科	①分药室、注射室、给药室四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石； ②储源室、废物室东、北、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，西侧采用 370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，顶板为 150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石； ③服药室东、北侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，西、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石； ④PET-CT 休息室、PET-CTVIP 休息室四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石； ⑤SPE-CT 休息室、SPE-CTVIP 休息室北、东、西侧采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，南侧采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+3cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+2cm 重晶石； ⑥运动负荷室北、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，东、

		<p>南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+3cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+2cm 重晶石；</p> <p>⑦PET-CT 机房四周墙体采用 370mm 厚的实心黏土砖+5cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石；</p> <p>⑧SPECT-CT 机房四周墙体采用 370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+5cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+5cm 重晶石；</p> <p>⑨核素治疗室北、东侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，西、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土；</p> <p>⑩抢救室北、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，东、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土；</p> <p>⑪甲状腺功能测定室北、东、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土；</p> <p>⑫污洗间四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+3cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+2cm 重晶石；</p> <p>⑬卫生通过间四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土。</p> <p>⑭淋洗分装室内通风柜防护当量为 50mmPb，放射性药物注射有专用防护针筒，用于 ^{99m}Tc 注射的针筒防护铅当量为 2mm。</p>
	DSA	<p>①DSA 三间机房内空尺寸相同为：9.66m×7.43m。</p> <p>②DSA 三间机房采用相同的屏蔽措施：四周墙体为 370mm 厚的实心黏土砖+2.5mm 铅当量的硫酸钡，顶板和底板为 150mm 厚的混凝土+1.0mmPb 防护涂料，防护门和观察窗铅当量为 3.5mm。</p>
安全措施	医用直线加速器机房设置门机联锁装置	
	核医学科设置门禁	
	所有紧急按钮开关和防护门均设双路供电系统，在停电状态下由医院应急电源供电，以确保在停电状态下能正常开启防护门	
	机房外均张贴警示标志、安装工作状态指示灯	
	放射性废物桶张贴电离辐射标志	
个人防护	岗位职责和操作规程等工作制度在合适位置张贴上墙	
	辐射工作人员均参加辐射安全与防护培训取得培训合格证	
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测	
管理措施	配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等防护用品	
	已建立以院领导为第一责任人的辐射防护安全管理领导小组，并制定了《放射防护安全管理制度》、《辐射工作场所监测计划》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训计划和检测计划》、《辐射事故应急处理预案》、《操作规程》、《岗位职责》等规章制度	

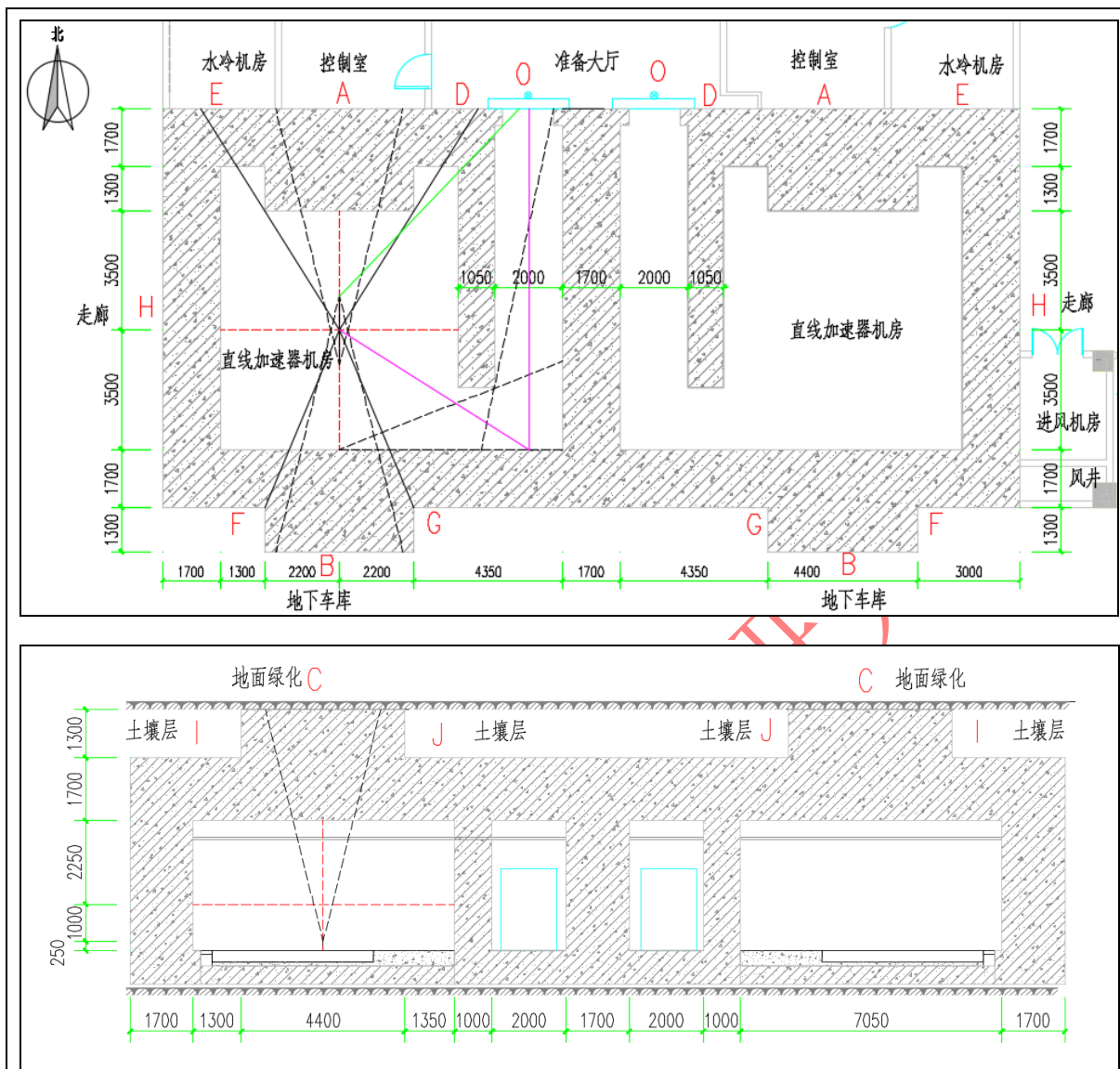


图 10-2 加速器机房屏蔽结构图

三废的治理:

(1) 医用直线加速器

医用直线加速器运行时，机房内会产生的一定量的臭氧和氮氧化物。本项目拟在加速器机房吊顶内安装 2 台室内送风机，通风管道以 45° 斜穿迷道防护门上方屏蔽墙（未破坏加速器机房的屏蔽性能），通风管道布置图见图 10-3，管道接电缆沟穿北侧次屏蔽墙沿墙进入治疗室，管道穿墙图见 10-4，2 座加速器机房排风均由排风井引至地面排放，排风机最大排风量不低于 10000m³/h，2 座加速器机房体积均为 259m³，能确

保满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》。

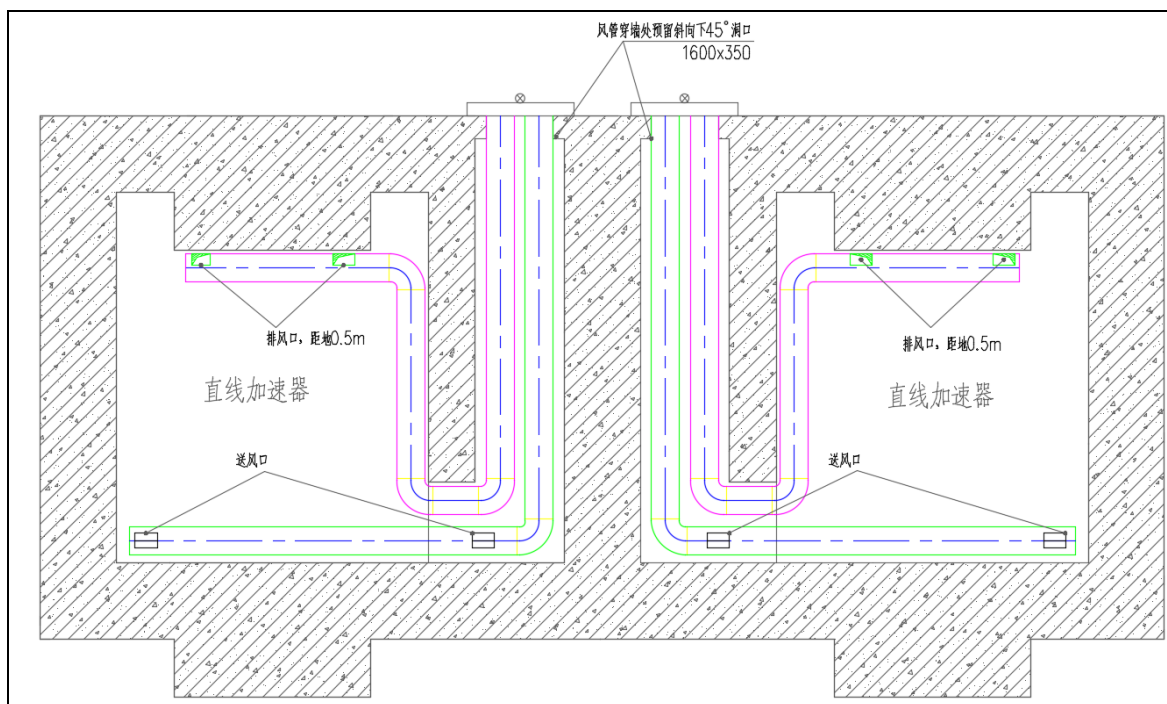


图 10-3 通风管道布置图

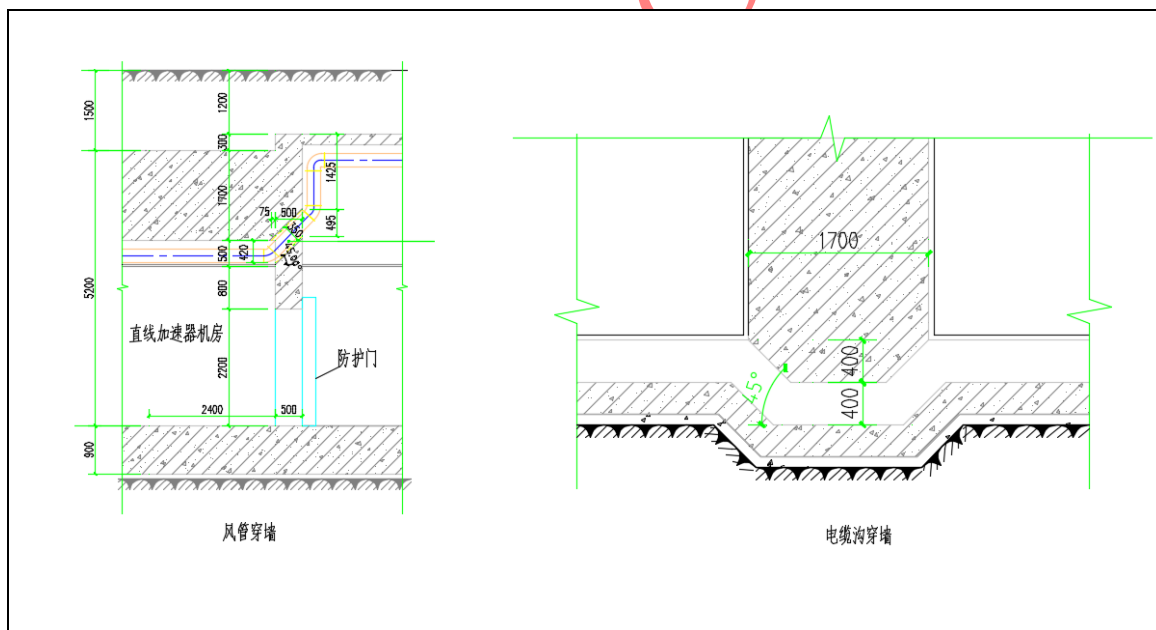


图 10-4 管道穿墙图

(2) 核医学科

废水：该项目放射性废水单独收集，经衰变池处理后排入医院污水处理站。医院拟在核医学科西侧地面设置了地埋式衰变池，衰变池由 PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池及甲亢治疗区域衰变池组成，PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池由 2 个相同的小池并联组成，总容积约为 6.5m³，甲亢治疗区域衰变池池由 2 个相同的小池并联组成，总

容积约为 24.8m^3 ，放射性废水经储存超过 10 个半衰期后，依托医院污水处理站处理后接入城市污水管网。

废气：该项目在分装室设置一个防护为 50mmPb 的两联通风柜，淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜设有排风系统，就近接入通风独立通风井，至楼顶排放，加装活性炭过滤装置，能够有效减少放射性废气的影响。

固废： ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器一般使用一周后、因活度下降已无实际医用价值，便连同原包装容器退还给供方，废 ^{68}Ge 校准源由供方回收，其他放射性废物则储存 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。

事故预防措施：

医务人员必须严格按照操作程序进行，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射，工作人员每次上班时首先要检查防护措施是否正常，若存在安全隐患，应立即修理，恢复正常。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局 环发【2006】145 号文件之规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，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 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响：

该项目核技术应用项目用房均为医院一期建设项目的组成部分，随一期建设项目施工装饰完成，安装设备后可直接投入使用，其施工期环境影响分析主要的非辐射环境影响评价已纳入《淮北市人民医院新院（市传染病医院）建设项目环境影响报告书》（以下简称《报告书》）之中。

运行阶段对环境的影响：**1、非辐射环境影响分析****1.1大气环境影响分析**

医用直线加速器和后装机房内的空气受到射线照射会产生一定量的臭氧和氮氧化物，若在机房内聚集，对机房的人员和设施均具有一定的危害。本项目拟在加速器机房吊顶内安装 2 台室内送风机，2 座加速器机房排风均由排风井引至地面排放，排风机最大排风量不低于 10000m³/h，2 座加速器机房体积均为 259m³，能确保满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h）。

1.2声环境影响分析

由医院招投标计划可知，加速器机房排风机及送风机 1m 处的噪声源强不会超过 70dB(A)，风机进风口和排风口拟安装有消音器、安装减震基础、通风管道均采用软性接头，极大减少风机产生的噪声，经过降噪后，达到地面风机口的噪声不会超过 60dB(A)。在距离声源 r_0 处至 r_1 处的声压级：

$$L_{r1} = L_0 - 20 \lg (r_1 / r_0)$$

式中： L_{r1} 为 r_1 处的声压级，dB(A)；

L_0 为声源 1m 处的噪声源强，取 60dB(A)；

r_0 为距声源的距离，取 1m；

r_1 为噪声源距预测点距离，m。

由院区平面布置可知：院区南侧边界及东侧边界距排风机风机口位置较远，因此排风机噪声影响分析重点关注风机口周围 200 米范围内对北侧、西侧院区边界及主体医疗区的影响。院区南侧边界距送风机风机口位置较远，因此送风机噪声影响分析重点关注风机口周围 200 米范围内对北侧、西侧、东侧院区边界及主体医疗区的影响。受加速器机房送风与排风噪声影响预测结果见表 11-1-表 11-3。

表 11-1 排风机噪声影响预测参数与结果

预测点位	L_0 (dB(A))	r_l (m)	贡献值 (dB(A))
主体医疗区	**	**	**
医院北侧边界	**	**	**
医院西侧边界	**	**	**

表 11-2 送风机噪声影响预测参数与结果

预测点位	L_0 (dB(A))	r_l (m)	贡献值 (dB(A))
主体医疗区	**	**	**
医院北侧边界	**	**	**
医院西侧边界	**	**	**
医院东侧边界	**	**	**

表 11-3 送风机噪声与排风机噪声叠加对各敏感点的影响结果

预测点位	排风机影响贡献值 (dB(A))	送风机影响贡献值 (dB(A))	院区环评贡献值与背景 值叠加值 (dB(A))	叠加后的噪声值 (dB(A))
主体医疗区	**	**	**	**
医院北侧边界	**	**	**	**
医院西侧边界	**	**	**	**
医院东侧边界	**	**	**	**

由于该项目夜间不运行，因此不会改变区域夜间声环境现状，对区域夜间声环境无影响。由预测结果可知，该项目投入运行后，主体医疗区昼间声环境预测值为**dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准要求（昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)，医院北侧边界、西侧边界、东侧边界昼间声环境预测值在**~**dB(A)范围内，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中4a类标准要求（昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)）。

1.3 废水和固废处理措施依托可行性分析

该项目除核医学科产生的放射性废水和放射性废物未在院区环评中考虑外，其他生活污水和一般医疗废水，以及生活垃圾和一般医疗废物均在院区环评中进行了评价分析。

由院区环评可知：院区污水处理站位于公共卫生临床中心北侧，临近医院西门，位置详见附图 2，污水处理站废水通过格栅井、调节池预处理后，通过水解酸化池、接触氧化池、二沉池进行处理，最后通过消毒池（加入二氧化氯）消毒，处理达标后经市政污水管网排入开发区污水处理厂。院区医疗废水产生量为 708.2m³/d，院区污水处理站设计规模为 1000m³/d，该项目核医学科日均产生放射性废水量约为 0.38m³，因

此，放射性废水经衰变池储存衰变后达标接入院区污水处理站是可行的。

由院区环评结论可知：院区医疗废物产生量为 150.56t/a，集中收集在医院内专设的临时贮存点后，和医院内其他医疗固废一起送至淮北市龙铁医疗废物处理有限公司集中处置。医疗废物临时贮存点能满足该项目核医学科产生的少量放射性废物暂存需要，因此，放射性废物在放射性废物库内储存衰变达标后，转移至院区医疗废物临时贮存点是可行的。

1.4 三线一单符合性分析

（1）与生态红线相符性分析

根据《安徽省生态保护红线》本项目不在生态红线范围内，与最近的生态红线（双顶山）超过 3 公里。因此，本项目的建设符合《安徽省生态保护红线》的要求。

（2）与环境质量底线相符性分析

根据项目对污染源的预测评价，项目各污染物在本环评提出的防治措施处理的前提下，对所在区域的环境影响甚微，不会突破环境质量底线。

（3）与资源利用上线相符性分析

本项目建成运行后通过内部管理、设备选择、原辅材料的选用和管理、废物回收利用、污染治理等多方面采取合理可行的清洁生产措施，以“节能、降耗、减污”为目标，有效地控制污染，较好地贯彻了清洁生产原则；项目地块规划为医疗卫生用地，符合当地土地规划要求，亦不会达到资源利用上线。

（4）与环境准入负面清单相符性分析

项目所在地暂无环境准入负面清单，对照《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正版），该项目属于国家鼓励类的全科医疗服务项目，符合国家产业政策。本项目不属于《市场准入负面清单草案（试点版）》中所列禁止准入类和限制准入类项目。

综上所述，本项目建设符合“三线一单”控制性要求。

2、医用直线加速器辐射环境影响分析

2.1 医用直线加速器技术参数

表 11-4 医用直线加速器的主要技术参数

机型	靶材料	辐射强度 (MeV)		输出剂量率 (cGy/min)		机架旋转	最大均整区 (cm ²)	最大出线角
		X 射线	电子束	X 射线	电子束			
待定	钨合金	≤10	≤22	≤600	≤1000	±180°	40×40	28°

2.2 医用直线加速器机房屏蔽设计分析

(1) 医用直线加速器机房屏蔽设计

医用直线加速器机房位于主体医疗区负一层西北角，采用密度为 2.35g/cm^3 混凝土浇筑。两加速器机房对称布置，共用一道迷道外墙，其厚为 1.7m，迷道内墙厚为 1.05m，迷道长 10m；东侧和西侧屏蔽墙厚为 1.7m；南、北侧主屏蔽墙厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.7m；顶棚主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.7m，拟安装的防护门铅当量均为 15mm。加速器机房北侧为水冷机房、控制室和准备大厅，东侧为风机房和走廊，南侧为地下车库，西侧为走廊，楼上为地面绿化。医用直线加速器机房设计结构及预测点位示意图详见图 11-1（预测点取墙体或者防护门外 0.3m 处，顶棚取距离地面高 1m 处）。

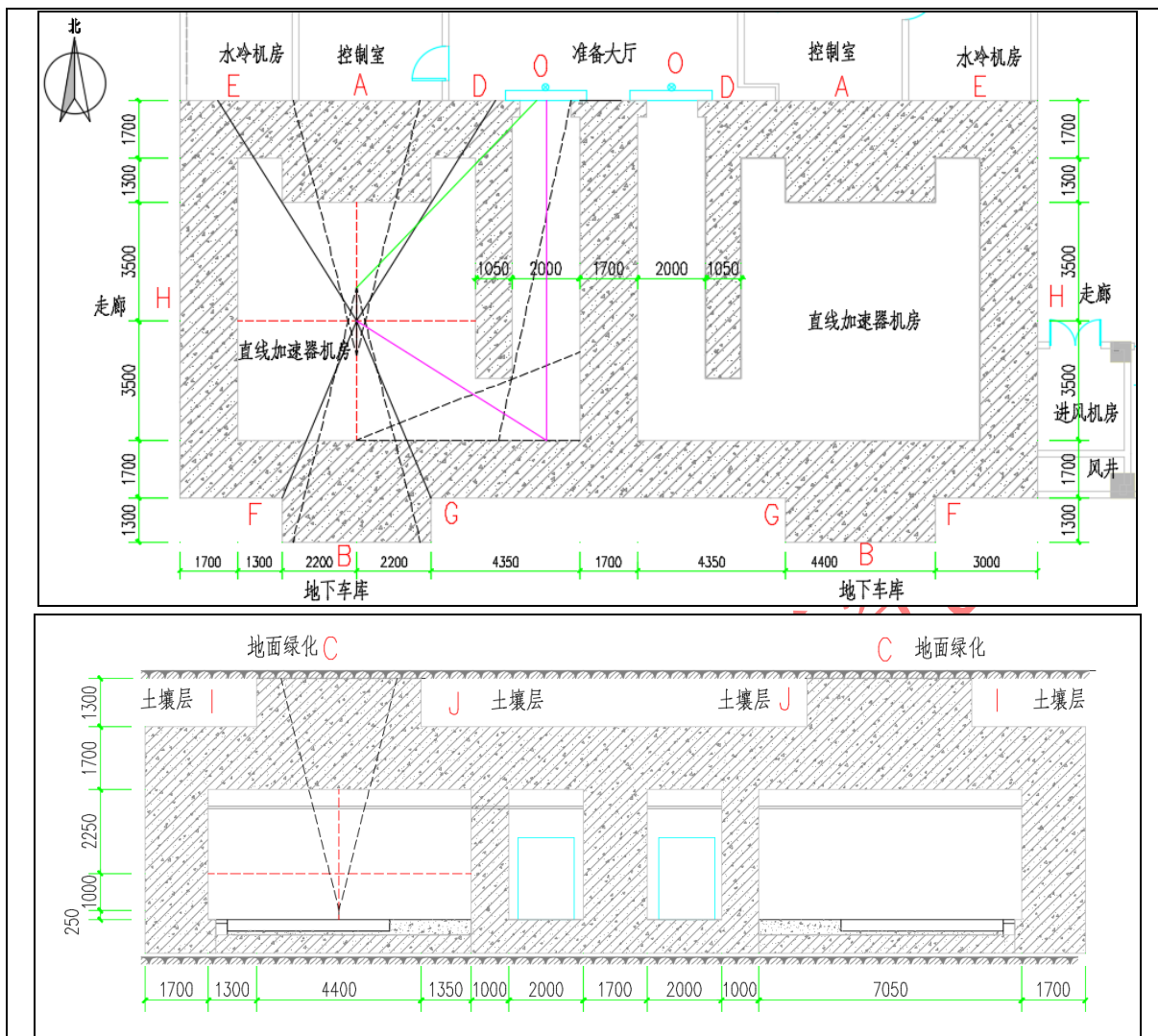


图 11-1 加速器机房屏蔽及预测点位设置示意图

(2) 主屏蔽墙宽度符合性分析

根据医院提供的建设方案，北侧、南侧和顶棚主屏蔽宽度均为 4.0m。根据《放射治疗机房的屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.2-2007）公式对主屏蔽墙宽度进行计算，公式如下：

$$Y_p = 2[(r+SAD) \cdot \tan(\theta/2) + 0.3]$$

式中： Y_p —主屏蔽墙宽度最小要求长度，m；

r —主屏蔽墙计算点与等中心点之间的距离，m；

SAD —源轴距，m；

$\theta/2$ —射线最大出线角的一半；

0.3—屏蔽体半边宽余量，m。

直线加速器机房主屏蔽设计宽度计算结果见表 11-5。

表 11-5 直线加速器机房屏蔽墙宽度计算一览表

各屏蔽墙	r (mm)	SAD(mm)	(θ°)	Yp (mm)	主屏蔽墙设计长度 (mm)	是否 符合
北侧主屏蔽墙	**	**	**	**	**	符合
南侧主屏蔽墙	**	**	**	**	**	符合
顶棚主屏蔽墙	**	**	**	**	**	符合

(3) 机房面积符合性分析

该项目加速器机房的有效使用面积约为 49m²，能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 中“6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m²”的规定要求。

2.3 医用直线加速器机房屏蔽效果分析

此评价报告对医用直线加速器机房屏蔽效果的评述，依据 NCRP REPORT No.151 《Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities》中推荐的计算模式及相关参数。

本项目电子线的穿透能力弱于 X 射线，满足屏蔽 X 射线防护要求的同时即能满足屏蔽电子线的防护要求。

(1) 主屏蔽墙 (A、B、C 点)

利用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算：

$$H_{pri} = \frac{B_{pri} WUT}{d_{pri}^2} \quad (1)$$

$$B_{pri} = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}}$$

式中： H_{pri} —距离加速器靶 d_{pri} 米处，屏蔽条件下的当量剂量率 (Sv/a 或者 Sv/week)；

B_{pri} —主屏蔽墙对应的透射因子； $t_{barrier}$ —主屏蔽墙的厚度，m；

TVL_1 —第一个十分之一值层厚度，m，取值参考 Table B.2；

TVL_e —平衡时的十分之一值层厚度，m，取值参考 Table B.2；

W —工作负荷，Gy/a 或者 Gy/week；

NCRP 建议：对于低能 ($\leq 10\text{MeV}$) 加速器 W 可取 1000Gy/week。医院根据现有门诊量和未来发展规划进行了预测：每台医用直线加速器每天诊疗 60 人次，平均每人次使用剂量 4Gy，年运行

250天，即年使用剂量为60000Gy（保守按10MeV进行预测）。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.1-2011），综合调强因子取5。

U —使用因子，即初级辐射束（有用束）向某有用束屏蔽方向照射的时间占总照射时间的份额；

T —居留因子，①全居留（ $T=1$ ）：管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区等；②部分居留（1/4：1/2~1/5）：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室、走廊、雇员休息室、职员休息室等；③偶然居留（1/16：1/8~1/40）：各治疗室房门、公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室以及病人滞留区域、屋顶、门岗室等。

主屏蔽墙计算参数及结果见表 11-6 及表 11-7。

表 11-6 主屏蔽墙年剂量计算参数及结果

参考点	W Gy/a	U	T	d_{pri} m	B_{pri}	TVL_1 m	TVL_e m	$t_{barrier}$ m	H_{pri} mSv/a
A	**	**	**	**	**	**	**	**	**
B	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C	**	**	**	**	**	**	**	**	**

表 11-7 主屏蔽墙瞬时剂量计算参数及结果

参考点	W Gy/h	U	T	d_{pri} m	B_{pri}	TVL_1 m	TVL_e m	$t_{barrier}$ m	H_{pri} μ Sv/h
A	**	**	**	**	**	**	**	**	**
B	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C	**	**	**	**	**	**	**	**	**

(2) 次屏蔽墙 (D、E、F、G、H 点)

初级辐射束不直接到达该屏蔽墙，屏蔽计算只考虑加速器装置头的泄漏辐射和来自患者体表的散射辐射。

1) 患者体表的散射辐射

利用下列公式对患者体表的散射辐射进行屏蔽计算：

$$H_{ps} = \frac{B_{ps} \alpha W T F / 400}{d_{sca}^2 d_{sec}^2} \quad (2)$$

$$B_{ps} = 10^{-\frac{t_{barrier}}{TVL_{sca}}}$$

式中： H_{ps} —距离患者 d_{sec} 米处，屏蔽条件下的当量剂量率 (Sv/a 或者 $Sv/week$)；

B_{ps} —次屏蔽墙对应的透射因子； d_{sca} —加速器靶至患者的距离，取1m；

α —患者体表对初级辐射束的散射比，由入射的X射线能量及散射的角度决定，取值参考Table B.4 (D、E、F、G点取30°，H取90°)；

F —患者等中心1m处照射野面积， cm^2 ； $t_{barrier}$ —次屏蔽墙的厚度，m；

TVL_{sca} —十分之一值层厚度，m，取值参考 Table B.5a；其他参数同上。

次屏蔽墙 (区) 散射辐射计算参数及结果见表 11-7 及表 11-8。

表 11-7 次屏蔽墙（区）散射辐射年剂量计算参数及结果

参考点	W Gy/a	T	d_{sca} m	d_{sec} m	α	$t_{barrier}$ m	TVL_{sca} m	B_{ps}	F cm ²	H_{ps} mSv/a
D	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
E		**	**	**	**	**	**	**		**
F		**	**	**	**	**	**	**		**
G		**	**	**	**	**	**	**		**
H		**	**	**	**	**	**	**		**
I		**	**	**	**	**	**	**		**
J		**	**	**	**	**	**	**		**

注： G、J点考虑两机房共同影响，实际剂量保守取预测值的2倍

表 11-8 次屏蔽墙（区）散射辐射瞬时剂量计算参数及结果

参考点	W Gy/h	T	d_{sca} m	d_{sec} m	α	$t_{barrier}$ m	TVL_{sca} m	B_{ps}	F cm ²	H_{ps} μ Sv/h
D	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
E		**	**	**	**	**	**	**		**
F		**	**	**	**	**	**	**		**
G		**	**	**	**	**	**	**		**
H		**	**	**	**	**	**	**		**
I		**	**	**	**	**	**	**		**
J		**	**	**	**	**	**	**		**

注： G、J点考虑两机房共同影响，实际剂量保守取预测值的2倍

2) 泄露辐射

泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的 0.1% 计, 可利用下列公式对泄露辐射进行屏蔽计算:

$$H_L = \frac{B_L W T}{1000 d_L^2} \quad (3)$$

$$B_L = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{\text{barrier}} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}}$$

式中: H_L —距离加速器等中心点 d_L 米处, 屏蔽条件下的当量剂量率 (Sv/a 或者 $Sv/week$); B_L —次屏蔽墙的厚度对应的透射因子;

TVL_1 —第一个十分之一值层厚度, m, 取值参考 Table B.7;

TVL_e —平衡时的十分之一值层厚度, m, 取值参考 Table B.7;

其他参数同上。

次屏蔽墙 (区) 漏射辐射计算参数及结果见表 11-8 及表 11-9。

表 11-8 次屏蔽墙 (区) 漏射辐射年剂量计算参数及结果

参考点	W Gy/a	T	d_L m	t_{barrier} m	TVL_1 m	TVL_e m	B_L	H_L mSv/a
D	**	**	**	**	**	**	**	**
E		**	**	**	**	**	**	**
F		**	**	**	**	**	**	**
G		**	**	**	**	**	**	**
H		**	**	**	**	**	**	**
I		**	**	**	**	**	**	**
J		**	**	**	**	**	**	**

注: 上表预测结果中已考虑调强影响, 综合调强因子取 5; 漏射源折合至等中心点处; D、G、J 点考虑两机房共同影响, 实际剂量保守取预测值的 2 倍。

表 11-9 次屏蔽墙（区）漏射辐射瞬时剂量计算参数及结果

参考点	W Gy/h	T	d_L m	$t_{barrier}$ m	TVL_1 m	TVL_e m	B_L	H_L $\mu Sv/h$
D	**	**	**	**	**	**	**	**
E		**	**	**	**	**	**	**
F		**	**	**	**	**	**	**
G		**	**	**	**	**	**	**
H		**	**	**	**	**	**	**
I		**	**	**	**	**	**	**
J		**	**	**	**	**	**	**

注：漏射源折合至等中心点处；D、G、J 点考虑两机房共同影响，实际剂量保守取预测值的 2 倍。

（3）迷道入口处（O 点）

对于低能（ $\leq 10\text{MeV}$ ）加速器仅需考虑 X 射线，所以该项目医用直线加速器机房仅需考虑 X 射线。X 射线 H_{Tot} 包括：①主束通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_S ；②装置头泄漏辐射通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_{LS} ；③主束通过患者体表散射产生的当量剂量率 H_{PS} ；④穿过迷道内墙的机头泄漏辐射当量剂量率 H_{LT} 。各部分的当量剂量率计算如下：

①主束通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_S

$$H_S = \frac{WU_G\alpha_0A_0\alpha_zA_z}{(d_hd_rd_z)^2} \quad (4)$$

式中： U_G —屏蔽墙的使用因子，取 0.25；

α_0 、 α_z —主束、一次散射线再次散射时的反射系数，取值参考 Table B.8a；

A_0 、 A_z —主束、一次散射线再次散射时的散射面积， m^2 ；

d_h 、 d_r 、 d_z —分别为主束、一次散射线、二次散射线所经过直线距离，m。

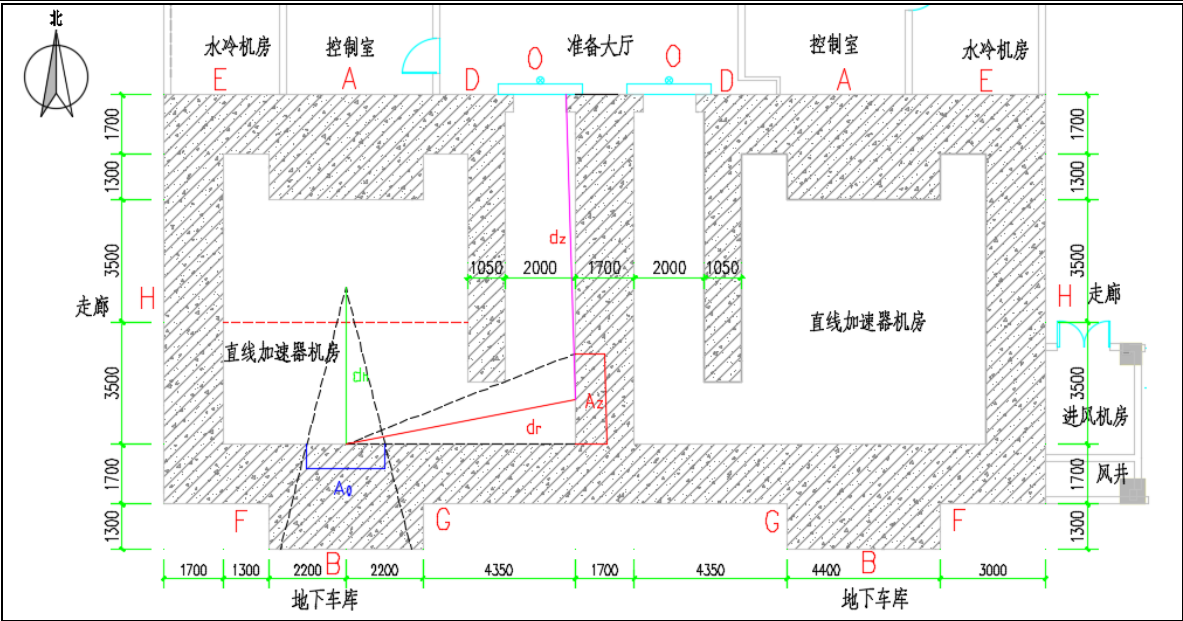


图 11-2 主束通过屏蔽墙散射到迷道入口处预测点位示意图

表 11-10 H_s 年剂量计算主要参数数值及计算结果

W Gy/a	U_G	α_0	A_0 m^2	α_z	A_z m^2	d_h m	d_r m	d_z m	H_s mSv/a
**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

表 11-11 H_s 瞬时剂量计算主要参数数值及计算结果

W Gy/h	U_G	α_0	A_0 m^2	α_z	A_z m^2	d_h m	d_r m	d_z m	H_s $\mu Sv/h$
**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

②装置头泄露辐射通过屏蔽墙散射到迷道入口处的当量剂量率 H_{LS}

$$H_{LS} = \frac{L_f W U_G \alpha_1 A_1}{(d_{sec} d_{zz})^2} \quad (5)$$

式中： L_f —距靶 1m 处装置头泄露辐射率，取 0.1%；

α_1 —屏蔽墙对装置头漏射辐射的反射系数，取值参考 TableB.8b；

A_1 —漏射射线的散射面积， m^2 ；

d_{sec} 、 d_{zz} —分别为漏射线、一次散射射线所经过直线距离，m。

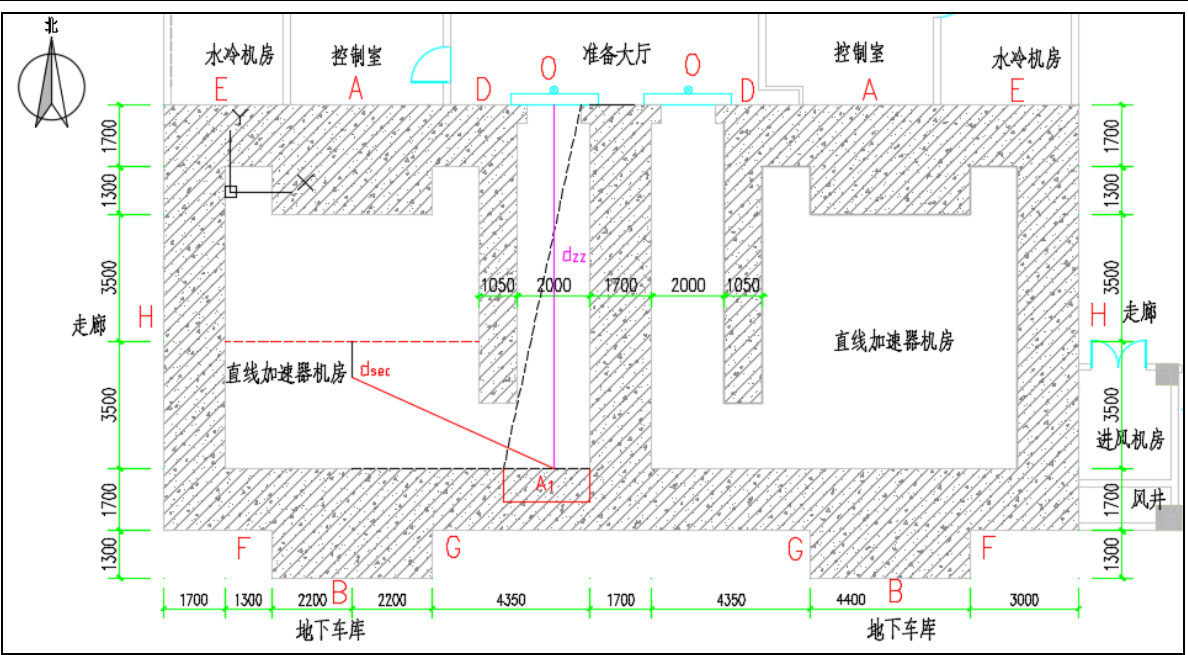


图 11-3 装置头泄露辐射通过墙散射示意图

表 11-12 H_{LS} 年剂量计算主要参数数值及计算结果

W Gy/a	U_G	α_1	A_1 m^2	L_f	d_{sec} m	d_{zz} m	H_{LS} mSv/a
**	**	**	**	**	**	**	**

注：上表预测结果中已考虑调强影响，综合调强因子取 5。

表 11-13 H_{LS} 年剂量计算主要参数数值及计算结果

W Gy/h	U_G	α_1	A_1 m^2	L_f	d_{sec} m	d_{zz} m	H_{LS} $\mu Sv/a$
**	**	**	**	**	**	**	**

③主束通过患者体表散射产生的当量剂量率 H_{PS}

$$H_{PS} = \frac{\alpha(\theta) W U_G (F/400) \alpha_1 A_1}{(d_{sca} d_{sec} d_{zz})^2} \quad (6)$$

式中： $\alpha(\theta)$ —患者散射的初级辐射以一定角度入射到屏蔽墙的散射比，取值参考 TableB.4； α_1 —屏蔽墙对患者散射辐射的反射系数，取值参考 TableB.8b；

d_{sec} 、 d_{zz} —分别为一次、二次散射射线所经过直线距离，m。

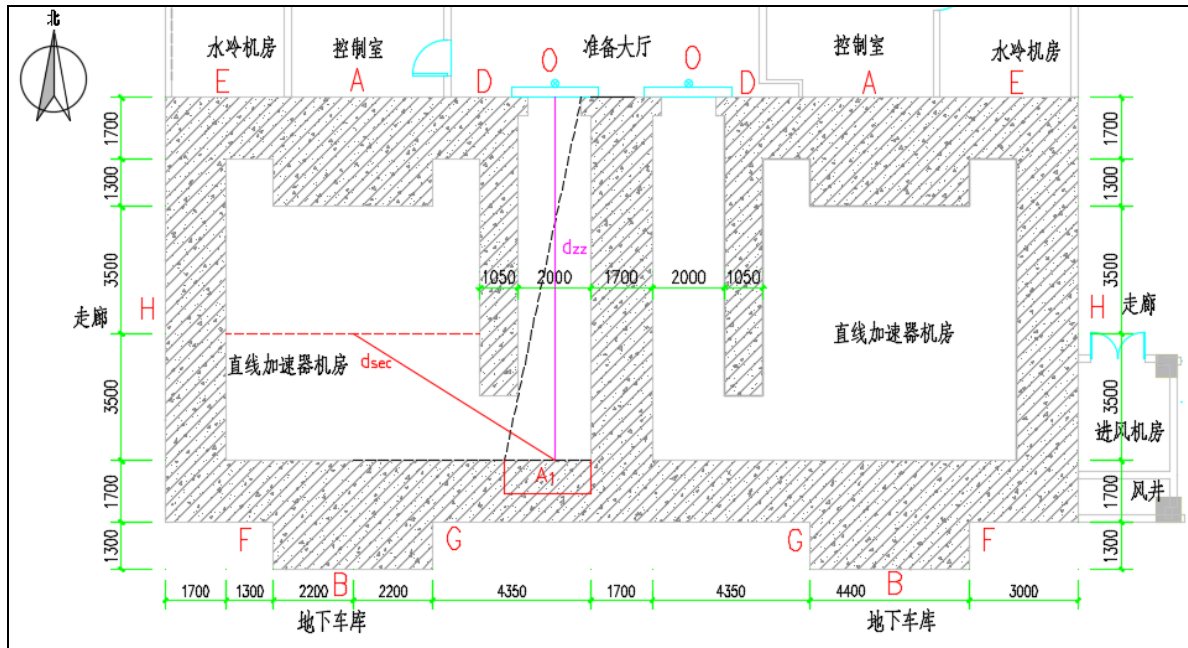


图 11-4 主束通过患者体表散射示意图

表 11-14 H_{PS} 年剂量计算主要参数数值及计算结果

W Gy/a	U_G	$\alpha(\theta)$	F cm ²	α_1	A_1 m ²	d_{sec} m	d_{zz} m	H_{PS} mSv/a
**	**	**	**	**	**	**	**	**

表 11-15 H_{PS} 瞬时剂量数数值及计算结果

W Gy/h	U_G	$\alpha(\theta)$	F cm ²	α_1	A_1 m ²	d_{sec} m	d_{zz} m	H_{PS} $\mu\text{Sv/h}$
**	**	**	**	**	**	**	**	**

④穿过迷道内墙的泄露辐射当量剂量率 H_{LT}

$$H_{LT} = \frac{L_f W U_G B_L}{d_L^2} \quad (7)$$

$$B_L = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{\text{barrier}} - TVL_1}{TVL_e}\right]\right\}}$$

式中： B_L —迷道内墙对装置头泄露辐射的透射因子；

d_L —漏射线经迷道内墙至迷道入口处的距离，m。

表 11-16 H_{LT} 年剂量计算主要参数数值及计算结果

W Gy/a	U_G	L_f	B_L	d_L m	$t_{barrier}$ m	TVL_1 m	TVL_e m	H_{LT} mSv/a
**	**	**	**	**	**	**	**	**

注：上表预测结果中已考虑调强影响，综合调强因子取 5。

表 11-17 H_{LT} 瞬时剂量数数值及计算结果

W Gy/h	U_G	L_f	B_L	d_L m	$t_{barrier}$ m	TVL_1 m	TVL_e m	H_{LT} $\mu\text{Sv/h}$
**	**	**	**	**	**	**	**	**

⑤迷道防护门外辐射当量剂量率 $H_{Tot-shield}$

$$H_{Tot-shield} = H_{Tot} \times 10^{-\frac{t_{barrier}}{TVL_{Pb}}} \quad (8)$$

$$H_{Tot} = 2.64(fH_S + H_{LS} + H_{PS} + H_{LT})$$

式中： f 取值参考 NCRP REPORT No.151。对 6MeV 的加速器， f 取 0.23。对 10MeV 的加速器， f 取 0.28。

$t_{barrier}$ —防护门的铅当量，mm，根据院方提供资料：医用直线加速器机房防护门的铅当量厚度为 15mm；

TVL_{Pb} —取 5mm，The TVL for scattered and leakage photons (H_{Tot}) varies between 3 and 6 mm of lead depending on the maze length (McGinley, 2002)。

迷道防护门外的辐射当量剂量率计算参数及结果见表 11-13。

表 11-18 迷道防护门外的年剂量率计算参数及结果

计算参数 (mSv/a)				计算结果 (mSv/a)	
fH_S	H_{LS}	H_{PS}	H_{LT}	H_{Tot}	$H_{Tot-shield}$
**	**	**	**	**	**

注：O 点考虑受两机房共同影响，实际剂量保守取预测值的 2 倍。

表 11-19 迷道防护门外的瞬时剂量率计算参数及结果

计算参数 ($\mu\text{Sv/h}$)				计算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	
fH_S	H_{LS}	H_{PS}	H_{LT}	H_{Tot}	$H_{Tot-shield}$
**	**	**	**	**	**

注：O 点考虑受两机房共同影响，实际剂量保守取预测值的 2 倍。

(4) 屏蔽墙外年剂量统计

屏蔽墙外各预测点的年剂量详见表 11-20。

表 11-20 屏蔽墙外各预测点的当量剂量

预测点	预测剂量值 (mSv/a)	剂量管理限值 (mSv/a)
A	**	5
B	**	0.25
C	**	0.25
D	**	0.25
E	**	5
F	**	0.25
G	**	0.25
H	**	0.25
I	**	0.25
J	**	0.25
O	**	0.25

根据预测结果可知：在医院预计的工作负荷且正常工作状态下，医用直线加速器对职业人员的年有效剂量在**~**mSv/a 之间，对公众人员的年有效剂量在**~**mSv/a 之间，均低于项目管理目标（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv），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。

其中：因机房屏蔽措施已满足要求，本次预测未考虑土壤的屏蔽效果。即在本项目投运后，其辐射强度应小于本次预测结果。

(5) 屏蔽墙外瞬时剂量统计

屏蔽墙外各预测点的年剂量详见表 11-21。

表 11-21 屏蔽墙外各预测点的当量剂量

预测点	预测剂量值 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量管理限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	**	2.5
B	**	2.5
C	**	2.5
D	**	2.5
E	**	2.5
F	**	2.5
G	**	2.5
H	**	2.5
I	**	2.5
J	**	2.5
O	**	2.5

由上表可知：加速器机房周边各关注点，瞬时剂量均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率，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。

2.4 医用直线加速器机房安全联锁系统

该项目医用直线加速器机房在下述地方均设置紧急按钮开关：

- | | |
|----------------|---------|
| 控制室内的操作盒上； | 治疗床前侧； |
| 固定机座两侧； | 机房内墙壁上； |
| 设备室内的高压脉冲调制器门上 | |

当遇到任何紧急情况需要立即停止辐照，只要按动以上开关中的任何一个，除控制库和真空电源外的大部分高、低压供电同时被切断，照射立即结束。所有应急按钮开关均设有自锁机构，按下后不会自动恢复，必须释放紧急按钮开关后才能恢复供电进入正常工作状态。

防护门和医用直线加速器实现门机联锁控制。防护门装有常开式开关，用于确保加速器运行时防护门始终处于关闭状态。防护门处于开启状态，加速器无法启动；加

速器运行时，防护门意外打开，设备自动停机。

所有紧急按钮开关和防护门均设双路供电系统，在停电状态下由医院应急电源供电，以确保在停电状态下能正常开启防护门。

综上所述，该项目医用直线加速器机房屏蔽墙效果良好，配置了完善的安全联锁装置，对周围环境影响较小。

3、DSA 辐射环境影响分析

3.1 机房屏蔽及符合性评价

医院在主体医疗区一层配置 3 台 DSA， DSA 机房四周墙体采用 37cm 实心黏土砖+2.5cm 硫酸钡（铅当量检测报告见附件十五）进行防护，顶棚及地面为 15cm 混凝土+1.5cm 硫酸钡。根据医院的防护计划，防护门和观察窗按照 3.5mm 铅当量进行建造。DSA 机房屏蔽措施见表 11-16。

由《医用 X 射线诊断放射防护要求》GBZ130-2013，附录 D，表 D.4-表 D.7 可知 37cm 实心黏土砖墙约为 3.2mm 铅当量，15cm 混凝土约为 2mm 铅当量；根据铅当量检定报告（铅当量检测报告见附件十五），1.5cm 硫酸钡为 1.8mm 铅当量，2.5cm 硫酸钡为 3mm 铅当量。

表 11-22 DSA 机房屏蔽措施达标分析

屏蔽结构	机房情况	标准要求	达标分析
墙体	37cm 实心黏土砖墙+ 2.5cm 硫酸钡，约 6.2mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
底板	15cm 混凝土+1.5cm 硫酸钡，约 3.8mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
顶板	15cm 混凝土+1.5cm 硫酸钡，约 3.8mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
防护门	3.5mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
观察窗	3.5mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标

从机房符合性分析可知，淮北市人民医院 DSA 机房采取的屏蔽措施能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求。医院拟在防护门外张贴电离辐射警告标志、设置醒目的工作状态指示灯和警示语，防护门设有闭门装置，且工作状态指示灯与防护门能有效联动，机房设置的空调系统带有通风换风功能。在投入使用之前，医院还应在控制室适当位置张贴岗位职责和操作规程，放射防护注意事项。

3.2 机房外辐射环境影响分析

DSA 机房外辐射环境影响采用类比分析的方式进行评价,选取已获江西省环境保护厅批复的《景德镇市第三人民医院数字减影血管造影仪(DSA)医用 X 射线装置应用项目环境影响报告表》中的 Optima CL323i 型 DSA 现场监测数据进行分析评价。类比条件见表 11-23。

表 11-23 类比条件对照一览表

	类比对象	评价项目
设备参数	125kV、1000mA	125kV、1000mA
屏蔽墙体	24cm 实心黏土砖墙+1mmPb 钡水泥,相当于 3mm 铅当量	37cm 实心黏土砖墙+ 2.5cm 硫酸钡, 约 6.2mm 铅当量
底板	20cm 现浇混凝土+1mmPb 钡水泥,相当于 3.5mm 铅当量	15cm 混凝土+1.5cm 硫酸钡, 约 3.8mm 铅当量
顶板	20cm 现浇混凝土+1mmPb 钡水泥,相当于 3.5mm 铅当量	15cm 混凝土+1.5cm 硫酸钡, 约 3.8mm 铅当量
防护门	2mm 铅板	3.5mm 铅当量
观察窗	2mm 铅当量	3.5mm 铅当量
机房面积	37.5m ²	71.8m ²

从类比条件对照分析可知:本项目 DSA 的额定管电压、管电流与类比 DSA 一致,该项目 DSA 机房屏蔽措施总体优于类比对象,类比条件充分。类比监测结果见表 11-24。

表 11-24 类比监测结果

点位 编号	监测点位描述		X-γ 剂量率（μSv/h）			
			开机状态		关机状态	
			范围值	均值	范围值	均值
△ 18#	DSA （监测条 件： 64kV， 486mA） 机头向上	观察窗	0.07~0.09	0.08	0.05~0.07	0.06
△ 19#		操作室操作位	0.07~0.10*	0.08	0.05~0.07	0.06
△ 20#		介入操作位 （曝光状态，铅衣和铅屏屏蔽）	0.62~1.13*	0.84	0.06~0.09	0.07
△ 21#		操作室防护门	0.06~0.10	0.08	0.05~0.07	0.06
△ 22#		病人进防护门（机房北面）	0.07~0.08	0.07	0.05~0.06	0.06
△ 23#		病人出防护门（机房南面）	0.09~0.13*	0.11	0.08~0.10	0.09
△ 24#		过道（机房北面）	0.06~0.07	0.06	0.05~0.07	0.06
△ 25#		机房楼上	0.06~0.08	0.07	0.06~0.08	0.07
△ 26#		机房楼下	0.05~0.06	0.06	0.05~0.06	0.06

由开机监测结果可知, 景德镇市第三人民医院在用 DSA 机房在正常工作状态下, DSA 机房周围辐射剂量率在 0.06~0.11μSv 范围内, 能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 的要求。

根据类比监测结果可预测该项目 DSA 投运后, 机房外辐射剂量率可满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 的要求, 控制室的辐射工作人员和机房外的公众成员所受附加年剂量不会超过项目剂量管理限值 (辐射工作人员不超过 5mSv, 公众不超过 0.25mSv) 的要求, 能够满足《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。

为确定医院 DSA 机房防护的有效性及其项目运行过程中对机房外人员产生的附加辐射剂量及其辐射环境影响, 对其进行附加辐射剂量估算评价。

年有效剂量当量计算公式如下:

$$H=Dr \times T$$

式中: H ——年有效剂量当量 (Sv);

Dr —— γ 空气吸收剂量率 (Sv/h);

T ——年受照时间 (h);

医院根据现有门诊情况及今后发展规划情况进行预测: 本项目 DSA 投入使用后每年最多进行 600 台手术, 平均每台手术曝光时间 20 分钟, 据此估算出机房外人员的年有效剂量见表 11-25。

表 11-25 医院个人剂量估算结果

对象	最大 X-γ 辐射 剂量率	X-γ 辐射剂量率 本底	附加辐射 剂量率	年曝光（工作） 时间(h)	附加年有 效剂量 (mSv/a)
	μSv/h				
机房外人员	**	**	**	**	**

根据表 11-24、11-25 表明，本项目 DSA 投运后，机房外人员所受附加年剂量不会超过项目剂量管理限值（辐射工作人员不超过 5mSv，公众不超过 0.25mSv）的要求，能够满足《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。

3.3 机房内辐射环境影响分析

在 DSA 透视下近台为病人做介入手术的医生，因暴露在辐射场内会受到较大剂量照射。按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下式预测：

$$H_{E.r} = D_r \times t \times 0.7$$

其中： H_{Er} ：X 射线外照射人均年有效剂量当量, Sv；

D_r ：X 射线空气吸收剂量率，Gy/h，按照 GBZ130-2013 的规定，介入手术透视区工作人员位置空气比释动能率最大限值为 400μGy/h，以此值对介入手术医生所受年有效剂量进行保守估算；

t：X 射线照射时间，h，据医院预测每位介入医生最多每年 300 台手术，平均每台手术曝光时间 20 分钟；

0.7：剂量换算系数，Sv/Gy。

该项目介入手术医生在做手术时拟使用防护厚度不小于 0.35mmPb 的个人防护用品，总衰减倍数至少可达 5 倍，则医生所受年有效剂量约为 5.6mSv，能满足项目剂量管理限值 10mSv 的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求。

4、核医学科辐射环境影响分析

4.1 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日最大等效操作量计算方法,可以计算得出放射性核素的日等效最大操作量。

表 11-26 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	极毒	高毒	中毒	低毒
毒性组别修正因子	10	1	0.1	0.01

表 11-27 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体,溶液和 悬浮液	表面有污染 的固体	气体,蒸汽,粉末,压力 很高的液体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}}$$

表 11-28 非密封放射性核素使用情况

核素名称	物理、化学性状	实际操作量	操作方式	贮存方式与地点
^{131}I	液态 碘化钠	甲亢每人每次用量 15mCi, 年治疗 90 人次, 每周开展一次, 一天最多治疗 3 人次	电脑分装 稀释、口服 (简单)	病人付费后订购, 药到即用, 最长暂存 15 小时, 临时贮存在核医学科的储源室
^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态 高锝酸钠	每人每次用量 25mCi, 年诊断 3000 人次, 每周开展五次, 一天最多 20 人次	淋洗、分装、 注射 (很简单)	贮存在核医学科的储源室
^{18}F	液态 ^{18}F -FDG	每人每次用量 10mCi, 年诊断 2000 人次, 每周开展五次, 一天最多 10 人次	注射 (很简单)	病人付费后订购, 药到即用, 短时间存放在通风柜内

表 11-29 非密封放射性核素日等效操作量核算

核素名称	日最大操作量 (Bq)	毒性组别	毒性组别修正因子	操作方式	操作状态	操作方式及状态修正因子	日最大等效操作量 (Bq)
^{131}I	1.67×10^9	中毒	0.1	简单	液态	1	1.67×10^8
^{99}Mo	1.85×10^{10}	中毒	0.1	贮存	液态	100	1.85×10^7
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85×10^{10}	低毒	0.01	很简单	液态	10	1.85×10^7
^{18}F	3.7×10^9	低毒	0.01	很简单	液态	10	3.7×10^6
合计							2.1×10^8

注：医院同时购买的最大量为一个初始活度 500mCi 和一个初始活度 300mCi 的钼锝发生器， ^{99}Mo 保守以液态贮存确定修正因子；日实际操作量以可能发生的最大情况取值。

所有非密封放射性同位素操作集中在核医学科，可视为同一工作场所，日最大等效操作量为 $2.1 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封源工作场所。

4.2 辐射防护措施

(1) 屏蔽措施

核医学科房间防护设计方案见表 11-30。

表 11-30 核医学科各房间防护设计

房间		防护方案
分药室、注射室、给药室	四周墙体	240mm 实心砖+10cm 重晶石
	屋顶	150mm 混凝土+10cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+10cm 重晶石
储源室、废物室	四周墙体	东、北、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，西侧采用 370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石
	屋顶	150mm 混凝土+10cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+10cm 重晶石
服药室	四周墙体	东、北侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，西、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石
	屋顶	150mm 混凝土+10cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+10cm 重晶石
PET-CT 休息室、PET-CTVIP 休息室	四周墙体	北、东、西侧采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，南侧采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+3cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+2cm 重晶石
运动负荷室	四周墙体	北、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，东、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+3cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+2cm 重晶石
PET-CT 机房	四周墙体	370mm 厚的实心黏土砖+5cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+10cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+10cm 重晶石
SPECT-CT 机房	四周墙体	370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+5cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+5cm 重晶石
PET-CT 机房	四周墙体	370 mm 实心砖+5cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+10cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+10cm 重晶石
抢救室	四周墙体	北、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，东、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石
	屋顶	120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土
甲状腺功能测定室	四周墙体	北、东、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+2cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土

污洗间	四周墙体	240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+3cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土+2cm 重晶石
卫生通过间	四周墙体	240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石
	屋顶	120mm 混凝土+10cm 重晶石
	地板	180mm 混凝土

该项目核医学科无跨楼层放射性废水管道，均铺设在地下，且放射性废水在管道停留时间不长，放射性废水的辐射影响很小。

(2) 清污

放射性核素操作过程中如果出现药品泼洒在地板或操作台或其他物体表面，立即进行标记，并用吸水纸吸取、棉纱擦拭、清洗等处理清洁方式处理。吸水纸及棉纱布等一次性清洁用品作为固体废物处理。

(3) 放射性废气

该项目使用的 ^{18}F -FDG 是由供货商提供配送， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由钼锝发生器经淋洗后得到，放射性药物在分装室内经进一步的分装和活度测试后注射，在淋洗、分装和测试过程中会产生少量放射性废气。因此该项目在分装室设置一个防护为 50mmPb 的两联通风柜，淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜设有排风系统，就近接入通风独立通风井，至楼顶排放，加装活性炭过滤装置，能够有效减少放射性废气的影响。

(4) 放射性废水

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009) 5.1.1 款规定，使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗漏措施。

由工程分析可知，医院的放射性废水中含有 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 三种核素。放射性废水主要包括工作人员操作过程中产生少量含放射性核素的废水、核医学科病人排泄物、清洁用水等。PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池中，由于 ^{18}F 的半衰期远大于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。因此， ^{18}F 作为放射性废水所含主要放射性核素，以 ^{18}F 分析 PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池设计容积的符合性。

为限制排放总量，医院拟在核医学科西侧地面设置了地埋式衰变池，衰变池由 PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池及甲亢治疗区域衰变池组成，PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池由 2 个容积相同的小池并联组成，总容积约为 6.5m^3 ，甲亢治疗区域衰变池池

由 2 个容积相同的小池并联组成，总容积约为 24.8m^3 ，放射性废水经衰变池储存衰变，依托医院污水处理站处理后接入城市污水管网。

核医学科放射性废水产生量，依据《建筑给排水设计规范》（GB50015-2010）中有关医院的用水定额，以及该项目核医学科的具体设置情况确定。

^{18}F 及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 预计年诊断病人 5000 人次，每人产生废水量按 15L 计算，医务人员 4 名，年工作 250 天，每人每天产生放射性废水量按 60L 计算，则年产生放射性废水量约为 135m^3 （日均约 0.37m^3 ），放射性废水在衰变池停留衰变时间约为 $6.5/0.37 \approx 18$ 天。在医院预计的工作负荷且正常工作状态下，衰变池的设计容积能确保核医学科放射性废水在衰变池的储存衰变远超过主要核素 ^{18}F （半衰期为 109.8 分钟）10 个半衰期。

^{131}I 预计年治疗病人 90 人，每人产生废水量按 15L 计算，则年产生放射性废水量约为 1.35m^3 （日均约 3.7L），放射性废水在衰变池停留衰变时间约为 $24.8 \times 1000 / 3.7 \approx 6703$ 天。在医院预计的工作负荷且正常工作状态下，衰变池的设计容积能确保核医学科放射性废水在衰变池的储存衰变远超过主要核素 ^{131}I （半衰期为 8 天）10 个半衰期。

（5）放射性固体废物

由工程分析可知，放射性固体废弃物主要包括废 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、废 ^{68}Ge 校准源、放射性药品瓶、一次性注射器、服用器皿、试管、手套和纱布等物品，以及衰变池定期清捞的沉积物。

^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器一般使用一周后，因放射性活度下降已无实际医用价值，便连同原包装容器退还给供方，废 ^{68}Ge 校准源由供方回收，医院应加强放射性废物间的管理工作，防止发生 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、废 ^{68}Ge 校准源丢失事故。

病人采用食入方式进行检查或治疗时，服用药品的器皿一般均用饮用水荡洗三次，荡洗液均由病人服用。含放射性核素的废物分类放入废物袋专用污物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋暂存在放射性废物桶，贮存 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。用来收集放射性固体废弃物的专用污物桶须贴上电离辐射标志，并把受不同核素污染的固体废弃物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明废物类型、核素种类及最后一天的收集时间。

（6）放射性药物安全管理

储源室门钥匙由两人分别保管，实行双人双锁管理，并在储源室门口设置视频监

控，监控画面接至医院值班室，实现 24 小时实时监控。

4.3 SPECT 和 PET-CT 机房（CT 部分）屏蔽措施评价

根据淮北市人民医院采购计划，SPECT-CT 和 PET-CT 拟选用带 CT 功能的设备，管电压不超过 150kV。其机房屏蔽措施达标分析见表 11-12。

表 11-12 SPECT 和 PET-CT 机房（CT 部分）符合性分析

	屏蔽材料及厚度	标准要求	符合性
SPECT-CT 机房			
墙体	370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石	2.5mm 铅当量	符合
顶板	120mm 混凝土+5cm 重晶石	2.5mm 铅当量	符合
地板	180mm 混凝土+5cm 重晶石	2.5mm 铅当量	符合
防护门	5mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
观察窗	5mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
内空尺寸	8.36m×7.73m	最小有效使用面积 30m ² 最小单边长度 4.5m	符合
PET-CT 机房			
墙体	370mm 厚的实心黏土砖+5cm 重晶石	2.5mm 铅当量	符合
顶板	120mm 混凝土+10cm 重晶石	2.5mm 铅当量	符合
地板	180mm 混凝土+10cm 重晶石	2.5mm 铅当量	符合
防护门	10mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
观察窗	10mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
内空尺寸	8.36m×7.43m	最小有效使用面积 30m ² 最小单边长度 4.5m	符合

从机房达标分析可知，淮北市人民医院 SPECT-CT 和 PET-CT 机房拟采取的屏蔽措施、机房面积及最小单边长度均能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）的要求。在投入使用之前，医院还应在控制室适当位置张贴岗位职责和操作规程，防护门外应张贴电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯和警示语句；防护门应有闭门装置，且工作状态指示灯与防护门能有效联动。

4.4 核医学科屏蔽措施评价

¹³¹I 采用用自动分装方式，病人自行到自动分装室窗口取药，医生在控制室内进行控制，分装给药过程不接触 ¹³¹I，可不考虑对工作人员的剂量贡献。

核医学科屏蔽预测公式如下：

$$H = \frac{A\Gamma}{R^2} \cdot 10^{-\frac{d}{B}} \cdot t \quad \rightarrow \quad d = B \cdot \lg \left(\frac{A\Gamma}{R^2} \cdot \frac{t}{H} \right) \quad (9)$$

式中： H —所受附加受剂量，mSv； A —放射性核素活度，MBq； Γ —放射性核素剂量率常数，mSv·h⁻¹·MBq⁻¹； R —关注点与放射性核素的距离，m； d —屏蔽体要求达

到的厚度, mm; D —十值层厚度, mm; t —接触时间, h。

^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器淋洗分装、 ^{18}F -FDG 分装及活度测量每天约需 1h, 淋洗分装及活度测量由 2 位工作人员完成, 距离药物约 0.5m; 注射由 2 位护士完成, 距离药物约 0.3m, 每位病人完成注射约需 20s; 核医学科设两间 SPECT-CT 休息室、三间 PET-CT 候诊室, SPECT-CT 和 PET-CT 病人分别等候时间约 15min 和 45min, 再进入相应的扫描间分别扫描约 15min 和 30min; 甲亢病人服药不超过 1min, 服药后进入核素治疗室观察约 20min; 医生指导摆位时, 距离病人约 0.5m, 每位病人摆位时间一般不超过 30s。

核医学科各关注点的屏蔽符合性分析详见表 11-25 和表 11-26。

表 11-25 核医学科各关注点的屏蔽要求预测参数及结果

预测点位	A (MBq)	R (m)	Γ (mSv·h ⁻¹ ·MBq ⁻¹)	t (h)	管理限值 (mSv/a)	D (mm)	d (mm)	H (mm)	备注
注射、分装室	分装	**	**	**	**	**	**	**	**
	医生	**	**	**	**	**	**		**
	注射	**	**	**	**	**	**	**	**
	护士	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼上	**	**	**	**	**	**	**	**
		**	**	**	**	**	**		**
	楼下	**	**	**	**	**	**	**	**
		**	**	**	**	**	**		**
	墙外	**	**	**	**	**	**	**	**
		**	**	**	**	**	**		**
	防护门外	**	**	**	**	**	**	**	**
		**	**	**	**	**	**		**
给药、服药室	楼上	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼下	**	**	**	**	**	**	**	**
	墙外	**	**	**	**	**	**	**	**
	防护门外	**	**	**	**	**	**	**	**
SPECT-CT 休息室	楼上	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼下	**	**	**	**	**	**	**	**
	墙外	**	**	**	**	**	**	**	**
SPECT-CT 扫描间	摆位医生	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼上	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼下	**	**	**	**	**	**	**	**

	墙外	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	防护门外	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	观察窗外	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PET-CT 休息室	楼上	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼下	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	墙外	**	**	**	**	**	**	**	**	**
PET-CT 扫描间	摆位医生	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼上	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼下	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	墙外	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	防护门外	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	观察窗外	**	**	**	**	**	**	**	**	**
核素治 疗室	楼上	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	楼下	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	墙外	**	**	**	**	**	**	**	**	**

注：①放射性核素到墙外关注点的距离，以最近距离保守计算。

由《辐射防护导论》P88 可知，对于以康普顿散射使 X 或 γ 射线减弱的主要因素，对于混凝土、砖等常用建筑材料，可用下式进行厚度换算： $\rho_1 \times d_1 = \rho_2 \times d_2$ ， ρ 为材料密度，本项目实心黏土砖密度取 1.65g/cm^3 ，混凝土密度取 2.35g/cm^3 ，重晶石密度取 4.3g/cm^3 ， d 为材料厚度。代入参数得，240mm 实心黏土砖相当于 168.5mm 混凝土，370mm 实心黏土砖相当于 259.8mm 混凝土，2cm 重晶石相当于 36.6mm 混凝土，3cm 重晶石相当于 54.9mm 混凝土，5cm 重晶石相当于 91.5mm 混凝土，10cm 重晶石相当于 183mm 混凝土。

表 11-26 核医学科各关注点的屏蔽设计符合性分析

预测点位	屏蔽设计		屏蔽要求	符合性
注射、分装室	用于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的通风柜	50mmPb	27mmPb	符合
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射针筒	2mmPb	1.27mmPb	符合
	顶板	150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，约合 333mm 混凝土	4.25mm 混凝土	符合
	地板	180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，约合	4.25mm 混凝土	符合

		363mm 混凝土		
	墙体	240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石, 约合 351.5mm 混凝土	8.69mm 混凝土	符合
	防护门	分装室防护门 10mmPb, 注射室防护门 12mmPb	0.87mmPb	符合
给药室、服药室	顶板	150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石, 约合 333mm 混凝土	0	符合
	地板	180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石, 约合 363mm 混凝土	0	符合
	墙体	给药室四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石, 约合 351.5mm 混凝土; 服药室东、北侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石, 约合 223.4mm 混凝土, 西、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石, 约合 351.5mm 混凝土	0	符合
	防护门	防护门分别为 10 mmPb、8 mmPb、8 mmPb	0	符合
	铅屏风	3mmPb	2.48mmPb	
SPECT-CT 扫描间	顶板	120mm 厚的混凝土+5cm 重晶石, 约合 211.5mm 混凝土	178mm 混凝土	符合
	地板	180mm 厚的混凝土+5cm 重晶石, 约合 271.5mm 混凝土	178mm 混凝土	符合
	墙体	370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石, 约合 314.7mm 混凝土	212mm 混凝土	符合
	防护门	5mmPb	0.69 mmPb	符合
	防护窗	5mmPb	0.36 mmPb	符合
	顶板	120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石, 约合 303mm 混凝土	195 mm 混凝土	符合
PET-CT 休息室	地板	180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石, 约合 363mm 混凝土	195 mm 混凝土	符合
	墙体	240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石, 约合 351.5mm 混凝土	335 mm 混凝土	符合
	顶板	120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石, 约合 303mm 混凝土	164 mm 混凝土	符合
PET-CT 扫描间	地板	地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石, 约合 363mm 混凝土	164mm 混凝土	符合
	墙体	370mm 厚的实心黏土砖+5cm 重晶石, 约合 351.3mm 混凝土	198mm 混凝土	符合
	防护门	10mmPb	0	符合
	防护窗	10mmPb	0	符合
	顶板	120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石, 约合 196.6mm 混凝土	0	符合
	地板	180mm 厚的混凝土	0	符合

	墙体	北、东侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，约合 223.4mm 混凝土，西、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，约合 351.5mm 混凝土	0	符合
--	----	--	---	----

从核医学科屏蔽设计符合性分析可知，淮北市人民医院核医学科屏蔽设计能确保辐射工作人员附加年有效剂量不超过 5mSv、公众附加年有效剂量不超过 0.25mSv，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。

4.5 密封放射源 ^{68}Ge 辐射防护评价

PET-CT 校准使用的放射源 ^{68}Ge ，不校准时，源处于装置屏蔽条件下并放置于 PET-CT 机房内的校准源储藏柜中，校准时源接近探测器或模体，源的能量几乎被其吸收，当活度达不到校准要求时，由厂家更换后回收，其辐射环境影响较小。

5、产业政策符合性分析

为积极响应省委省政府加快皖北发展重大战略的要求，落实国家新医改政策，主动服务基层人民群众，满足人民群众对优质医疗资源迫切需求，淮北市人民医院拟配置 2 台医用直线加速器、3 台 DSA 以及核医学科（拟开展 ^{131}I 甲亢治疗、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断——配套使用 1 台 SPECT-CT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用 1 台 PET-CT 和 3 枚 ^{68}Ge 校准源）。

对照《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正版），该项目属于国家鼓励类的全科医疗服务、医疗卫生服务设施建设项目，符合国家产业政策。

6、实践正当性分析

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目符合所在地区医疗服务需要。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

7、选址合理性分析

淮北市人民医院新院位于淮北市矿业集团童亭煤矿东南 2km，其所在区域图详见附图 1。医院北临沱河路，东临宁山路，南临望湖路，西侧为空地，医院周边关系详见附图 2（院区平面布置及周边关系图）。

该项目涉及的加速器位于主体医疗区负一层西北角，北侧为水冷机房、控制室和

准备大厅，东侧为风机房和走廊，南侧为地下车库，西侧为走廊，楼上为地面绿化，无负二层。

该项目涉及的 DSA 位于主体医疗区一层西南角，北侧为污洗间和库房，东侧为洁净走廊，南侧为控制间和设备间，西侧为污物通道，楼上为脑电图室和心电图室，楼下为生活水处理机房。

该项目涉及的核医学科位于主体医疗区一层西北角，北侧为地面绿化，东侧为走廊，南侧地面绿化，西侧为走廊，楼上为实验室，楼下为地下车库。

该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2 和附图 3~5（项目所在楼层及上下楼层平面布置图）。项目周边 50m 范围内全处于院区地块范围，加速器排风机、送风机风机口周边 200m 范围无其他环境敏感目标，与最近生态红线（双顶山）的距离超过 3 公里，不在安徽省生态红线范围内。

从该项目所涉及医用直线加速器、核医学科、DSA、位置看，所处区域相对孤立，避开了人员往来密集区，周围区域敏感度不高。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，均加强了防护，从剂量预测结果可知，该项目周围公众年所受附加剂量满足项目管理限值 0.25mSv 的要求。

核医学科控制区和监督区划分清晰，患者与医务人员通道分开设置，患者与医务人员能做到完全分离，核医学科布局基本合理。

8、代价利益分析

淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目符合所在地区医疗服务需要，有利于提高疾病的诊断正确率和有效治疗方案的提出，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，各机房均加强了防护，从剂量预测结果可知，该项目周围公众年所受附加剂量能满足项目管理限值 0.25mSv 的要求。

因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

事故影响分析：

由工程分析可知：该项目可能产生的事故情况多样，但最值得关注是核医学科操作人员由于操作不慎打翻放射性药物，甲亢病人因药物过敏引起的呕吐反应，从而导致操作台面、地面或仪器设备受到放射性沾污，并伴随着产生较多的放射性废水和废

物，以及后装机治疗过程中发生放射源不能回到贮存位事故影响。

1、核医学科事故分析

当出现药物打翻的情况时，操作人员会立即进行标记，并用吸水纸吸取、棉纱擦拭、清洗等处理清洁方式处理，通过采取上述方式处理后放射性核素绝大部分进入固体废物，约 90%，剩余仅约 10%则在最终清洗过程中进入废水。为避免污染面扩大和大量放射性废水和固体废物的产生，甲亢治疗观察室内设有呕吐物收集桶，甲亢病人因药物过敏反应产生的呕吐均由收集桶收集后按放射性固体废物进行处理，基本无放射性废水产生。

每次清污产生的废水量约 50L，相对较少，基本不改变废水在衰变池的停留衰变时间。

事故状态下产生的放射性固体废物，其处理方式与正常工况相同，在放射性废物桶内贮存 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置，不会造成二次污染。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局 环发【2006】145 号文件之规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，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。

淮北市人民医院已建立以院领导为第一责任人的辐射防护与安全管理领导小组，并拟定了辐射事故应急预案等各项辐射安全管理制度，能确保事故情况下的影响处于可控范围内。

表 12 辐射安全管理

淮北市人民医院已建立以院领导为第一责任人的辐射安全与防护管理领导小组，并制定了《放射防护安全管理制度》、《辐射工作场所监测计划》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训计划和检测计划》、《辐射事故应急处理预案》、《操作规程》、《岗位职责》等一系列规章制度，在该项目正式投入使用前，医院辐射安全与防护管理领导小组须牵头对辐射安全相关制度进行系统修订，并补充制订核医学科相关管理制度，提高制度可操作性，做到所有辐射工作都有章可循，有制度保障。因此，该环评报告按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）的要求提出以下建议：

1、关于辐射安全与环境保护管理机构

项目投入运行后，医院增加了核技术应用类型一核医学科，淮北市人民医院应根据核技术应用情况，及时对辐射防护安全工作领导小组成员作相应调整，确保调整后的辐射防护安全工作领导小组的组成涵盖医院核技术利用所涉及的相关部门和科室，并根据管理需要明确领导小组职责。辐射安全和防护负责人须参加辐射安全与防护培训取得合格证。

2、关于监测计划和监测仪器

淮北市人民医院应制定完善的监测方案，明确监测点位、监测项目和频次，拟购置相应的监测仪器（1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪、5 台 X-γ 辐射剂量报警仪、1 台表面污染仪、3 台活度计），其能量响应范围应满足医院核技术利用项目监测需要，并按监测方案对核技术应用场所及周围辐射水平进行监测，同时做好记录分析工作。评价单位建议的医院日常自查监测计划详见表 12-1。

淮北市人民医院还应委托具有相应资质能力的单位对辐射工作人员的个人剂量进行监测（送检周期一般为一个月，最长不应超过 3 个月），并做好个人剂量档案管理工作。对于个人剂量异常情况应做到自查自纠，及时采取补救措施，自查自纠结果当事人、相关管理人员应签字、医院盖章后存档，对于个人剂量超标的情况医院还应立即向环保主管部门报告。每年医院应委托具有相应资质能力的单位对辐射工作场所及周边环境开展年度监测。

表 12-1 日常监测计划

监测场所		监测项目	评价指标	监测频次
加速器 机房	控制室、防护门和屏蔽墙外	X- γ 剂量率	参考验收监测结果, 不应明显升高	每月 1 次, 发现异常时适当增加监测频次
核医学科	储源室、淋洗分装室和候诊室、控制室和办公室等	X- γ 剂量率	参考验收监测结果, 不应明显升高	每月 1 次, 发现异常时适当增加监测频次
	工作台、设备和墙壁、地面	表面沾污	满足 GB18871-2002 附录 B2 要求	每次操作使用放射性物质结束后
DSA 机房	控制室、防护门和屏蔽墙外	X- γ 剂量率	参考验收监测结果, 不应明显升高	每月 1 次, 发现异常时适当增加监测频次
工作人员		个人累积剂量	职业人员年有效剂量不超过 5mSv	一般为 1 个月, 最长不应超过 3 个月送检一次

3、关于辐射安全与防护培训

本项目相关辐射工作人员从老院区统一调配。医院应制定完善的辐射安全与防护培训计划, 明确培训对象、周期和要求, 并按计划组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训, 取得培训合格证, 考核不合格的不得上岗。在取得培训合格证后每四年还应组织安排一次再培训, 考核不合格的不得继续从事辐射相关工作。

4、关于职业健康体检

淮北市人民医院应制定完善的职业健康体检计划, 明确体检对象、体检周期和指标, 并按计划组织辐射工作人员开展岗前、岗中(每 2 年安排一次再体检)和退岗职业健康体检, 对于体检结果出现异常的, 不得安排从事辐射相关工作。

5、关于年度安全状况评估

淮北市人民医院应在每年 1 月 31 日前填报上一年度评估报告。年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况; 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况; 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况; 放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账; 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据; 辐射事故及应急响应情况; 核技术利用项目新建、改扩建和退役情况; 存在的安全隐患及其整改情况; 其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

6、关于操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫等制度

淮北市人民医院日后还应根据医院核技术应用情况, 以及工作实践中遇到的实际

问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）的要求及时进行更新完善，提高制度可操作性，做到所有辐射相关工作都有章可循，有制度保障。

7、辐射事故应急

为做好放射应急管理工作，提高放射事故的应急处理能力，最大限度的减少人员伤亡、财产损失、环境破坏和社会影响，淮北市人民医院制定了辐射事故应急预案，一旦发生事故在第一时间向环保、公安和卫生等部门报告。

8、“三同时”验收一览表

针对淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目，提出以下“三同时”验收一览表，具体详见表 13-1。

表 13-1 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”验收内容	验收要求
防护措施	清污： 放射性核素操作过程中如果出现药品泼洒在地板或操作台可其他物体表面，立即进行标记，并用吸水纸吸取、棉纱擦拭、清洗等处理清洁方式处理。	表面沾污满足 GB18871-2002 附录 B2 要求
	废水： 该项目放射性废水单独收集，经衰变池处理后排入医院污水处理站。医院拟在核医学科西侧地面设置了地埋式衰变池，衰变池由 PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池及甲亢治疗区域衰变池组成，PET-CT/SPECT-CT 检查衰变池由 2 个小池并联组成，总容积约为 6.5m ³ 。	超过 10 个半衰期接入医院污水处理站
	废气： 该项目在分装室设置一个防护为 50mmPb 的两联通风柜，淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜设有排风系统，就近接入通风独立通风井，至楼顶排放，加装活性炭过滤装置，能够有效减少放射性废气的影响。	减少放射性废气对工作人员的影响
	固废： ⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc 发生器一般使用一周后、因放射性活度下降已无实际医用价值，便连同原包装容器退还给供方，废 ⁶⁸ Ge 校准源由供方回收，其他放射性废物则储存 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。	不会产生二次污染
	屏蔽措施： ①分药室、注射室、给药室四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石； ②储源室、废物室东、北、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，西侧采用 370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，顶板为 150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石；	瞬时剂量率不超过 2.5μSv/h 辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量

		<p>③服药室东、北侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，西、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 150mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石；</p> <p>④PET-CT 休息室、PET-CTVIP 休息室四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石；</p> <p>⑤SPE-CT 休息室、SPE-CTVIP 休息室北、东、西侧采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，南侧采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+3cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+2cm 重晶石；</p> <p>⑥运动负荷室北、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，东、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+3cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+2cm 重晶石；</p> <p>⑦PET-CT 机房四周墙体采用 370mm 厚的实心黏土砖+5cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+10cm 重晶石；</p> <p>⑧SPECT-CT 机房四周墙体采用 370mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+5cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+5cm 重晶石；⑨核素治疗室北、东侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，西、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土；</p> <p>⑩抢救室北、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，东、南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土；</p> <p>⑪甲状腺功能测定室北、东、西侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+3cm 重晶石，南侧墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+2cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土；</p> <p>⑫污洗间四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+3cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土+2cm 重晶石；</p> <p>⑬卫生通过间四周墙体采用 240mm 厚的实心黏土砖+10cm 重晶石，顶板为 120mm 厚的混凝土+10cm 重晶石，地板为 180mm 厚的混凝土。</p> <p>⑭淋洗分装室内通风柜防护当量为 50mmPb，放射性药物注射有专用防护针筒，用于 ^{99m}Tc 注射的针筒防护铅当量为 2mm。</p>	不超过 0.25mSv
防护措施	DSA	<p>①DSA 三间机房内空尺寸相同为：9.66m×7.43m。</p> <p>②DSA 三间机房采用相同的屏蔽措施：四周墙体为 370mm 厚的实心黏土砖+2.5mmPb 防护涂料，顶板和底板为 150mm 厚的混凝土+1.0mmPb 防护涂料，防护门和观察窗铅当量为 3.5mm。</p>	<p>瞬时剂量率不超过 2.5μSv/h</p> <p>辐射工作人员</p>

	医用直线加速器	①机房采用密度为 2.35g/cm³ 混凝土浇筑。两加速器机房对称布置，共用一道迷道外墙，其厚为 1.7m,迷道内墙厚为 1.05m，迷道长 10m；东侧和西侧屏蔽墙厚为 1.7m；南、北侧主屏蔽墙厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.7m；顶棚主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.7m。 ②防护门铅当量均为 15mm。	年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv
		通风：通风管道以 45°斜穿迷道防护门上方屏蔽墙（未破坏加速器机房的屏蔽性能）。排风量为 10000m³/h。	每小时通风换气 不小于 4 次/h 院内敏感建筑及 院外敏感目标达 到 2 类标准要求
安全措施	医用直线加速器机房和后装机房设置门机联锁装置		按要求设置
	所有紧急按钮开关和防护门均设双路供电系统，在停电状态下由医院应急电源供电，以确保在停电状态下能正常开启防护门		
	机房外均张贴警示标志、安装工作指示灯		按要求设置
	放射性废物桶张贴电离辐射标志		
	岗位职责和操作规程等工作制度在合适张贴上墙		按要求张贴
个人防护	辐射工作人员参加辐射安全与防护培训取得培训合格证		辐射工作人员均取得培训合格证
	配置 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪、5 台 X-γ 辐射剂量报警仪、1 台表面污染仪、3 台活度计		按要求送检，并确保运行正常
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测		按要求佩带/送检
	配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等个人防护用品		按要求配置/佩带
管理措施	管理机构	已建立以院领导为第一责任人的辐射安全与防护管理领导小组构架，辐射安全负责人已取得辐射安全与防护培训合格证	辐射安全负责人取得培训合格证
	管理制度	制定《放射防护安全管理制度》、《辐射工作场所监测计划》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训计划和检测计划》、《辐射事故应急处理预案》、《操作规程》、《岗位职责》等规章制度	根据要求制定

以上措施应在项目投入使用前落实到位。

“三同时”验收一览表：

该项目总投资 7850 万元主要用于射线装置采购，以及防护用品采购、环境影响评价和竣工环保验收等环保手续办理，安排用于环境保护方面的投资约 128 万元，占项目总投资的 1.6%。该项目具体环保投资估算详见表 13-2。

表 13-2 环保投资估算一览表

序号	环保措施	环保投资（万元）
1	机房设计、屏蔽防护	**
2	监视对讲系统、辐射防护用品采购	**
3	环境影响评价及竣工环保验收	**
4	防护设施、监测仪器	**
合计		**

表 13 结论与建议

结论:

1、产业政策符合性

为积极响应省委省政府加快皖北发展重大战略的要求，落实国家新医改政策，主动服务基层人民群众，满足人民群众对优质医疗资源迫切需求，淮北市人民医院拟配置 2 台医用直线加速器、3 台 DSA 以及核医学科（拟开展 ^{131}I 甲亢治疗、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断——配套使用 1 台 SPECT-CT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用 1 台 PET-CT 和 3 枚 ^{68}Ge 校准源）。

对照《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正版），该项目属于国家鼓励类的全科医疗服务、医疗卫生服务设施建设项目，符合国家产业政策。

2、实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目符合所在地区医疗服务需要。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

3、从事辐射活动技术能力评价

淮北市人民医院已建立以院领导为第一责任人的辐射防护安全管理领导小组，并制定了《放射防护安全管理制度》、《辐射工作场所监测计划》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训计划和检测计划》、《辐射事故应急处理预案》、《操作规程》、《岗位职责》等一系列规章制度，在修订完善后具备从事辐射活动技术能力。

4、环境现状评价

监测结果表明：该项目应用场所及周边环境辐射环境现状本底在 $88\sim 105\text{nSv/h}$ 范围内，与安徽省全省辐射环境现状水平基本保持一致，辐射水平未见明显异常；医院东、南、西、北侧边界区域昼间噪声在 $**\sim **$ (A) 范围内，夜间噪声在 $**\sim **\text{dB(A)}$ 范围内，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求（昼间 60dB(A) ，夜间 50dB(A) ）及 4a 类标准要求（昼间 70dB(A) ，夜间 55dB(A) ）。

5、非辐射环境影响评价

5.1 加速器机房通风换气次数

本项目在加速器机房吊顶内安装 2 台室内送风机，2 座加速器机房排风均由排风井引至地面排放，排风机最大排风量不低于 $10000\text{m}^3/\text{h}$ ，2 座加速器机房体积均为 259m^3 ，能确保满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h）。

5.2 加速器机房排风机噪声

由于该项目夜间不运行，因此不会改变区域夜间声环境现状，对区域夜间声环境无影响。由预测结果可知，该项目投入运行后，主体医疗区昼间声环境预测值为 $**\text{dB(A)}$ ，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求（昼间 60dB(A) ，夜间 50dB(A) ），医院北侧边界、西侧边界、东侧边界昼间声环境预测值在 $**\sim**\text{dB(A)}$ 范围内，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 4a 类标准要求（昼间 70dB(A) ，夜间 55dB(A) ）。

5.3 废水和固废处理措施依托可行性

院区医疗废水产生量为 $708.2\text{m}^3/\text{d}$ ，院区污水处理站设计规模为 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，该项目核医学科日均产生放射性废水量约为 0.38m^3 ，因此，放射性废水经衰变池储存衰变后达标接入院区污水处理站是可行的。

院区医疗废物产生量为 150.56t/a ，集中收集在医院内专设的临时贮存点后，和医院内其他医疗固废一起送至淮北市龙铁医疗废物处理有限公司集中处置。医疗废物临时贮存点能满足该项目核医学科产生的少量放射性废物暂存需要，因此，放射性废物在放射性废物库内储存衰变达标后，转移至院区医疗废物临时贮存点是可行的。

6、辐射环境影响评价

淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目采取的辐射安全和防护措施按此报告要求完善后，能满足标准的屏蔽防护要求。

医用直线加速器：根据预测结果可知，加速器机房屏蔽设计能确保辐射工作人员附加年有效剂量不超过 5mSv 、公众附加年有效剂量不超过 0.25mSv ，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。

核医学科：从核医学科屏蔽设计符合性分析可知，核医学科屏蔽设计措施能确保辐射工作人员附加年有效剂量不超过 5mSv 、公众附加年有效剂量不超过 0.25mSv ，符

合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

DSA: 根据理论计算及类比监测结果可预测该项目 DSA 投运后,机房外辐射剂量率可满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)的要求,控制室的辐射工作人员和机房外的公众成员所受附加年剂量不会超过项目剂量管理限值(辐射工作人员不超过 5mSv,公众不超过 0.25mSv)的要求,能够满足《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。

7、代价利益分析

淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目符合所在地区医疗服务需要,有利于提高疾病的诊断正确率和有效治疗方案的提出,能有效减少患者疼痛和对患者损伤,总体上大大节省了医疗费用,争取了宝贵的治疗时间,该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众,各机房均加强了防护,从剂量预测结果可知,该项目周围公众年所受附加剂量能满足项目管理限值 0.25mSv 的要求。

因此,从代价利益分析看,该项目是正当可行的。

综上所述:淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目符合实践正当性原则,已采取和拟采取的辐射安全和防护措施适当,辐射工作人员及周围公众受到的附加年有效剂量能确保满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于“剂量限值”的要求,进一步完善辐射安全与防护相关管理制度的前提下,从辐射安全 and 环境影响的角度而言,淮北市人民医院医用直线加速器等核技术应用项目的建设 and 运行是可行的。

建议和承诺:

1) 该项目运行中,应严格遵循操作规程,加强对操作人员的培训,杜绝麻痹大意思想,以避免意外事故造成对公众和辐射工作人员的附加影响,使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行,严格按国家有关规定要求进行操作,确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测,对于监测结果偏高的地点应及时查找

原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。

4) 尽早准备申请辐射安全许可证材料，待该环评报告审批后，及时申请辐射安全许可证，未取得辐射安全许可证相关设备不得投入使用。

5) 项目投入使用前三个月内完成竣工环境保护验收手续。

核工业二七〇研究所

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