

安徽亳州宝璋医院
购置医疗放射性设备建设项目
环境影响报告表

安徽宝璋医院有限公司

二〇一九年一月

环境保护部监制

安徽亳州宝璋医院
购置医疗放射性设备建设项目
环境影响报告表

建设单位名称： 安徽宝璋医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）： _____

通讯地址： 安徽省亳州市利辛县城关镇复兴路南学苑路西

邮政编码： 236700 联系人： 贾林旺

电子邮箱： jialinwang@hedy.com.cn 联系电话： 18520195646



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：核工业二七〇研究所

住 所：江西省南昌县莲塘镇莲西路 508 号

法定代表人：阙足双

资质等级：乙级

证书编号：国环评证乙字第 2316 号

有效期：2017 年 09 月 25 日至 2020 年 12 月 14 日

评价范围：环境影响评价报告书乙级类别 — 农林水利；交通运输；输变电及广电通讯***

环境影响报告表类别 — 一般项目；核与辐射项目***



2017 年 09 月 25 日

项目名称：安徽亳州宝璋医院

购置医疗放射性设备建设项目

文件类型：报告表

适用的评价范围：核与辐射项目

法定代表人：阙足双（签章）

主持编制机构：核工业二七〇研究所（签章）

安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目

环境影响报告表编制人员名单表

编制主持人		姓名	职（执）业资格证书编号	登记（注册证）编号	专业类别	本人签名
		冯传银	HP00017022	B231601011	核工业	
主要编制人员情况	序号	姓名	职（执）业资格证书编号	登记（注册证）编号	编制内容	本人签名
	1	程绍鹃	HP2017035360352 015360716000108	B231603303	表 1~表 8	
	2	冯传银	HP00017022	B231601011	表 9~表 14	

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

编号: HP00017022
No. HP00017022



HP00017022冯传银

持证人签名:

Signature of the Bearer

2015035320352014326132008345

管理号:
File No.

姓名: 冯传银
Full Name

性别: 男
Gender

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

Issued on

中华人民共和国环境保护部 数据中心

Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China

2016年08月04日 星期四 9:15

您的位置: 首页 > 数据查询 > 环境影响评价工程师查询

返回数据中心

所在省: <input type="text" value="全国"/>	姓名: <input type="text" value="冯传银"/>	登记证号: <input type="text"/>	登记类别: <input type="text" value="全部"/>
有效期至终止日期: <input type="text"/>	登记单位: <input type="text"/>	职业资格证书号: <input type="text"/>	
<input type="button" value="查询"/>			

环境影响评价工程师

序号	姓名	登记单位	登记证号	登记类别	登记有效期起/登记有效期终		职业资格证书号	诚信信息
					始日期	止日期		
1	冯传银	核工业二七〇研究所	B231601011	核工业	2016-03-07	2019-03-07	HP00017022	

记录总数: 1 总页数: 1 每页记录数: 30

首页 上一页 下一页 末页

1

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		安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目			
建设单位		安徽宝璋医院有限公司			
法人代表	易良平	联系人	贾林旺	联系电话	18520195646
注册地址		安徽省亳州市利辛县城关镇复兴路南学苑路西			
项目建设地点		安徽省亳州市利辛县城关镇复兴路南学苑路西			
立项审批部门		利辛县发展改革委	项目编码	2018-341623-83-03-032148	
建设项目总投资 (万元)		10000	项目环保投资 (万元)	350	投资比例(环保 投资/总投资) 3.5%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²) —
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 checked="" 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	—			
	项目概述:				
1、建设单位概况、项目建设规模、目的和任务由来					
1.1 建设单位概况					
安徽亳州宝璋医院是由亳州市卫生和计划生育委员会批准设置的一所二级综合医院。拟建安徽亳州宝璋医院位于安徽省亳州市利辛县复兴路南、学苑路西，设计床位 1600 张（其中 600 张医养床位），主要建设门诊楼、医技楼、住院楼、医养楼、行政办公楼、职工之家活动中心等。					
1.2 建设目的及规模					
随着利辛县不断发展，人口不断增加，为解决广大群众就医难，推动利辛县卫生事业健康发展，根据医院建设规划，医院拟设置 2 台医用直线加速器、1 台后装机、1					

台 CT 模拟机、1 台 DSA、2 台 CT 机、3 台 DR 机、1 台乳腺钼靶机、1 台数字胃肠机以及核医学科（拟开展 ^{89}Sr 骨转移癌治疗、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断——配套使用 1 台 SPECT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用 1 台 PET-CT 和 3 枚 ^{68}Ge 校准源）。安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目具体情况详见表 1-1。

表 1-1 安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目具体情况一览表

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	备注	
1	铯-192	1	3.7×10^{11} (10Ci)	III	地下一层 放疗科	拟购	此次环评	后装机	
2	锆-68	2	4.63×10^7	V	地下一层 核医学科	拟购	此次环评	校准源	
		1	9.25×10^7	V					
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	备注	
1	乙级	锶-89	7.40×10^7		地下一层 核医学科	拟购	此次环评	骨转移癌 治疗	
2		钼-99	2.78×10^6					显像诊断	
3		钨-99m	2.78×10^7					显像诊断	
4		氟-18	5.55×10^6					显像诊断	
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	备注
1	医用直线加速器	2	X 线: $\leq 10\text{MeV}$ 电子线: $\leq 22\text{MeV}$		II	地下一层 放疗科	拟购	此次环评	
2	CT 模拟机	1	≤ 150	≤ 1000	III				
4	DSA	2	≤ 150	≤ 1250	II	门诊楼 四层介入科	拟购	此次环评	
5	CT 机	2	≤ 150	≤ 1000	III	医技楼 一层放射科	拟购	此次环评	
6	DR 机	3	≤ 150	≤ 1000	III				
7	数字胃肠机	1	≤ 150	≤ 1000	III				
8	乳腺钼靶机	1	≤ 100	≤ 300	III				
9	SPECT	1	≤ 150	≤ 1000	III	地下一层 核医学科	拟购	此次环评	
10	PET-CT	1	≤ 150	≤ 1000	III				

该项目已获得利辛县发展改革委备案（详见附件3），项目总投资10000万元，其中射线装置采购约为9650万元、机房防护（机房建设投资已纳入院区建设项目投资估算）约为215万元、防护用品采购约为110万元、环境影响评价及竣工环保验收约为25万元。

1.3 任务由来

医院购置医疗放射性设备建设项目用房均为医院建设内容的组成部分，随医院整体施工完成并投入使用，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《安徽亳州宝璋医院建设项目环境影响报告书》（以下简称《报告书》）之中。

医院项目于2017年3月13日取得利辛县环境保护局的批复，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《关于安徽亳州宝璋医院建设项目环境影响报告书的批复》利环[2017]8号）。

因此，此次评价包括：2台医用直线加速器、1台后装机、1台CT模拟机、2台DSA、2台CT机、3台DR机、1台乳腺钼靶机、1台数字胃肠机以及核医学科（拟开展 ^{89}Sr 骨转移癌治疗、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断——配套使用1台SPECT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用1台PET-CT和3枚 ^{68}Ge 校准源）运营期的辐射环境影响评价；《报告书》缺少关注的非辐射影响进行补充评价。

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、III类密封放射源和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。受安徽宝璋医院有限公司委托，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

安徽亳州宝璋医院位于利辛县城关镇复兴路南学苑路西，其所在区域图详见附图1。医院东面隔着学苑路为散户居民，南面为朱瓦房村，西侧为荒地，北侧为复兴路，医院周边关系详见附图2（院区平面布置及周边关系图）。

该项目涉及的放疗科（医用直线加速器、后装机、CT模拟机）位于地下一层西北角，东面和北面隔着污物通道为土壤层，南面为核医学科，西面为变配电房和柴油发电机房等，楼上为地面绿化，无地下二层。

该项目涉及的核医学科位于地下一层东南角，东面隔着污物通道为各种机房，南

面隔着污物通道为土壤层，西面为电梯厅和各种设备机房等，北面为放疗科，楼上为营养餐厅厨房等，无地下二层。

该项目涉及的介入科（DSA）位于门诊楼四层，DSA 机房东面为医生办公室和导管室，南面隔着准备和洁品间为洁净通道，西面为 UPS 室、值班室和污物通道，北面为污物通道，楼上为上人屋面，楼下为中医皮肤门诊用房等。

该项目涉及的放射科（CT 机、DR 机、数字胃肠机、乳腺钼靶机）位于医技楼一层，射线装置机房东面隔着放射科候诊大厅和内廊为室外绿化，南面隔着操作间和医务通道为住院药房，西面隔着设备间和医务通道为室外绿化，北面隔着放射科办公室和室外绿化为急诊留观区，楼上为功能检查和腔镜诊疗中心，楼下为地下消防水池和库房等。

该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2 和附图 3~7（项目所在楼层及上下楼层平面布置图）。项目周边 50m 范围内基本全处于院区地块范围，周边 200m 范围除东面隔着学苑路有少量散户居民，无其他环境敏感目标，与最近的生态红线（西淝河）超过 5 公里。

3、原有核技术利用项目许可情况

安徽亳州宝璋医院为新设医疗机构，暂无许可的核技术利用项目。

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	铯-192	$3.7 \times 10^{11} \times 1$ 枚	III	使用	肿瘤治疗	地下二层放疗科	密封安装在后装 机机头内	
2	锆-68	$4.63 \times 10^7 \times 2$ 枚	V	使用	用于PET-CT校准	地下一层核医学科	地下一层核医学 科储源室	
		$9.25 \times 10^7 \times 1$ 枚	V					
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	锶-89	液态	使用	7.40×10^8	7.40×10^7	3.70×10^{10}	骨转移癌 治疗	注射	地下一层核 医学科	地下一层 核医学科 储源室
2	钼-99	固态	使用	2.78×10^{10}	2.78×10^6	5.55×10^{12}	显像诊断	淋洗、分 装、注射		
3	锝-99m	液态	使用	2.78×10^{10}	2.78×10^7	5.55×10^{12}				
4	氟-18	液态	使用	5.55×10^9	5.55×10^6	9.25×10^{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	拟购待定	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	地下一层 放疗科	

(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	1	拟购待定	≤ 150	≤ 1250	介入治疗	门诊楼四层 介入科	
2	CT机	III	2	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	影像诊断	医技楼一层 放射科	
3	DR机	III	3	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	影像诊断		
4	数字胃肠机	III	1	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	影像诊断		
5	乳腺钼靶机	III	1	拟购待定	≤ 100	≤ 300	影像诊断		
9	SPECT	III	1	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	显像诊断	地下一层	
10	PET-CT	III	1	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	显像诊断	核医学科	
12	CT模拟机	III	1	拟购待定	≤ 150	≤ 1000	肿瘤定位	地下一层 放疗科	

(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	^{192}Ir	—	—	2~4 枚	—	放射性废物间	厂家回收
	固体	^{68}Ge	—	—	—	—		
^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器	固体	^{99}Mo $^{99\text{m}}\text{Tc}$	—	—	50 只	—		
试剂瓶	固态	^{131}I ^{89}Sr $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ^{18}F	—	—	8750 个	—	放射性废物间	经十个半衰期后作医疗废物处置
手套	固态		—	—	3000 副	—		
移液器吸头	固态		—	—	750 个	—		
一次性注射器	固态		—	—	8750 个	—		
活性炭	固态		—	—	10kg	—		
放射性废水	液态		—	—	251m^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
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》2016 年 9 月 1 日起施行；主席令 24 号，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>4) 《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 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 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；国务院令 653 号，2014 年 7 月 29 日起施行；</p> <p>7) 《放射性物品运输安全管理条例》国务院令 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 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 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》，原国家环境保护总局令 31 号，2006 年 3 月 1 日起施行；国家环境保护部令 3 号，2008 年 12 月 4 日起施行；国家环境保护部令 47 号修订，2017 年 12 月 20 日起施行；</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 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</p>
------	---

	<p>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暂行办法》，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>
技术 标 准	<p>1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>2)《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)；</p> <p>3)《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)；</p> <p>4)《环境噪声与振动控制工程技术导则》(HJ2034-2013)；</p> <p>5)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>6)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)。</p> <p>7)《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)；</p> <p>8)《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)；</p> <p>9)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014)；</p> <p>10)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>11)《医疗照射放射防护基本要求》(GBZ179-2006)；</p> <p>12)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)；</p> <p>13)《后装 γ 源近距离治疗卫生防护要求》(GBZ121-2017)；</p>

技术 标准	<p>14)《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010);</p> <p>15)《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006);</p> <p>16)《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009);</p> <p>17)《医用 X 射线治疗放射防护要求》(GBZ131-2017);</p> <p>18)《医用 X 射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2013);</p> <p>19)《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180-2006);</p> <p>20)《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ 165-2012);</p> <p>21)《声环境质量标准》(GB3096-2008);</p> <p>22)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)。</p>
其他	<p>1)利辛县发展改革委关于安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目备案;</p> <p>2)安徽亳州宝璋医院建设项目环境影响报告书及批复;</p> <p>3)安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目环评委托书及相关基础技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价内容及目的：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 在引用院区环评结论的基础上，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。
<p>评价原则：</p> <p>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”：</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。
<p>评价重点：</p> <p>辐射环境：此次评价重点为医用直线加速器、后装机和 DSA 机房的屏蔽措施评价，核医学科工作场所分级分区、放射性废物处置措施评价，辐射工作人员和公众所受附加剂量评价。</p> <p>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、后装机机房只要达到标准要求的通风换气次数，则加速器、后装机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、后装机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、后装机机房排风机产生的噪声影响。</p> <p>该项目所在区域为《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类区，项目投入运行前后敏感目标噪声级增量在 3dB(A) 以下，受影响人口数量变化不大，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）规定，声环境影响评价工作等级确定为二级。</p>
<p>评价范围：</p> <p>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</p>

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、后装机机房排风口周围 200m 的区域。

保护目标:

该项目周边 50m 范围内基本全处于院区地块范围,周边 200m 范围除东面隔着学苑路有少量散户居民,无其他环境敏感目标,与最近的生态红线(西淝河)超过 5 公里,该项目环境保护目标为医院辐射工作人员和项目应用场所周围其他非辐射工作人员和公众成员,噪声还关注院区敏感建筑,如实习教学楼、住院楼、医技楼,以及医院东面隔着学苑路的少量散户居民。

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 7-1 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 7-2 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 7-3 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	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

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) 《后装 γ 源近距离治疗卫生防护要求》(GBZ121-2017)；

重点引用：5.1 治疗室必须与准备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m^2 ，应将治疗室设置为控制区，在控制区进出口设置醒目的辐射警告标志。

5.2 治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交还不少于 4 次。

5.3 治疗室入口应采用迷路形式，安装防护门并设置门机连锁，治疗室防护门上方要有工作状态显示，治疗室内适当位置应设置急停开关，按下急停开关应能使放射

源自动回到后装治疗设备的安全位置。并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

5.4 治疗室防护门应设置手动开门装置。

5.5 在控制室与治疗室之间应设置监视和对讲设施，如设置观察窗，其屏蔽效果应与同侧的屏蔽墙相同。

5.6 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则，治疗室屏蔽体外30cm处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010);

6) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006);

7) 《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。

8) 《医用 X 射线诊断卫生防护标准》(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 7-4 要求。

表 7-4 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
乳腺机	10m ²	2.5m

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 7-5 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 7-5 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 及以下的摄影机房	2	1
乳腺机房	1	1
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 7-6 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 7-6 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
CT 体层扫描（隔室）	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
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	—

9) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）；

10) 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ 165-2012）；

11) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）：执行 2 类标准要求；

12) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）：执行 2 类标准要求。

参考资料：

1) 根据《安徽省环境状况公报》（2017 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 94.6nGy/h，范围为 57~130.5nGy/h；

2) NCRP REPORT No.151；

3) ICRP Publication 94；

4) AAPM Task Group 108；

5) 《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

安徽亳州宝璋医院位于利辛县城关镇复兴路南学苑路西，其所在区域图详见附图 1。医院东面隔着学苑路为散户居民，南面为朱瓦房村，西侧为荒地，北侧为复兴路，医院周边关系详见附图 2（院区平面布置及周边关系图）。

该项目涉及的放疗科（医用直线加速器、后装机、CT 模拟机）位于地下一层西北角，东面和北面隔着污物通道为土壤层，南面为核医学科，西面为变配电房和柴油发电机房等，楼上为地面绿化，无地下二层。

该项目涉及的核医学科位于地下一层东南角，东面隔着污物通道为各种机房，南面隔着污物通道为土壤层，西面为电梯厅和各种设备机房等，北面为放疗科，楼上为营养餐厅厨房等，无地下二层。

该项目涉及的介入科（DSA）位于门诊楼四层，DSA 机房东面为医生办公室和导管室，南面隔着准备和洁品间为洁净通道，西面为 UPS 室、值班室和污物通道，北面为污物通道，楼上为上人屋面，楼下为中医皮肤门诊用房等。

该项目涉及的放射科（CT 机、DR 机、数字胃肠机、乳腺钼靶机）位于医技楼一层，射线装置机房东面隔着放射科候诊大厅和内廊为室外绿化，南面隔着操作间和医务通道为住院药房，西面隔着设备间和医务通道为室外绿化，北面隔着放射科办公室和室外绿化为急诊留观区，楼上为功能检查和腔镜诊疗中心，楼下为地下消防水池和库房等。

该项目涉及的机房及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 3~7（项目所在楼层及上下楼层平面布置图）。项目周边 50m 范围内基本全处于院区地块范围，周边 200m 范围除东面隔着学苑路有少量散户居民，无其他环境敏感目标，与最近的生态红线（西淝河）超过 5 公里。

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
加速器和后装机房	地下一层 放疗科	隔着医务走廊和污物通道	隔着医务走廊为放疗科办公区	CT 模拟机房和控制室	控制室和辅助机房	地面绿化	土壤层
CT 模拟机房	地下一层 放疗科	加速器机房	控制室	隔着就医通道为物理室和送风机房	更衣室	地面绿化	土壤层

核医学科	地下二层	隔着污物通道为土壤层	隔着污物通道为土壤层	电梯厅和各种设备机房	放疗科办公室	营养餐厅厨房	土壤层
DSA 机房	门诊楼四层介入科	医生办公室和导管室	隔着准备和洁品间为洁净通道	UPS 室、值班室和污物通道	污物通道	上人屋面	中医皮肤科门诊用房
CT 机房	医技楼一层放射科	核磁共振室	操作间和技术师休息室	放射科等候和苏醒室	隔着病走道为 DR 机房	腔镜诊疗中心	消化水池
DR、胃肠机和钼靶机房	医技楼一层放射科	放射科注射抢救治疗室	隔着病人走道为 CT 和核磁共振机房	预留用房(临时办公)	隔着走廊为放射科办公室	功能检定和腔镜诊疗中心	消化水池

2、项目所在地环境现状评价

核工业二七〇研究所 2018 年 9 月 18 日接受委托,开展安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目环境影响评价工作,并于 2018 年 10 月 8 日对该项目应用场所及周边环境进行辐射环境现状监测,采用 FH40G/FHZ672E-10 型 X、 γ 辐射剂量当量率仪,在检定有效期范围内;环境噪声现状引用院区环评中的监测数据。监测结果详见表 8-2(监测结果均未扣除辐射环境本底值),监测报告详见附件 2。

监测方案:

监测布点:在安徽亳州宝璋医院拟建地块及周围进行布点,共布点 4 个点位,监测时监测仪器探头离地高度 1m,监测点位详见附图 2。

监测因子: X- γ 辐射剂量率。

监测工况:该项目均为拟建项目,未运行,为辐射环境本底监测。

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 8-2 辐射环境质量现状监测结果

辐射环境							
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	安徽亳州宝璋医院 施工现场东侧	107		2	安徽亳州宝璋医院 施工现场南侧	105	
3	安徽亳州宝璋医院 施工现场西侧	108		4	安徽亳州宝璋医院 施工现场北侧	107	
声环境							
编号	监测点描述	测量结果 (dB(A))		编号	监测点描述	测量结果 (dB(A))	
		昼间	夜间			昼间	夜间
1	安徽安璋医院东 厂界	56.2~56.8	45.2~46.0	2	安徽安璋医院南 厂界	55.1~55.5	45.8~46.4
3	安徽安璋医院西 厂界	55.1~55.7	45.8~46.3	4	安徽安璋医院北 厂界	56.4~56.8	44.5~45.2
5	朱瓦房村	55.0~55.7	47.3~47.7				

监测结果表明：安徽亳州宝璋医院拟建地块及周围辐射环境现状本底在 105~108nSv/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。安徽亳州宝璋医院拟建地块区域昼间噪声在 55.0~56.8dB(A) 范围内，夜间噪声在 44.5~47.7dB(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))。

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。

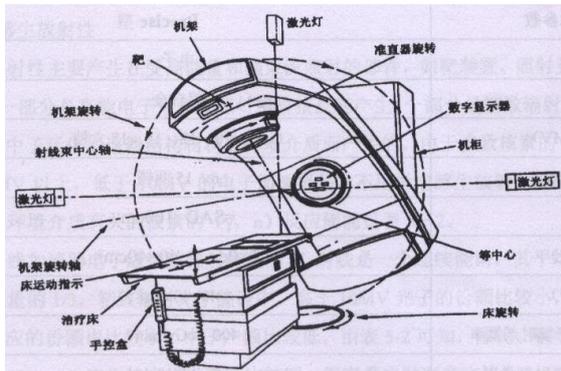


图 9-1 典型医用直线加速器示意图

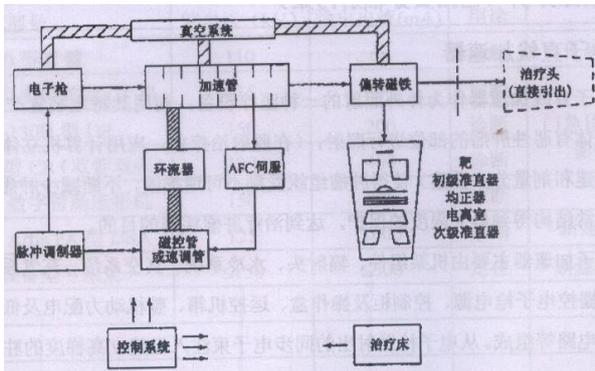


图 9-2 典型医用直线加速器结构图

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、后装机

2.1 工作原理

后装机属近距离放射治疗，为给肿瘤以足够的辐射剂量，采用不同途径，紧挨肿瘤植入一个小的放射源，即将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用射线的生物效应对肿瘤进行治疗。这种方式可用于治疗人体各种腔道周围的肿瘤，因所选取核素的射线能量较低，并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤，同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

2.2 设备组成

后装机使用的放射源是 Ir-192。依据患者诊断数据，由计算机制定治疗计划并实施对后装机的操作控制。根据“先插管后装源”的技术原理，由电脑选择 18 个输源管和施源器中最合适的一组，插入需要治疗的腔道并进行靶区定位，通过分度头的引导控制，将放射源送达治疗区域，按计划实施治疗。

2.3 治疗流程

- 1) 制订治疗计划。根据疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。
- 2) 固定患者体位，近距离后装机治疗时，要进行病变部位插管，将输源管和施源器送达腔道的病灶。
- 3) 将放射源送达病灶进行治疗。

3、核医学科

3.1 显像诊断

3.1.1 工作原理

单光子发射计算机断层成像术 (SPECT) 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 ^{99m}Tc 等) 发射的 γ 射线成像，故统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。

3.1.2 操作流程

根据确定的放射性同位素注射剂量，定量购买放射性同位素，在通风柜分装并测试活度。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 或 PET-CT 扫描间进行扫描，扫描结束后离开。

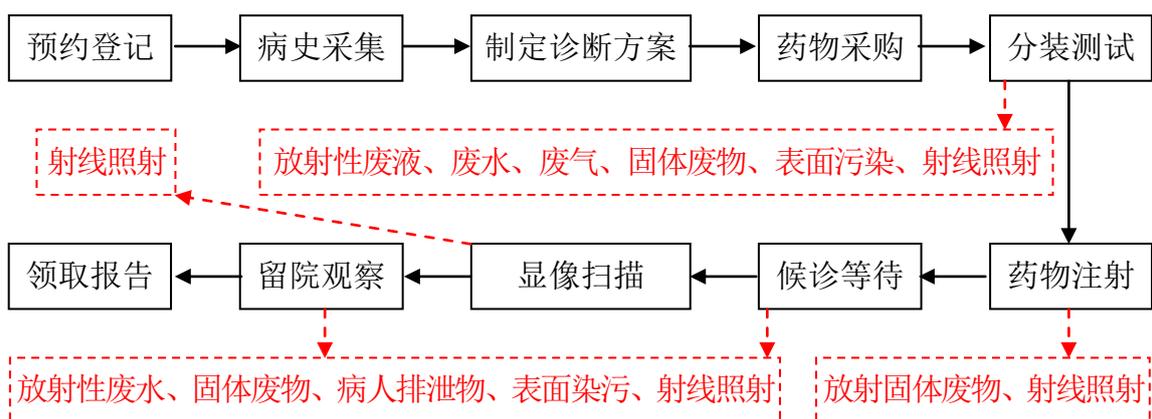


图 9-3 显像诊断流程及产污节点

3.2 Sr-89 治疗恶性肿瘤的骨转移

用于恶性肿瘤的骨转移治疗的 $^{89}\text{SrCl}_2$ 药物在预约病人后订购，每份用于治疗的 $^{89}\text{SrCl}_2$ 药物由供应商事先分装，治疗时不需再分装，直接进行静脉注射，可采取门诊

治疗。

4、DSA 等 X 射线装置

4.1 工作原理

DSA、CT 机、普通 X 射线机（胃肠机、DR 机、钼靶机、CT 模拟机），均为采用 X 射线进行摄影或诊断的技术设备。因诊断目的不同有很大的差别，但其基本结构都是由产生 X 射线的 X 射线管、供给 X 射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置等设备组成。X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成，典型 X 射线管示意图见图 9-4。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。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线。

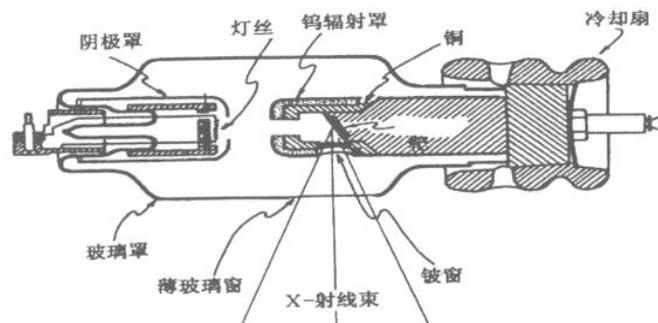


图 9-4 典型 X 射线管示意图

1) DSA

数字血管造影（DSA）是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。

2) CT 机

CT 是计算机断层 X 射线摄影术（Computed Tomography）的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对

衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

3) 普通 X 射线机

普通 X 射线机是利用 X 射线对不同组织穿透力不同的原理，寻找病灶部位、形状及体积大小并予以定位、摄影，它用 X 线胶片代替荧光屏，永久记录被检部位影像的一种设备，这种方法能发现更多有诊断价值的信息。

4.2 操作流程

1) 数字减影血管造影系统 (DSA)

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。

2) CT 机

确定患者体层摄影的体位，扫描定位，投照摆位，屏气曝光。扫描过程中，X 线球管连续地发射 X 线，扫描床持续同步前移，实现无间断容积数据采集。

3) 普通 X 射线机

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位，有时需屏气，曝光。

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

① X 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 (10MeV)，1m 处输出量剂量率 $\leq 2400\text{cGy/min}$ ，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，1m 处输出量剂量率 $\leq 2400\text{cGy/min}$ 。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

① 废气

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。

② 噪声

根据医院提供的设计材料, 加速器和后装机机房通风管道以 V 型或 Z 型屏蔽墙(未破坏加速器和后装机机房的屏蔽性能), 加速器和后装机机房吊顶内分别安装 2 台和 1 台室内送风机, 2 座加速器和后装机机房排风均由排风井引至地面排风机, 排风量分别为 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 、 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 和 $750\text{m}^3/\text{h}$, 风压为 $80\sim 100\text{Pa}$ 。

排风机噪声声功率级可通过下式(源自环境工程手册, 噪声卷)估算出:

$$L_{AW}=K_W+10\lg Q+20\lg P+19.8$$

式中: L_{AW} 为 A 声功率级 (dB(A)); Q 为风量 (m^3/h); P 为静风压 (Pa); K_W 为比声功率级 (dB)。比声功率级即在单位风量 ($1\text{m}^3/\text{min}$)、单位风压 (1Pa) 工况下运行时, 风机所产生的声功率, 比声功率级经验取值为 24dB。

由排风量 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 和风压 100Pa 计算得单台加速器机房排风机产生的噪声声功率级为 115.6dB(A), 由排风量 $750\text{m}^3/\text{h}$ 和风压 100Pa 计算得后装机房排风机产生的噪声声功率级为 112.6dB(A)。由于排风机均安装在地面百叶窗机房内, 具有较好的隔声效果(可达 10dB(A)), 排风机安装设减震基础、通风管道均采用软性接头、排风口安装管式消声器(可达 25dB(A)), 极大减少风机产生的噪声, 经过降噪后 3 台排风机叠加声功率级不大于 85dB(A)。

1.2 后装机

1) 放射性污染源分析

后装机使用的是 Ir-192 密封源, Ir-192 的半衰期为 74 天, 其辐射类型为 EC 和 β 衰变, 伴有 γ 射线产生, γ 射线能量为 $0.136\sim 1.062\text{MeV}$ 。由于 Ir-192 半衰期短, 每次治疗的时间将会延长, 在治疗时需按天计算放射性的衰变, 几个月之后治疗的时间可能太长, 一般约半年更换一次, 废源由放射源供应厂家负责调换、运输、处置, 医院负责日常安全管理。

2) 非放射性污染源

后装机机房内的空气受到 γ 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。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。

1.3 核医学科

3.1 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。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以锗-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。旧的锗-68校准源由供源厂家回收，不会进入环境。

3.2 Sr-89 治疗恶性肿瘤的骨转移

Sr-89是纯 β 射线体，不伴 γ 射线，其发射的 β 射线能量较高，在骨组织内的射程为3mm。主要的辐射源项为 β 表面污染、放射性废液、废水和固体废弃物、病人排泄物。

1.4 DSA 等 X 射线装置

由 X 射线装置工作原理可知，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。

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修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 后装机

1) 因工作人员操作不当或出现设备故障，在设备安装和换装放射源时，发生放射源由设备或容器中跌落出来，造成安装或操作人员受到强辐射照射。

2) 设备检修时，工作人员误将治疗机的屏蔽装置打开或卸下放射源，都会对维修人员产生很强的辐射照射。

3) 治疗机处于运行状态时，因故障，发生门机联锁装置失效，导致人员误入处于运行状态的治疗室机房，受到不必要的辐射照射。

4) 后装机换装放射源后产生的报废源，因管理不善发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

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。

2.4 DSA 等 X 射线装置

1) 由于管理不善，设备运行时，无关人员若误入机房，因机房为高辐射区，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。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施：**1、工作场所分区**

该项目涉及的放疗科（医用直线加速器、后装机、CT 模拟机）位于地下一层西北角，东面和北面隔着污物通道为土壤层，南面为核医学科，西面为变配电房和柴油发电机房等，楼上为地面绿化，无地下二层。

该项目涉及的核医学科位于地下一层东南角，东面隔着污物通道为各种机房，南面隔着污物通道为土壤层，西面为电梯厅和各种设备机房等，北面为放疗科，楼上为营养餐厅厨房等，无地下二层。

该项目涉及的介入科（DSA）位于门诊楼四层，DSA 机房东面为医生办公室和导管室，南面隔着准备和洁品间为洁净通道，西面为 UPS 室、值班室和污物通道，北面为污物通道，楼上为上人屋面，楼下为中医皮肤门诊用房等。

该项目涉及的放射科（CT 机、DR 机、数字胃肠机、乳腺钼靶机）位于医技楼一层，射线装置机房东面隔着放射科候诊大厅和内廊为室外绿化，南面隔着操作间和医务通道为住院药房，西面隔着设备间和医务通道为室外绿化，北面隔着放射科办公室和室外绿化为急诊留观区，楼上为功能检查和腔镜诊疗中心，楼下为地下消防水池和库房等。

该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2 和附图 3~7（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基标准》（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的——放疗科、介入科、放射科，则将射线装置机房划为控制区，控制室、辅助设备间及射线装置机房防护门外 1m 宽范围划分监督区，并建议在防护门外地面以黄色警示色进行标识，提醒无关人员不要靠近。

按照《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求，核医学科设置在地下一层东南角，所处区域相对独立，有独立出入口。核医学科按照控制区、监督区进行分区管理。①淋洗分装室、储源室、注射室、SPECT 候诊室、PET-CT 候诊室、SPECT

机房、PET-CT 机房等划为控制区。②核医学科其他区域划为监督区。

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入门（门1、门2）设置单向门禁系统，患者出院电梯在地上一层不设置下行按钮，电梯内不设置到达地下一层的按钮，放射性药物和污物运送楼梯门（门3）设置双向刷卡门禁系统。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，安徽亳州宝璋医院核医学科布局基本合理（详见附图8）。

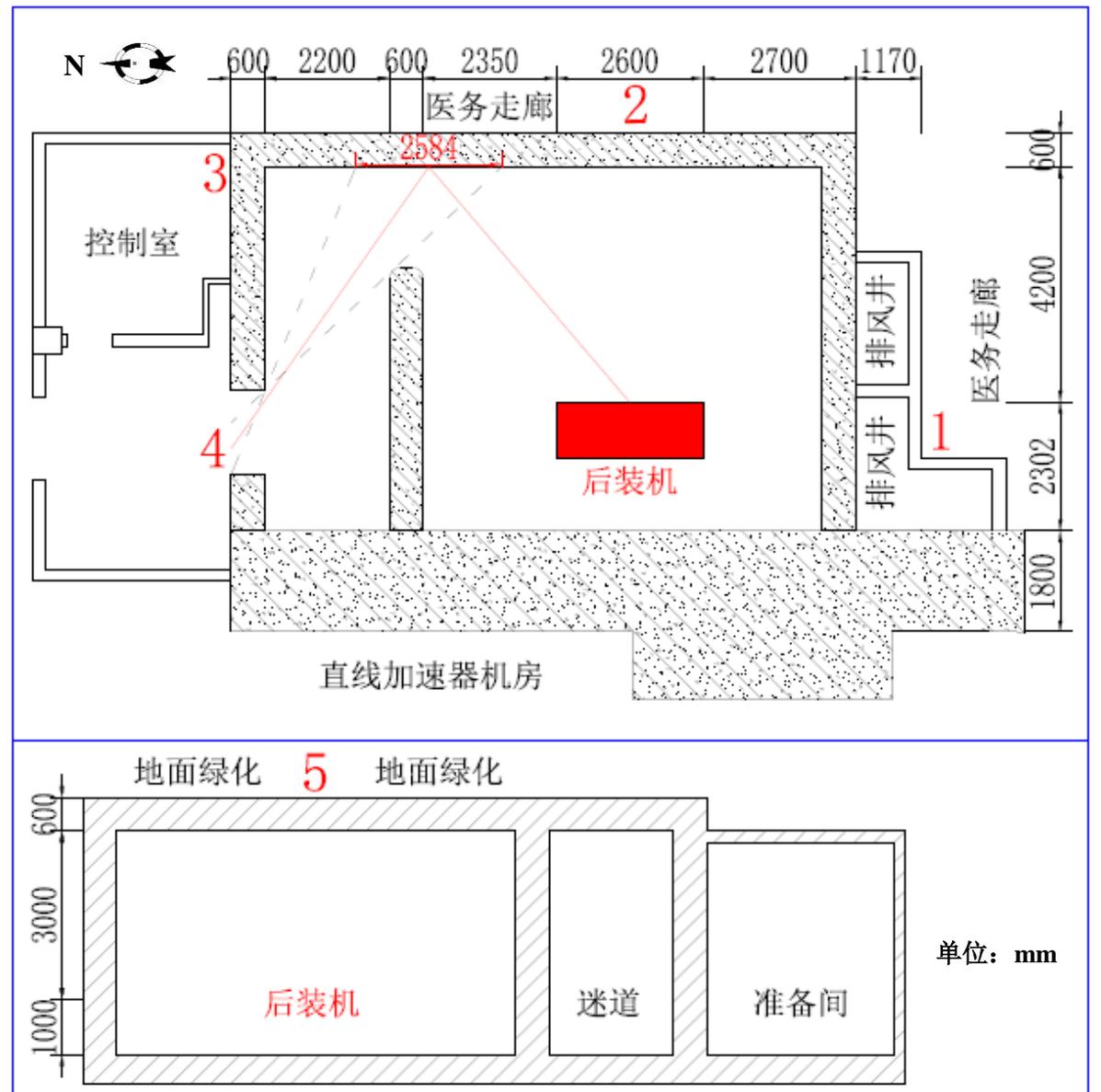
2、安全防护措施

安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设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 防治 措施	医用直线 加速器	①机房采用密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 混凝土浇筑。两加速器机房对称布置，共用一道屏蔽墙，其主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m；东侧和西侧主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m；南侧屏蔽墙厚为 1.8m；北侧为迷道，迷道内外墙均为 1.5m；顶棚主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m。其屏蔽结构详见图 10-2。②防护门铅当量为 12mm，硼聚乙烯 BPE 厚度 150mm。
	后装机	①机房采用密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 混凝土浇筑。北侧为迷道，迷道内、外墙厚均为 0.6m；东侧、南侧墙厚均为 0.6m；南侧与加速器机房共用屏蔽墙，主屏蔽墙厚为 3.0m，次屏蔽墙厚为 1.8m；顶棚厚为 0.6m。其屏蔽结构详见图 10-1。②防护门铅当量为 8mm。
	核医学科	①核医学科控制区内淋洗分装室墙体为 240mm 厚的实心硫酸钡水泥砖（密度为 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ ），卫生间隔墙为 200mm 厚的加气砖，其他墙体为 240mm 厚的实心水泥砖（密度为 $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ ），顶棚为 150mm 厚的混凝土+50mm 厚的硫酸钡水泥（密度按 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ 计）。 ②核医学科控制区内淋洗分装室防护门为 18mmPb， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射窗为 20mm Pb， ^{18}F 注射窗为 30mmPb， ^{18}F 用房的防护门和观察窗为 8mmPb， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用房的防护门和观察窗为 6mmPb，控制区与监督区的连接门为 6mmPb。 ③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 ^{18}F 注射的针筒防护铅当量为 6mmPb，用于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射的针筒防护铅当量为 2mmPb。
	DSA	①DSA 机房内空尺寸为：6.3m×7.6m。②DSA 机房墙体为 240mm 厚的实心粘土砖（密度按 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 计），顶棚和底板厚为 150mm 厚的混凝土+10mm 厚的硫酸钡水泥，防护门和观察窗铅当量为 3mm。
	III类射线 装置	①放疗科 CT 模拟机房内空尺寸为 5.4m×10.3m；放射科 CT 机房内空尺寸为 5.8m×8.3m；放射科 DR 机房内空尺寸为 4.5m×5.9m；放射科胃肠机房和钼靶机房内空尺寸分别为 4.0m×5.9m 和 4.5m×5.3m。 ② III类射线装置机房墙体均为 240mm 厚的实心粘土砖（密度按 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 计）+15mm 厚的硫酸钡水泥，顶棚和底板厚为 150mm 厚的混凝土+15mm 厚的硫酸钡水泥，防护门和观察窗铅当量为 3mm。

安全措施	医用直线加速器机房和后装机机房拟设置门机联锁装置
	机房外均拟张贴警示标志、安装工作状态指示灯 放射性废物桶拟张贴电离辐射标志
	岗位职责和操作规程等工作制度拟在合适张贴上墙
个人防护	辐射工作人员均须参加辐射安全与防护培训取得培训合格证
	辐射工作人员均须佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测
	配置防护衣、防护围脖、铅屏风、铅围裙、铅背心、铅眼镜等防护用品
管理措施	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，并正在拟定辐射事故应急预案、辐射防护与安全保卫制度、辐射工作场所监测制度、个人剂量管理制度、培训和职业健康体检计划、操作规程、岗位职责、辐射设备维修保养制度等各项辐射安全管理制度



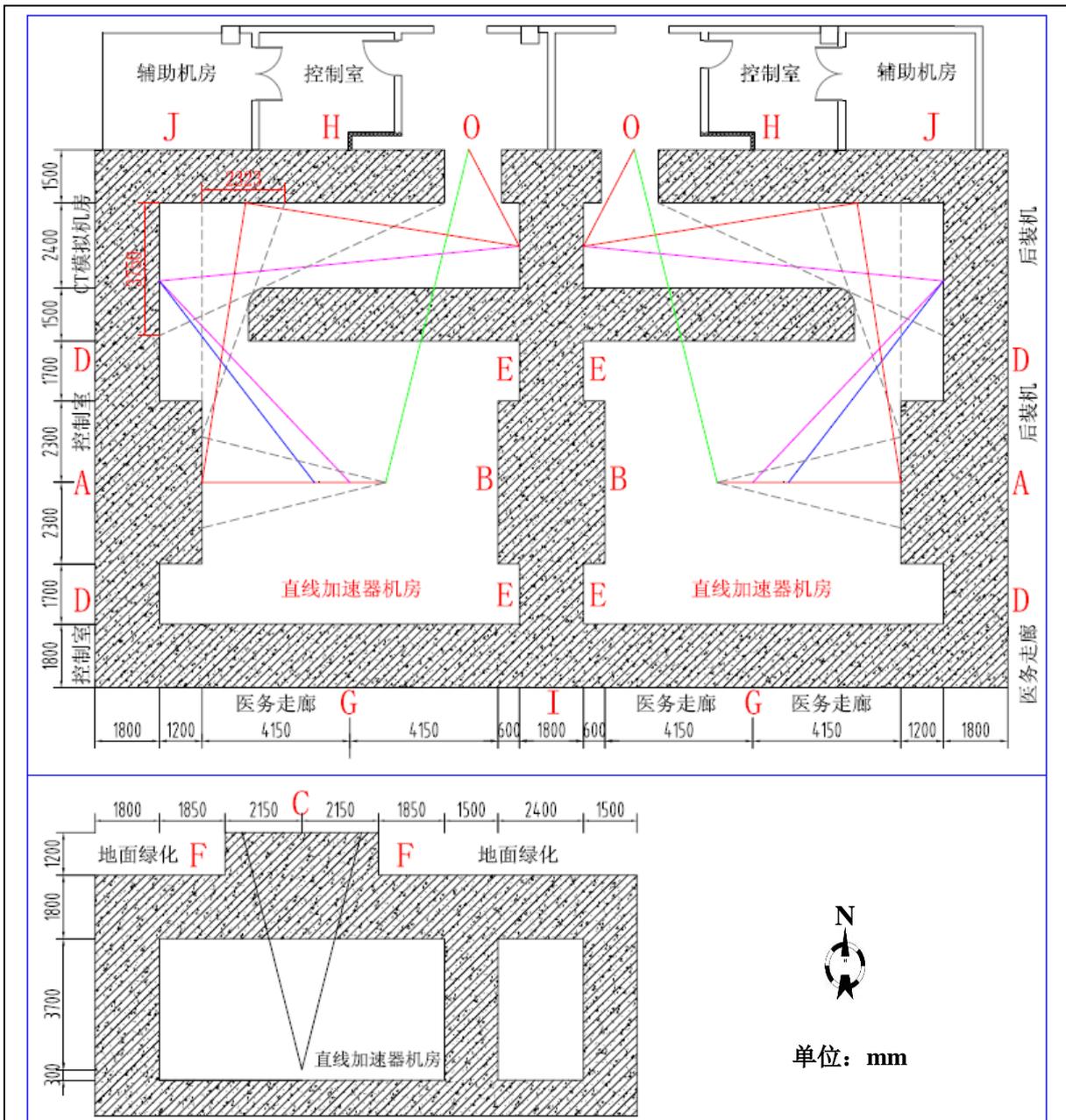


图 10-2 加速器机房屏蔽结构图

三废的治理:

(1) 医用直线加速器和后装机

医用直线加速器和后装机运行时，机房内会产生的一定量的臭氧和氮氧化物。该项目通风管道以 V 型或 Z 型穿屏蔽墙（未破坏加速器和后装机机房的屏蔽性能），加速器和后装机机房吊顶内分别安装 2 台和 1 台室内送风机，2 座加速器和后装机机房排风均由排风井引至地面排风机，排风量分别为 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 、 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 和 $750\text{m}^3/\text{h}$ 。排风机均安装在地面百叶窗机房内，具有较好的隔声效果，排风机设减震基础、通风管道均采用软性接头、排风口安装管式消声器，极大减少风机产生的噪声，综合降噪效

果可达 35dB(A)。

废源：后装机使用的放射源 ^{192}Ir ，一般约半年更换一次，废源由放射源供应厂家负责调换、运输、处置，医院负责日常安全管理。

(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。医院拟在住院楼东南角地下设置衰变池，在 SPECT 区域和 PET-CT 区域的废物间内分别设置一个放射性废水提升池，并安装智能化提升设备将放射性废水提升至衰变池。两个提升池均为 $1.6\text{m}\times 1.6\text{m}\times 1.6\text{m}$ ，容积约为 4m^3 ，衰变池由 1 个沉砂池、2 个集水池和 1 个水泵仓组成（衰变池设计图详见附图 10），为钢筋混凝土结构，1 个沉砂池和 2 个集水池的总容积约为 15.5m^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：该项目在淋洗分装室设置一个防护为 50mmPb 的通风柜，淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜设有独立通风管道，引至住院楼楼顶排放，能够有效减少放射性废气对工作人员的影响。核医学科其他房间则通过空调系统进行通风换气。

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：

安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目用房均为医院整体建设内容的组成部分，随医院整体施工完成并投入使用，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《安徽亳州宝璋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。根据医院提供的设计材料，加速器和后装机房通风管道以 V 型或 Z 型穿屏蔽墙（未破坏加速器和后装机机房的屏蔽性能），加速器和后装机机房吊顶内分别安装 2 台和 1 台室内送风机，2 座加速器和后装机机房排风均由排风井引至地面排风机，排风量分别为 1500m³/h、1500m³/h 和 750m³/h，两座加速器和后装机机房总体积分别为 290m³、290m³ 和 183m³，能确保满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）和《后装 γ 源近距离治疗卫生防护要求》（GBZ121-2017）中关于通风换气次数的要求（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

由污染源分析可知，经降噪后医用直线加速器和后装机机房排风噪声声功率级不大于 85dB(A)。由于排风机位于放疗科楼顶靠近地面，因此，采用半自由空间衰减模式进行预测：

$$L_A=L_{AW}-20lgr-8$$

式中： L_A 为 A 声压级，dB(A)； L_{AW} 为噪声源 A 声功率级，dB(A)； r 为噪声源距预测点距离，m。

根据医院提供的设计材料，排风机距离院区南、西、北边界距离较远，且有建筑物隔离，排风机噪声对其噪声贡献可忽略不计，因此重点关注对东侧院区边界和院区内敏感建筑的影响。排风机与东侧院区边界有 107m 远，与东侧实习教学楼有 35m 远，与南侧住院楼有 23m 远，与西侧医技楼有 65m 远，与北侧门诊楼有 21m 远，医用直线加

速器和后装机机房排风机周边环境详见附图 2，受医用直线加速器和后装机机房排风噪声影响预测结果见表 11-1。

表 11-1 排风机噪声预测参数与结果

预测点位	L_{AW} (dB(A))	r (m)	贡献值 (dB(A))	院区环评贡献值 (dB(A))	背景值 (dB(A))	预测值 (dB(A))	噪声增量 (dB(A))
医院东侧边界 (东侧散户居民)	85	107	36.4	19.5	56.8	56.8	0
实习教学楼	85	35	46.1	19.5	56.8	57.2	0.4
住院楼	85	23	50.9	13.7	55.5	56.8	1.3
医技楼	85	65	40.7	20.2	55.7	55.8	0.1
门诊楼	85	21	50.6	12.4	56.8	57.7	0.9

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，医院东侧院区边界（隔着学苑路的散户居民）和院区内敏感建筑外（东侧 35m 处的实习教学楼，南侧 23m 处的住院楼，西侧 65m 处的医技楼，北侧 21m 处的门诊楼）昼间声环境预测值在 55.8~57.7dB(A) 范围内，与声环境现状相比增量较小，能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

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：院区医疗废水产生量为 712.48m³/d，院区污水处理站设计规模为 860m³/d，该项目核医学科日均产生放射性废水量约为 0.69m³，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 678.9t/a，院区设有医疗废物临时贮存场，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。

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 11-2 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)	射线最大出线角
		X 射线	电子束	X 射线	电子束			
待定	钨合金	≤10	≤22	≤2400	≤2400	±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地下一层西北角放疗科，采用密度为 2.35g/cm³ 混凝土浇筑。两座加速器机房对称布置，共用一道屏蔽墙，其主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m；东侧和西侧主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m；南侧屏蔽墙厚为 1.8m；北侧为迷道，迷道内外墙均为 1.5m；顶棚主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m。拟安装含硼聚乙烯防护门（铅当量 12mm，硼聚乙烯 BPE 厚度 150mm）。通风管道等穿墙管道均采用迷道式设计。

医用直线加速器机房楼顶为地面绿化，东面为后装机房，南面隔着放疗科医务走廊为放疗科办公室，西面为 CT 模拟机房和控制室，北面为控制室和辅助机房等。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）。

(2) 主屏蔽宽度符合性分析

根据医院提供的设计方案，中间、两侧和顶棚主屏蔽墙宽度边界与主射束中心线的最小距离分别为 2.3m、2.3m、2.15m。靶与中间、两侧、顶棚主屏蔽墙外边界距离为 5.75m（未考虑隔壁机房凸起部分）、6.35m、6.7m，根据公式 $Y_p = d \tan(\theta/2) + 0.3$ （该公式适用包括“等中心点不在主屏蔽中垂线上”在内的所有情况， Y_p 为主屏蔽宽度边界与主射线束中心线的距离， d 为靶与主屏蔽墙外边界的距离， θ 为射线最大出线角度）可计算得到主屏蔽宽度的最小要求，即：中间、两侧、顶棚主屏蔽墙宽度边界与主射束中心线的最小距离分别为 1.73m、1.88m、1.97m。因此医用直线加速器机房主屏蔽设计宽度能满足要求。

(3) 机房面积符合性分析

两座加速器机房的有效使用面积均约为 66.4m²，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。

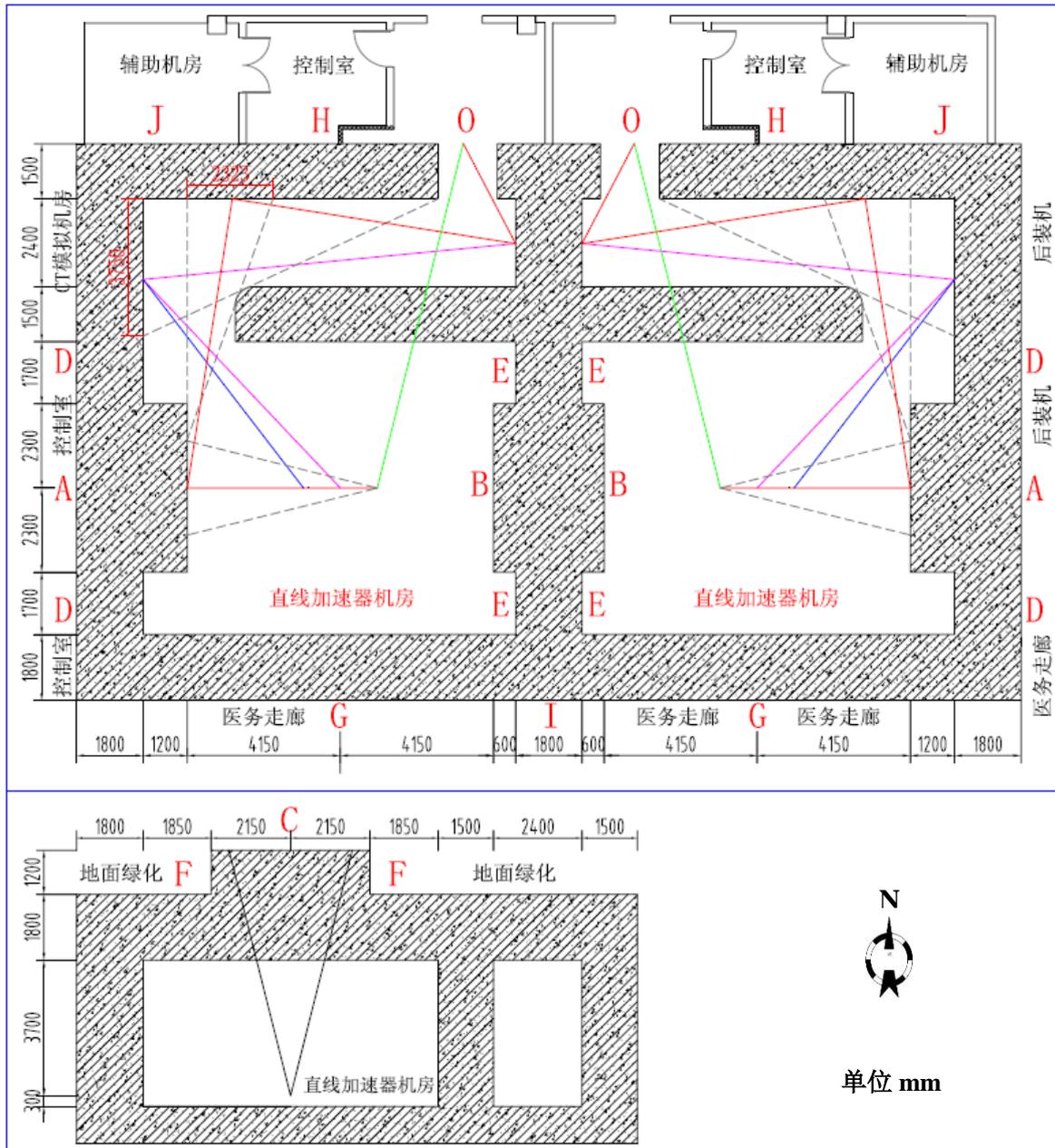


图 11-1 加速器机房屏蔽及预测点位设置示意图

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。

(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:

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

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

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 ，对于高能 ($> 10\text{MeV}$) 加速器 W 可取 500Gy/week 。医院根据设计规模和周边功能规划进行了预测：每台医用直线加速器每天诊疗 120 人次，平均每人使用剂量 4Gy ，年运行 250 天，即年使用剂量为 120000Gy (均按 10MeV 进行保守预测)，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，即在辐射源开束时间内，在区域内最大受照人员驻留的平均时间占开束时间的份额。

主屏蔽墙计算参数及结果见表 11-3。

表 11-3 主屏蔽墙屏蔽效果计算参数及结果

辐射能量 MeV	参考点	W Gy/	U	T	d_{pri} m	B_{pri}	TVL_1 m	TVL_e m	$t_{barrier}$ m	H_{pri} mSv/a
10	A	120000	1/4	1	8.45	1.00×10^{-8}	0.41	0.37	3.0	4.20×10^{-3}
	B		1/4	1	7.85	4.18×10^{-7}			2.4	2.04×10^{-1}
	C		1/4	1/4	7.70	1.00×10^{-8}			3.0	1.26×10^{-3}

注：B 点未考虑隔壁加速器机房凸起部分屏蔽效果。

(2) 次屏蔽墙 (D、E、F、G、H、I、J 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点的散射角取30°，G、H点的散射角取90°，I、J点的散射角取60°）；

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 11-4。

表 11-4 次屏蔽墙（区）散射辐射计算参数及结果

辐射能量 MeV	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
10	D	120000	1	1	8.59	3.18×10^{-3}	2.08	0.28	3.73×10^{-8}	40×40	7.71×10^{-4}
	E		1	1	7.82		2.07		4.05×10^{-8}		1.01×10^{-3}
	F		1/4	1	5.98		1.99		7.81×10^{-8}		8.34×10^{-4}
	G		1	1	6.11	3.81×10^{-4}	1.80	0.18	1.00×10^{-10}		4.90×10^{-7}
	H		1	1	9.70		3.00		2.15×10^{-17}		4.19×10^{-14}
	I		1	1	8.40	7.46×10^{-4}	2.49	0.22	4.18×10^{-12}		2.44×10^{-8}
	J		1	1	11.7		1.84		4.33×10^{-9}		1.13×10^{-5}

注：I点考虑两加速器机房的共同影响，实际剂量为上表预测结果的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：

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

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

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 —一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 11-5。

表 11-5 次屏蔽墙（区）漏射辐射计算参数及结果

辐射能量 MeV	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
10	D	120000×5	1	8.59	2.08	0.35	0.31	2.63×10^{-7}	2.14×10^{-3}
	E		1	7.82	2.07			2.83×10^{-7}	2.78×10^{-3}
	F		1/4	5.98	1.99			5.12×10^{-7}	2.15×10^{-3}
	G		1	6.11	1.80			2.10×10^{-6}	3.38×10^{-2}
	H		1	9.70	3.00			2.83×10^{-10}	1.80×10^{-6}
	I		1	8.40	2.49			1.25×10^{-8}	1.06×10^{-4}
	J		1	11.7	1.84			1.56×10^{-6}	6.83×10^{-3}

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；

I 点考虑两加速器机房的共同影响，实际剂量为上表预测结果的 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} 。

该加速器机房迷道为 Z 字型，较 L 型迷道射线多一次散射，由于多一次散射，射线强度和能量都将进一步降低，但关注点与最后一次散射面距离较近，不适用点源衰减模型，无法精确预测。因此，此次评价保守取最后一次散射面处的剂量作为防护门处的剂量。

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

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

式中： U_G —屏蔽墙的使用因子，取 0.25；

α_0 —主束散射面 A_0 的反射系数，取值参考 Table B.8a；

A_0 —等中心 1m 处最大照射野投影在屏蔽墙上的面积， m^2 ；

α_z —主束散射线经过迷道内口在迷道外墙内表面 A_z 上第二次散射时的反射系数，取值参考 Table B.8a；

A_z —主束散射线经过迷道内口在迷道外墙第二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。

表 11-6 H_S 计算主要参数数值及计算结果

辐射能量 MeV	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
10	120000	0.25	2.1×10^{-3}	4.24	8.0×10^{-3}	9.29	5.15	7.99	10.15	1.14×10^{-1}

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 Table B.8b；

A_1 —从门入口处可见的屏蔽墙面积， m^2 ；

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

表 11-7 H_{LS} 计算主要参数数值及计算结果

辐射能量 MeV	W Gy/a	U_G	α_1	A_1 m ²	L_f	d_{sec} m	d_{zz} m	H_{LS} mSv/a
10	120000×5	0.25	5.10×10^{-3}	15	0.001	7.17	10.15	2.17

注：上表预测结果中已考虑调强影响，综合调强因子取 5。

③主束通过患者体表散射产生的当量剂量率 H_{PS}

$$H_{PS} = \frac{\alpha(\theta)WU_G(F/400)\alpha_1A_1}{(d_{sca}d_{sec}d_{zz})^2} \quad (6)$$

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} —分别为一次射线和二次散射线所经过直线距离，m。

表 11-8 H_{PS} 计算主要参数数值及计算结果

辐射能量 MeV	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
10	120000	0.25	1.35×10^{-3}	40×40	2.2×10^{-2}	15	7.82	10.15	8.49

④穿过迷道内墙的泄露辐射当量剂量率 H_{LT}

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

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

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 11-9 H_{LT} 计算主要参数数值及计算结果

辐射能量 MeV	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
10	120000×3	0.25	0.001	1.35×10^{-5}	9.70	1.55	0.35	0.31	2.15×10^{-2}

注：上表预测结果中已考虑调强影响，综合调强因子取 5。

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 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 12mm；

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 11-10。

表 11-10 迷道防护门外的辐射当量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}	$H_{Tot-shield}$
3.19×10^{-2}	2.17	8.49	2.15×10^{-2}	28.3	2.83×10^{-2}

(4) 屏蔽墙外当量剂量统计及分析

屏蔽墙外各预测点的当量剂量详见表 11-11。

表 11-11 屏蔽墙外各预测点的当量剂量

预测点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	O
预测剂量值 (mSv/a)	4.20 $\times 10^{-3}$	2.04 $\times 10^{-1}$	1.26 $\times 10^{-3}$	2.91 $\times 10^{-3}$	3.79 $\times 10^{-3}$	2.98 $\times 10^{-3}$	3.38 $\times 10^{-2}$	1.80 $\times 10^{-6}$	2.13 $\times 10^{-4}$	6.84 $\times 10^{-3}$	2.83 $\times 10^{-2}$
剂量管理限值 (mSv/a)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	5	0.25	5	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，医用直线加速器机房外各预测点当量剂量在 $1.80 \times 10^{-6} \sim 2.04 \times 10^{-1} mSv/a$ 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。

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拟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，必须释放应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。

所有应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、后装机辐射环境影响分析

3.1 后装机机房屏蔽设计分析

(1) 后装机机房屏蔽设计

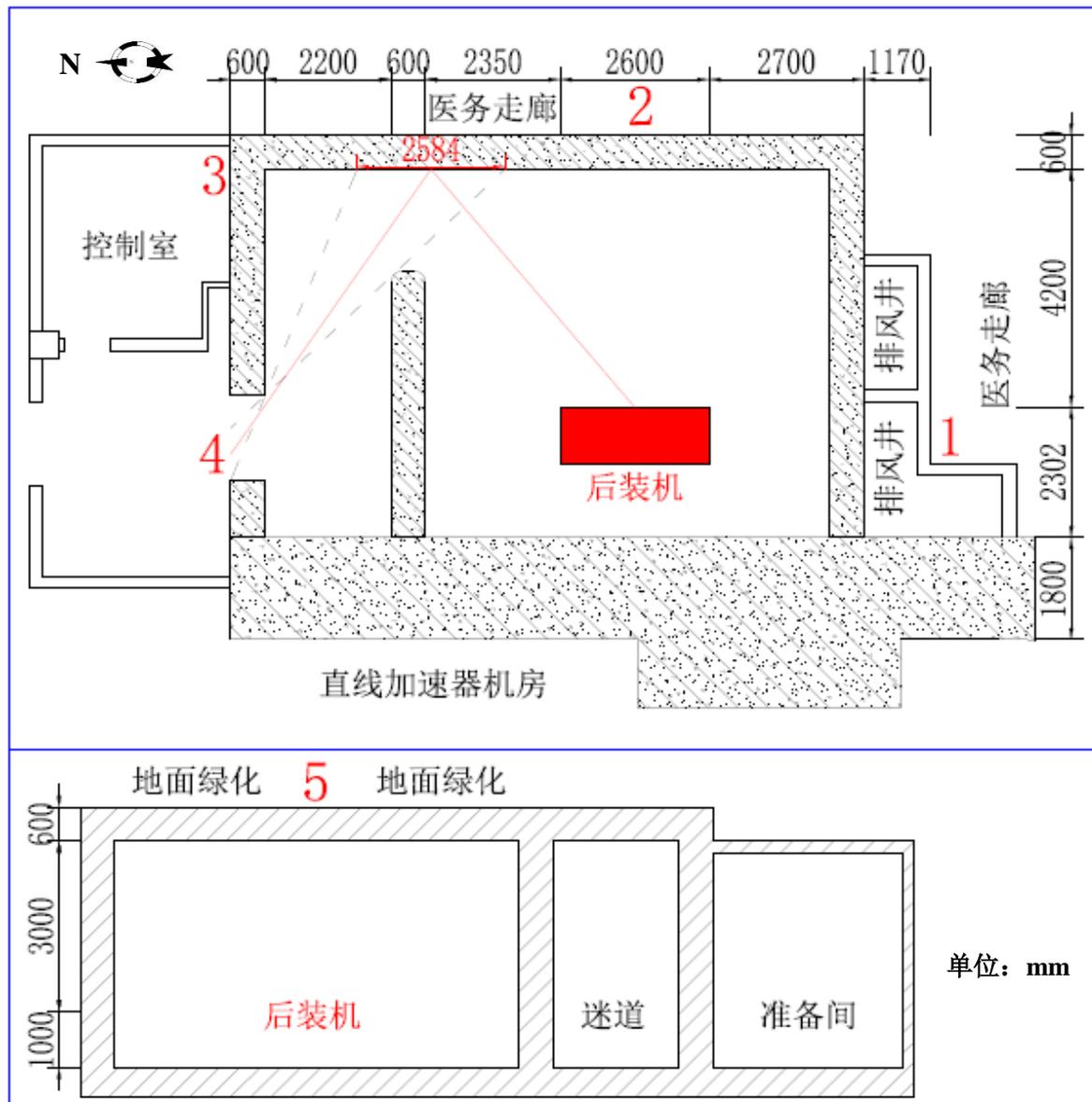
后装机机房位于地下一层放疗科，采用密度为 2.35g/cm^3 混凝土浇筑。后装机机房北侧为迷道，迷道内、外墙厚均为 0.6m ；东侧、南侧墙厚均为 0.6m ；南侧与加速器机房共用屏蔽墙，主屏蔽墙厚为 3.0m ，次屏蔽墙厚为 1.8m ；顶棚厚为 0.6m 。拟安装铅当量 8mm 防护门。通风管道等穿墙管道均采用迷道式设计。

后装机机房楼顶为地面绿化，后装机机房东面隔着通道为土壤层，南面隔着医务走廊为放疗科办公室，西面为加速器机房，北面为控制室等。后装机机房设计结构及预测点位分布示意图详见图 11-2（阴影部分为治疗源可能活动的范围，对于不同关注点分别以最近距离进行保守预测，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）。

(2) 机房符合性分析

后装机机房的有效使用面积约为 45.8m^2 ，控制室位于后装机房北侧屏蔽墙外，能够满足《后装 γ 源近距离治疗卫生防护要求》（GBZ121-2017）中“5.1 治疗室必须与准

备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m²”的规定要求。



注：摆位时医生与治疗头的距离平均约 1m，设为预测点 6。

图 11-2 后装机机房屏蔽及预测点位设置示意图

3.2 后装机房屏蔽效果分析

此评价报告对后装机机房屏蔽效果的评述，依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014) 中的计算模式和相关参数。

(1) 初始射线辐射影响分析

初始射线所致屏蔽墙外剂量率计算公式：

$$H = \frac{B \cdot \Gamma \cdot A}{d^2} \quad (9)$$

$$B = 10^{-\frac{t_{\text{barrier}}}{TVL}}$$

式中： H —预测点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

B —屏蔽减弱因子；

Γ —核素的空气比释动能常数， $\mu\text{Sv MBq}^{-1} \text{h}^{-1}$ ；

A —源强总活度， MBq ，该项目后装机拟使用活度为 10Ci 的 ^{192}Ir 密封源；

d —点源到墙外关心点 30cm 处的距离， m ；

TVL —十值层厚度， mm ；

t_{battier} —屏蔽层厚度， mm 。

初始射线辐射对后装机机房外环境的附加剂量率估算结果见表 11-12。

表 11-12 初始射线辐射对后装机机房外环境的附加剂量率估算结果

参考点	A	Γ	d	t_{battier}	TVL	B	H ($\mu\text{Sv/h}$)
1	3.70×10^5	0.111	4.17	600	152	1.13×10^{-4}	2.67×10^{-1}
2	3.70×10^5	0.111	5.10	600	152	1.13×10^{-4}	1.78×10^{-1}
3	3.70×10^5	0.111	9.52	663	152	4.35×10^{-5}	1.97×10^{-2}
4	3.70×10^5	0.111	6.05	600 混凝土 土+8 铅	152 混凝土 或 16 铅	3.57×10^{-5}	4.01×10^{-2}
5	3.70×10^5	0.111	4.60	600	152	1.27×10^{-7}	2.19×10^{-1}

(2) 散射射线辐射影响分析

散射剂量率可按式(10)进行预测计算：

$$H_s = \frac{A\Gamma}{d_1^2} \times \frac{\alpha S}{d_2^2} \quad (10)$$

式中： H_s —预测点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

d_1 —治疗中心距墙体散射面的距离，取 5.64m ；

α —散射系数，取 3.05×10^{-3} ；

S —散射面积，取 $(2.6\text{m} \times 4.0\text{m})$ ；

d_2 —预测点距散射面的距离， 6.50m 。

经计算得：初始射线经散射到达迷道入口处剂量率为 $0.97\mu\text{Sv/h}$ ，后装机房拟安装 8mm 铅当量的防护门，初始射线经 103° 散射后的射线能量约为 0.197MeV ，保守取 0.2MeV 对应的 TVL (5mmPb)，可得防护门外的剂量率为 $2.41 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 漏射线辐射影响分析

根据《后装 γ 源近距离治疗卫生防护要求》(GBZ121-2017) 第 4.2.2 条：距离贮

源器表面 1m 处的球面上，因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5\mu\text{Sv/h}$ 。此次评价工作人员摆位处剂量率按 $5\mu\text{Sv/h}$ 计。

(4) 剂量估算

根据医院提供的资料，后装机机房建成投入使用后，预计平均每天接待治疗病人不超过 20 人次，平均每位病人治疗时间约 10 分钟，医生指导摆位时间约 4 分钟，年运行 250 天。根据上面的辐射剂量率的计算结果，推算得到放射工作人员和公众的年剂量，结果详见表 11-13。

表 11-13 放射工作人员和公众的年剂量估算结果

参考点	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间 (h)	居留因子	预测当量剂量 (mSv/a)	剂量管理限值 (mSv/a)	备注
1	2.67×10^{-1}	833	1	2.22×10^{-1}	0.25	公众
2	1.78×10^{-1}	833	1	1.48×10^{-1}	0.25	公众
3	1.97×10^{-2}	833	1	1.64×10^{-2}	5	控制室医生
4	2.41×10^{-2}	833	1	2.01×10^{-2}	0.25	公众
5	2.19×10^{-1}	833	1/4	4.56×10^{-2}	0.25	公众
6	5	333	1	1.67	5	摆位医生

由预测结果可知，在正常工作状态下，后装机机房的辐射工作人员年所受附加剂量在 $1.64 \times 10^{-2} \sim 1.67 \text{mSv/a}$ ，低于项目剂量管理限值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ）；公众年所受附加剂量在 $2.01 \times 10^{-2} \sim 2.22 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ 范围内，低于项目剂量管理限值（公众年有效剂量不超过 0.25mSv ），均符合《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。

3.3 放射源安全管理

该项目后装机使用的铯-192 为 III 类密封源，存在密封源失控的潜在危险。安徽亳州宝璋医院应建立放射源台帐，强化了安全保卫措施，防止放射源丢失。设备定期更换的铯-192 放射源拟由生产厂家委托有放射性物质运输资质的单位负责将铯-192 运至安徽宝璋医院，并委派安装调试人员前往医院负责安装调试，废源也将由生产厂家负责回收。

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 11-14 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 11-15 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 11-16 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
⁸⁹ Sr	液态 二氯化锶	每人每次用量 4mCi, 年治疗 250 人次, 每周开展一次, 一天最多治疗 5 人次	注射 (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- ^{99m} Tc	液态 高锝酸钠	每人每次用量 25mCi, 年诊断 6000 人次, 每周开展五次, 一天最多 30 人次	淋洗、分装、注射 (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 2500 人次, 每周开展五次, 一天最多 15 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 11-17 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)
⁸⁹ Sr	7.40×10 ⁸	中毒	0.1	简单	液态	1	7.40×10 ⁷
⁹⁹ Mo	2.78×10 ¹⁰	中毒	0.1	贮存	固态	1000	2.78×10 ⁶
^{99m} Tc	2.78×10 ¹⁰	低毒	0.01	很简单	液态	10	2.78×10 ⁷
¹⁸ F	5.55×10 ⁹	低毒	0.01	很简单	液态	10	5.55×10 ⁶
合计							1.10×10 ⁸

注：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 $1.10 \times 10^8 \text{Bq}$ ，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

核医学科控制区内淋洗分装室墙体均为 240mm 厚的实心硫酸钡水泥砖（密度为 3.2g/cm^3 ），卫生间隔墙均为 200mm 厚的加气砖，其他墙体均为 240mm 厚的实心水泥砖（密度为 2.0g/cm^3 ），顶棚为 150mm 厚的混凝土+50mm 厚的硫酸钡水泥（密度为 3.2g/cm^3 ）。

核医学科控制区内淋洗分装室防护门为 18mmPb， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射窗为 20mm Pb， ^{18}F 注射窗为 30mmPb， ^{18}F 用房的防护门和观察窗为 8mmPb， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用房的防护门和观察窗为 6mmPb，控制区与监督区的连接门为 6mmPb。

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 ^{18}F 注射的针筒防护铅当量为 6mmPb，用于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射的针筒防护铅当量为 2mmPb。

该项目核医学科放射性废水的收集均采用铸铁管道，具有一定的防护效果，且大多为铺设在地下，放射性废水的辐射影响很少，应重点关注的跨楼层管道。该项目核医学科位于地下一层，而衰变池位于地面，可能存在暴露的跨楼层管道，正常情况下垂直管道中无放射性废水滞留，其辐射影响很小。医院应定期对暴露的跨楼层管道进行查漏检修并监测，若周围辐射剂量较高，则须采取屏蔽措施对管道进行包裹。

(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 $^{18}\text{F-FDG}$ 和 $^{89}\text{SrCl}_2$ 是由供货商提供配送， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由钼铯发生器经淋洗后得到，放射性药物在淋洗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。因此该项目在淋洗分装室设置一个防护铅当量为 50mmPb 的通风柜（工作中风速应不小于 1m/s），放射性药物的分装和测试操作均在通风柜内进行，能够有效减少产生的放射性废气对工作人员的影响。通风柜和放射性药物所涉及的功能用房均设有排风系统，通过管道引至住院楼楼顶排放。

(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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{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。

为限制排放总量, 医院拟在住院楼东南角地下设置衰变池, 在 SPECT 区域和 PET-CT 区域的废物间内分别设置一个放射性废水提升池, 并安装智能化提升设备将放射性废水提升至衰变池。两个提升池均为 $1.6\text{m} \times 1.6\text{m} \times 1.6\text{m}$, 容积约为 4m^3 , 衰变池由 1 个沉砂池、2 个集水池和 1 个水泵仓组成 (衰变池设计图详见附图 10), 为钢筋混凝土结构, 1 个沉砂池和 2 个集水池的总容积约为 15.5m^3 。

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。

核医学科年接待 8750 人次, 每人产生废水量按 15L 计算, 医务人员 8 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 251m^3 (日均约 0.69m^3), 日均产生放射性废水量约为 0.69m^3 , 在不考虑两提升池的储存衰变时间, 放射性废水仅在衰变池的衰变时间长达 $15.5/0.69=22.5$ 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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (6h) 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。

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间, 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。

4.3 SPECT 和 PET-CT 机房屏蔽措施评价

根据安徽亳州宝璋医院采购计划，SPECT 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 11-18。

表 11-18 SPECT 和 PET-CT 机房符合性分析

	屏蔽材料及厚度	标准要求	符合性
SPECT 机房			
墙体	240mm 厚的实心水泥砖（密度按 2.0g/cm ³ 计） 约 2.0mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
顶板	150mm 厚的混凝土+50mm 厚的硫酸钡水泥（密度为 3.2g/cm ³ ），约 6.5mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
防护门	6mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
观察窗	6mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
内空尺寸	7.02m×7.88m	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	240mm 厚的实心水泥砖（密度按 2.0g/cm ³ 计） 约 2.0mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
顶板	150mm 厚的混凝土+50mm 厚的硫酸钡水泥（密度为 3.2g/cm ³ ），约 6.5mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
防护门	8mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
观察窗	8mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
内空尺寸	7.55m×7.62m	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，安徽亳州宝璋医院 SPECT 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 剂量预测

⁸⁹Sr 放射性核素由厂家进行分装，骨转移灶病变部位 ⁸⁹Sr 药物浓聚量很高，正常组织吸收很少，⁸⁹Sr 衰变产生能量 1.46MeV 的 β 射线穿透能力仅 2~3mm，对周围环

境及人员无明显的辐射影响。

核医学科辐射工作人员及周边公众所受年附加剂量计算公式如下：

$$H = \frac{A\Gamma}{R^2} \cdot 10^{-\frac{d}{D}} \cdot t \quad (11)$$

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 —屏蔽体的实际厚度，mm； D —十值层厚度，mm； t —接触时间，h。

⁹⁹Mo-^{99m}Tc 发生器淋洗分装、¹⁸F-FDG 分装及活度测量每天均需约 1h，工作人员距离药物约 0.5m；注射由两位工作人员完成，距离药物约 0.3m，每位病人完成注射约需 20s；核医学科设一间 SPECT 候诊室、三间 PET-CT 候诊室，SPECT 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；扫描后的病人进入相应的留观室观察约 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。

辐射工作人员及周边公众所受年附加剂量预测参数及结果详见表 11-19。

表 11-19 辐射工作人员及周边公众所受年附加剂量预测参数及结果

预测点位		A (MBq)	R (m)	Γ (mSv h ⁻¹ MBq ⁻¹)	t (h)	d (mm)	D (mm)	H (mSv/a)	备注	
储源分装室	分装	5.55×10 ⁶	0.5	5.40×10 ⁻⁴	1	50	1	5.15×10 ⁻¹	^{99m} Tc	
	医生	9.25×10 ⁵	0.5	1.43×10 ⁻⁴	1	50	16.6		¹⁸ F	
	注射	护士	9.25×10 ²	0.3	5.40×10 ⁻⁴	33.3×1/2	2	1	2.70	^{99m} Tc
			370	0.3	1.43×10 ⁻⁴	13.9×1/2	6	16.6		¹⁸ F
	楼上		9.25×10 ²	5.2	5.40×10 ⁻⁴	33.3	218	10	1.57×10 ⁻³	^{99m} Tc
			370	5.2	1.43×10 ⁻⁴	13.9	218	176		¹⁸ F
	墙外		9.25×10 ²	2.0	5.40×10 ⁻⁴	33.3	327	10	2.55×10 ⁻³	^{99m} Tc
			370	2.0	1.43×10 ⁻⁴	13.9	327	176		¹⁸ F
	防护门外		9.25×10 ²	2.0	5.40×10 ⁻⁴	33.3	12	1	3.48×10 ⁻²	^{99m} Tc
			370	2.0	1.43×10 ⁻⁴	13.9	12	16.6		¹⁸ F
	SPECT候诊室	楼上	9.25×10 ²	5.2	5.40×10 ⁻⁴	1500	218	10	4.39×10 ⁻²¹	^{99m} Tc
		墙外	9.25×10 ²	2.0	5.40×10 ⁻⁴	1500	204	10	7.46×10 ⁻¹⁹	^{99m} Tc
SPECT扫描间	摆位医生	9.25×10 ²	0.5	5.40×10 ⁻⁴	50	2	1	9.99×10 ⁻¹	^{99m} Tc	
	楼上	9.25×10 ²	5.2	5.40×10 ⁻⁴	1500	218	10	4.39×10 ⁻²¹	^{99m} Tc	
	墙外	9.25×10 ²	4.2	5.40×10 ⁻⁴	1500	204	10	1.69×10 ⁻¹⁹	^{99m} Tc	
	防护门外	9.25×10 ²	4.4	5.40×10 ⁻⁴	1500	6	1	3.87×10 ⁻⁵	^{99m} Tc	

	观察窗外	9.25×10^2	4.4	5.40×10^{-4}	1500	6	1	3.87×10^{-5}	^{99m}Tc
SPECT 留观室	楼上	9.25×10^2	5.2	5.40×10^{-4}	2000	218	10	5.86×10^{-21}	^{99m}Tc
	墙外	9.25×10^2	2.0	5.40×10^{-4}	$2000 \times 1/4$	204	10	2.49×10^{-19}	^{99m}Tc
PET-CT 候诊室	楼上	370	5.2	1.43×10^{-4}	625	218	176	7.06×10^{-2}	^{18}F
PET-CT 扫描间	摆位医生	278	0.5	0.92×10^{-4}	20.8	0	16.6	2.13	^{18}F
	楼上	278	5.2	0.92×10^{-4}	1250	218	176	6.84×10^{-2}	^{18}F
	墙外	278	4.3	0.92×10^{-4}	1250	204	176	1.20×10^{-1}	^{18}F
	防护门外	278	4.3	0.92×10^{-4}	1250	8	16.6	5.71×10^{-1}	^{18}F
	观察窗外	278	4.3	0.92×10^{-4}	1250	8	16.6	5.71×10^{-1}	^{18}F
PET-CT 留观室	楼上	230	5.2	0.92×10^{-4}	833	218	176	3.77×10^{-2}	^{18}F
	墙外	230	2.0	0.92×10^{-4}	$833 \times 1/4$	204	176	7.65×10^{-2}	^{18}F

经预测可知：辐射工作人员所受最大附加剂量为 2.70mSv/a，公众所受最大附加剂量为 1.20×10^{-1} mSv/a，均低于管理限值（辐射工作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。实际上由于病人身体对放射性药物也有一定的屏蔽作用，且随着时间有一定衰减，辐射剂量也随之降低。

核医学科医护人员和患者陪护人员所受剂量与病人数量、用药量、距离、时间等诸多因素有关。医院应加强对用药病人的管理和病人家属、陪护人员防护指导，尽可能减少不必要的照射。

4.4 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、DSA 辐射环境影响分析

5.1 机房符合性分析

根据安徽亳州宝璋医院采购计划，DSA 管电压不超过 150kV，并为床下球管。DSA 机房四周墙体为 240mm 厚的实心粘土砖（密度按 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 计），顶棚和底板厚为 150mm 厚的混凝土+10mm 厚的硫酸钡水泥，防护门和观察窗铅当量为 3mm。DSA 机房符合

性分析见表 11-20。

表 11-20 DSA 机房符合性分析

	屏蔽材料及厚度/机房尺寸	标准要求	符合性
墙体	240mm 厚的实心粘土砖（密度按 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 计） 约 2.0mm 铅当量	2.0mm 铅当量	符合
地顶板	150mm 厚的混凝土+10mm 厚的硫酸钡水泥 约 2.5mm 铅当量	2.0mm 铅当量	符合
防护门	3mm 铅当量	2.0mm 铅当量	符合
观察窗	3mm 铅当量	2.0mm 铅当量	符合

从机房符合性分析可知，安徽亳州宝璋医院 DSA 机房拟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。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；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。

5.2 辐射环境影响分析

该项目设计方案中所设计的 DSA 机房屏蔽体厚度符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求。

按照 GBZ130-2013 的规定，一般 X 射线诊断装置机房外 0.3m 处周围剂量当量率最大限值为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，采用此值对公众所受年有效剂量进行保守估算。以楼上腔镜诊疗中心办公室为关键场所，按每周工作 5 天，平均每天做两台手术，平均每台手术曝光 20 分钟，使用因子为 1/3，居留因子为 1 进行估算，则公众人员所受年有效剂量为 0.14mSv ，能满足项目剂量管理限值 0.25mSv 的要求。

在 DSA 透视下近台为病人做介入手术的医生，因暴露在辐射场下会受到较大剂量照射。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 $400\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，以此值对介入手术医生所受年有效剂量进行保守估算。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。平均每位介入医生按每个工作日一台手术，每年做 250 台手术，平均每台手术曝光时间 20 分钟，则医生所受年有效剂量为 6.7mSv ，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》（GB18871-2002）中关于剂量限值的要求。该剂量小于 $10\text{mSv}/\text{a}$ 管理目标值。

5.4 介入治疗防护措施

介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，为此医院为工作人员配备了铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等防护用品。医院除应加强对从事介入手术医务工作人员的个人剂量管理工作，确保每名介入医务人员年有效剂量不超过 10mSv 的目标管理限值，还应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

1) 操作中减少透视时间和次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

2) 一般说来，降低病人的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应技术熟练，以减少病人和介入人员的剂量。

3) 所有在介入放射手术室内的工作人员都应开展个人剂量监测，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，不断减少工作人员的受照剂量。

4) 设备必须符合国际或者国家标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，尽可能提高图像质量。

5) 加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。

6) 从事手术操作的临床医生防护服的铅当量不应低于 0.35mm；其他的防护用品的铅当量不应低于 0.25mm（手套除外）。

7) 介入人员应该结合设备的特点，了解一些降低剂量的方法，加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。

8) 介入操作时个人剂量计的佩戴方式应在腰部位置铅衣内侧和颈部（衣领位置）铅衣外侧各佩戴一个，用以检测估算放射工作人员的全身有效剂量；颈部（衣领位置）铅衣外侧各佩戴的剂量计可用来估算甲状腺和眼晶体的受照剂量。有条件的可在手部和眼晶状体部位佩戴个人剂量计。有效剂量计算公式为（出自 IAEA2006 年出版的《诊断放射学和介入程序用 X 射线的应用辐射安全标准》）：

$$E = 0.5 H_w + 0.025 H_n$$

其中， E ：有效剂量； H_w ：腰部铅衣下测量剂量； H_n ：颈部铅衣外测量剂量。

9) 介入放射学工作人员个人剂量监测值当年累积达到 5mSv 或超过时, 该年度剩余时间内不得从事介入放射学工作。

6、Ⅲ类射线装置辐射环境影响分析

根据医院的采购计划, 拟购 1 台 CT 模拟机、2 台 CT 机、3 台 DR 机、1 台数字胃肠机的管电压不超过 150kV, 拟购 1 台乳腺钼靶机的管电压不超过 100kV。其机房符合性分析见表 11-21。

表 11-21 Ⅲ类射线装置机房符合性分析

	屏蔽材料及厚度	标准要求	符合性
CT 模拟定位机房、CT 机房			
墙体	240mm 厚的实心粘土砖+15mm 厚的硫酸钡水泥 约 3.5mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
地、顶板	150mm 厚的混凝土+15mm 厚的硫酸钡水泥 约 3.0mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
防护门	3.0mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
观察窗	3.0mm 铅当量	2.5mm 铅当量	符合
内空尺寸	CT 模拟机房为 5.4m×10.3m CT 机房为 5.8m×8.3m	最小有效使用面积 30m ² 最小单边长度 4.5m	符合
DR 机房、数字胃肠机房			
墙体	240mm 厚的实心粘土砖+15mm 厚的硫酸钡水泥 约 3.5mm 铅当量	3.0/2.0mm 铅当量	符合
地、顶板	150mm 厚的混凝土+15mm 厚的硫酸钡水泥 约 3.0mm 铅当量	3.0/2.0mm 铅当量	符合
防护门	3.0mm 铅当量	3.0/2.0mm 铅当量	符合
观察窗	3.0mm 铅当量	3.0/2.0mm 铅当量	符合
内空尺寸	DR 机房为 4.5m×5.9m 数字胃肠机房为 4.0m×5.9m	最小有效使用面积 30m ² 最小单边长度 3.5m	符合
乳腺钼靶机房			
墙体	240mm 厚的实心粘土砖+15mm 厚的硫酸钡水泥 约 3.5mm 铅当量	1.0mm 铅当量	符合
地、顶板	150mm 厚的混凝土+15mm 厚的硫酸钡水泥 约 3.0mm 铅当量	1.0mm 铅当量	符合
防护门	3.0mm 铅当量	1.0mm 铅当量	符合
观察窗	3.0mm 铅当量	1.0mm 铅当量	符合
内空尺寸	4.5m×5.3m	最小有效使用面积 10m ² 最小单边长度 2.5m	符合

从机房符合性分析可知, 安徽亳州宝璋医院上述 8 台射线装置机房拟采取的屏蔽

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。控制室内的辐射工作人员和机房外的公众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。在投入使用之前，医院应在控制室适当位置张贴岗位职责和操作规程，防护门外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；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。

7、产业政策符合性分析

随着利辛县不断发展，人口不断增加，为解决广大群众就医难，推动利辛县卫生事业健康发展，根据医院建设规划，医院拟设置 2 台医用直线加速器、1 台后装机、1 台 CT 模拟机、1 台 DSA、2 台 CT 机、3 台 DR 机、1 台乳腺钼靶机、1 台数字胃肠机以及核医学科（拟开展 ^{89}Sr 骨转移癌治疗、 $^{99\text{m}}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断——配套使用 1 台 SPECT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用 1 台 PET-CT 和 3 枚 ^{68}Ge 校准源），该项目已获得利辛县发展改革委备案（详见附件 3）。

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。

8、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。安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设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。

9、选址合理性分析

该项目涉及的放疗科（医用直线加速器、后装机、CT 模拟机）位于地下一层西北角，东面和北面隔着污物通道为土壤层，南面为核医学科，西面为变配电房和柴油发电机房等，楼上为地面绿化，无地下二层。

该项目涉及的核医学科位于地下一层东南角，东面隔着污物通道为各种机房，南面隔着污物通道为土壤层，西面为电梯厅和各种设备机房等，北面为放疗科，楼上为营养餐厅厨房等，无地下二层。

该项目涉及的介入科（DSA）位于门诊楼四层，DSA 机房东面为医生办公室和导

管室，南面隔着准备和洁品间为洁净通道，西面为 UPS 室、值班室和污物通道，北面为污物通道，楼上为上人屋面，楼下为中医皮肤门诊用房等。

该项目涉及的放射科（CT 机、DR 机、数字胃肠机、乳腺钼靶机）位于医技楼一层，射线装置机房东面隔着放射科候诊大厅和内廊为室外绿化，南面隔着操作间和医务通道为住院药房，西面隔着设备间和医务通道为室外绿化，北面隔着放射科办公室和室外绿化为急诊留观区，楼上为功能检查和腔镜诊疗中心，楼下为地下消防水池和库房等。

该项目在院区的分布情况及周边关系详见附图 2 和附图 3~7（项目所在楼层及上下楼层平面布置图）。项目周边 50m 范围内基本全处于院区地块范围，周边 200m 范围除东面隔着学苑路有少量散户居民，无其他环境敏感目标，与最近的生态红线（西淝河）超过 5 公里。

从该项目所涉及放疗科（医用直线加速器、后装机、CT 模拟机）、核医学科、介入科（DSA）和放射科（CT 机、DR 机、数字胃肠机、乳腺钼靶机）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。

10、代价利益分析

安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设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，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，每次清污产生的废水量约 250L。而病人用药后，2 小时内 15~20%的放射性核素转移至膀胱，正常情况下人均放射性废水产生量约 35L。即：事故状态下放射性废水中的放射性核素浓度小正常情况产生的放射性废水，但因废水量较大，将减少事故前产生的放射性废水储存衰变时间。

事故状态下放射性废水最短储存衰变时间为 $(15.5-0.25) \text{ m}^3 / 0.69 \text{ m}^3 = 22$ 天，即在事故状态下，放射性废水最短储存衰变时间也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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (6h) 10 个半衰期接入医院污水处理站。

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，在放射性废物间内贮存 10 个半衰期 (18h) 后作为一般医疗废物处置，不会造成二次污染。

2、后装机事故分析

后装机如果发生治疗过程中放射源不能回到贮存位的事故，医生应及时通知治疗室内的病人迅速离开治疗现场，如果病人无法自行撤离，医生应迅速打开防护门，在最短时间内协助病人离开治疗室。在将病人救出治疗室后，封闭治疗室，并及时联系生产厂家，由生产厂家委派技术人员前往处理，到达现场后应及时制定详细的故障排除方案，本着剂量分担原则，专业技术人员在治疗机附近的工作时间不宜过长，进入现场应佩戴防护用品及个人剂量片，防护重点在头部及性腺部位。故障排除后，应对参加现场故障排除的工作人员进行剂量评估。

对于违反操作规程、设备失效、管理不善等原因造成的事故情况，医院应完善制度、加强管理和教育培训，使射线装置始终处于监控状态，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。

安徽亳州宝璋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构架，并正在着手拟定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

安徽亳州宝璋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构架，并正在拟定辐射事故应急预案、辐射防护与安全保卫制度、辐射工作场所监测制度、个人剂量管理制度、培训和职业健康体检计划、操作规程、岗位职责、辐射设备维修保养制度等各项辐射安全管理制度。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

安徽亳州宝璋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

安徽亳州宝璋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，并购置相应的监测仪器（应至少购置 1 台活度计、1 台表面污染仪、1 台剂量巡测仪和 2 台剂量报警仪），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。

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
加速器及 DSA 等射线装置机房	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	每季度 1 次， 现异常时适当增加监测频次
后装机机房	机房内和后装机表面；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	每季度 1 次 现异常时适当增加监测频次
	机房内墙面和地面	表面沾污	参考验收监测结果，不应明显升高	每季度 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	每季度 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

安徽亳州宝璋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（送检同期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），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。

3、关于辐射安全与防护培训

安徽亳州宝璋医院放疗科拟配置 15 名辐射工作人员，核医学科拟配置 8 名辐射工作人员，放射科拟配置 12 名辐射工作人员。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。在取的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

安徽亳州宝璋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

安徽亳州宝璋医院应在每年 1 月 31 日前向安徽省生态环境厅和亳州市生态环境局上报上一年度评估报告。年度评估报告应当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

安徽亳州宝璋医院应根据医院核技术应用情况，制定《辐射事故应急预案》、《辐射安全和防护管理制度》、《仪器设备档案管理制度》、《仪器设备维修与保养制度》、《岗位职责》、《操作规程》、《放射性同位素使用制度》、《放射性同位素使用登记制度》、《放

射性废物管理制度》等一系列制度，并在日后的工作实践中根据遇到的实际问题，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）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。

表 13 三同时验收

“三同时”验收一览表:

针对安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目，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 核医学科	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: 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。医院拟在核医学科东南角地下三层设置衰变池，衰变池由 1 个沉砂池、2 个集水池和 1 个水泵仓组成，1 个沉砂池和 2 个集水池的总容积约为 15.5m ³ 。	超过 10 个半衰期接入医院污水处理站
	废气: 淋洗分装室设置一个防护为 50mmPb 的通风柜，放射性药物的淋洗、分装和测试操作均在通风柜内进行，通风柜设有独立通风管道，引至住院楼楼顶排放。	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淋洗分装室墙体为 240mm 厚的实心粘土砖（密度按 1.6g/cm ³ 计）+8mm 铅当量防护材料，顶棚为 200mm 厚的混凝土，防护门为 18mmPb；储源室墙体为 240mm 厚的实心粘土砖+6mm 铅当量防护材料，顶棚为 200mm 厚的混凝土，防护门为 12mmPb。②SPECT 机房墙体为 240mm 厚的实心粘土砖+2mm 铅当量防护材料，顶棚为 200mm 厚的混凝土+2mm 铅当量防护材料，防护门和观察窗均为 6mmPb，SPECT 机房内设 2mmPb 的铅屏风；SPECT 候诊室和留观室墙体为 240mm 厚的实心粘土砖+4mm 铅当量防护材料，顶棚为 200mm 厚的混凝土，防护门为 6mmPb。③PET-CT 机房墙体为 240mm 厚的实心粘土砖+4mm 铅当量防护材料，顶棚为 200mm 厚的混凝土+2mm 铅当量防护材料，防护门和观察窗均为 8mmPb；PET-CT 候诊室墙体为 240mm 厚的实心粘土砖+8mm 铅当量防护材料，顶棚为 200mm 厚的混凝土，防护门为 15mmPb；PET-CT 留观室墙体为 240mm 厚的实心粘土砖+6mm 铅当量防护材料，顶棚为 200mm 厚的混凝土，防护门为 8mmPb。④淋洗分装室内通风柜防护当量为 50mmPb，注射窗选用 30mmPb 的防护材料，注射有专用防护针筒，用于 ¹⁸ F 注射的针筒防护铅当量为 6mmPb，用于 ^{99m} Tc 注射的针筒防护铅当量为 2mmPb。	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，公众年有效剂量不超过 0.25mSv

防护措施	DSA	①DSA 机房内空尺寸为：5.7m×7.6m。 ②DSA 机房墙体为 240mm 厚实心粘土砖（密度按 1.6g/cm ³ 计）+20mm 厚硫酸钡板，顶棚和底板厚为 150mm +15mm 厚硫酸钡水泥，防护门和观察窗铅当量为 3mm。	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，公众年有效剂量不超过 0.25mSv
	III类射线装置	①放疗科 CT 模拟机房内空尺寸为 5.4m×10.3m；放射科 CT 机房内空尺寸分别为 4.5m×7.2m 和 4.7m×7.2m；放射科 DR 机房内空尺寸分别为 4.4m×5.9m、4.5m×5.9m 和 4.5m×5.9m；放射科胃肠机房和钼靶机房内空尺寸分别为 4.0m×5.9m 和 4.5m×5.3m。 ②放疗科 CT 模拟机房墙体为 240mm 厚实心粘土砖+30mm 硫酸钡板，顶棚厚为 200mm+25mm 硫酸钡水泥，防护门和观察窗铅当量为 3.5mm；放射科 CT 机房墙体均为 240mm 厚实心粘土砖+30mm 硫酸钡板，顶棚和底板厚为 150mm+25mm 硫酸钡水泥，防护门和观察窗铅当量为 3.5mm；DR、胃肠机房墙体均为 240mm 厚实心粘土砖+30mm 硫酸钡板，顶棚和底板厚为 150mm+15mm 硫酸钡水泥，防护门和观察窗铅当量为 3mm；钼靶机房墙体为 240mm 厚实心粘土砖+20mm 硫酸钡板，顶棚厚为 120mm+10mm 硫酸钡水泥，底板厚为 180mm，防护门和观察窗铅当量为 2mm。	
	加速器后装机	加速器机房屏蔽措施： 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，共用一道屏蔽墙，其主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m；东侧和西侧主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m；南侧屏蔽墙厚为 1.8m；北侧为迷道，迷道内外墙均为 1.5m；顶棚主屏蔽厚为 3.0m，次屏蔽厚为 1.8m。②防护门铅当量为 12mm，硼聚乙烯 BPE 厚度 150mm。 后装机机房屏蔽措施： ①机房采用密度为 2.35g/cm ³ 混凝土浇筑。北侧为迷道，迷道内外墙厚均为 0.6m；东侧、南侧墙厚均为 0.6m；南侧与加速器机房共用屏蔽墙，主屏蔽墙厚 3.0m，次屏蔽墙厚 1.8m；顶棚厚为 0.6m。②防护门铅当量为 8mm。	
		通风： 以 V 型或 Z 型穿过屏蔽墙，加速器和后装机机房吊顶内分别安装 2 台和 1 台室内送风机，2 座加速器和后装机机房排风均由排风井引至地面排风机，排风量分别为 1500m ³ /h、1500m ³ /h 和 750m ³ /h。排风机均安装在地面百叶窗机房内，具有较好的隔声效果，排风机设减震基础、通风管道均采用软性接头、排风口安装管式消声器，极大减少风机产生的噪声，综合降噪效果可达 35dB(A)。	
安全措施		医用直线加速器机房和后装机机房设置门机联锁装置	按要求设置
		机房外均张贴警示标志、安装工作指示灯 放射性废物桶张贴电离辐射标志	按要求设置
		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 表面沾污仪、1 台辐射剂量巡测仪、2 台辐射剂量报警仪	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	按要求佩戴/送检
		配置防护衣、防护围脖、铅屏风、铅围裙、铅背心、铅眼镜等防护用品	按要求配置/佩戴
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,辐射安全负责人应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《辐射事故应急预案》、《辐射安全和防护管理制度》、《仪器设备档案管理制度》、《仪器设备维修与保养制度》、《岗位职责》、《操作规程》、《放射性同位素使用制度》、《放射性同位素使用登记制度》、《放射性废物管理制度》、《监测方案》、《培训计划》、《职业健康体检计划》、等一系列规章制度	根据要求制定

以上措施应在项目投入使用前落实到位。

该项目总投资 10000 万元主要用于射线装置采购,以及机房防护(机房建设投资已纳入院区建设项目投资估算)和防护用品采购,其中安排用于环境保护方面的投资约 350 万元,占项目总投资的 3.5%。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	机房防护	215
2	防护门及门机连锁系统	85
3	监视对讲系统	10
4	工作指示灯及警示标志	5
5	防护设施、监测仪器	10
6	环境影响评价及竣工环保验收	25
合计		350

表 14 结论与建议

结论:

1、产业政策符合性

随着利辛县不断发展，人口不断增加，为解决广大群众就医难，推动利辛县卫生事业健康发展，根据医院建设规划，医院拟设置 2 台医用直线加速器、1 台后装机、1 台 CT 模拟机、1 台 DSA、2 台 CT 机、3 台 DR 机、1 台乳腺钼靶机、1 台数字胃肠机以及核医学科（拟开展 ^{89}Sr 骨转移癌治疗、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断——配套使用 1 台 SPECT、 ^{18}F 显像诊断——配套使用 1 台 PET-CT 和 3 枚 ^{68}Ge 校准源），该项目已获得利辛县发展改革委备案（详见附件 3）。

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。安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设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

安徽亳州宝璋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构架，并正在拟定辐射事故应急预案、辐射防护与安全保卫制度、辐射工作场所监测制度、个人剂量管理制度、培训和职业健康体检计划、操作规程、岗位职责、辐射设备维修保养制度等各项辐射安全管理制度。

4、环境现状评价

监测结果表明：安徽亳州宝璋医院拟建地块及周围辐射环境现状本底在 105~108nSv/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。安徽亳州宝璋医院拟建地块区域昼间噪声在 55.0~56.8dB(A) 范围内，夜间噪声在 44.5~47.7dB(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)）。

5、非辐射环境影响评价

5.1 大气环境影响分析

医用直线加速器和后装机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。根据医院提供的设计材料，加速器和后装机房通风管道以 V 型或 Z 型穿屏蔽墙（未破坏加速器和后装机机房的屏蔽性能），加速器和后装机机房吊顶内分别安装 2 台和 1 台室内送风机，2 座加速器和后装机机房排风均由排风井引至地面排风机，排风量分别为 1500m³/h、1500m³/h 和 750m³/h，两座加速器和后装机机房总体积分别为 290m³、290m³ 和 183m³，能确保满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）和《后装 γ 源近距离治疗卫生防护要求》（GBZ121-2017）中关于通风换气次数的要求（治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h）。

5.2 声环境影响分析

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，医院东侧院区边界和院区内敏感建筑外（东侧 35m 处的实习教学楼，南侧 23m 处的住院楼，西侧 65m 处的医技楼，北侧 21m 处的门诊楼）昼间声环境预测值在 55.8~57.7dB(A) 范围内，与声环境现状相比增量较小，能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

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 712.48m³/d，院区污水处理站设计规模为 860m³/d，该项目核医学科日均产生放射性废水量约为 0.69m³，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 678.9t/a，院区设有医疗废物临时贮存场，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

安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目采取的辐射安全和防护措施适当，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，在正常工作状态下，医用直线加速器机房外各预测点当量剂量在 $1.80 \times 10^{-6} \sim 2.04 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ 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。

后装机：根据预测结果可知，在正常工作状态下，后装机机房的辐射工作人员年所受附加剂量在 $1.64 \times 10^{-2} \sim 1.67 \text{mSv/a}$ ，低于项目剂量管理限值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）；公众年所受附加剂量在 $2.01 \times 10^{-2} \sim 2.22 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ 范围内，低于项目剂量管理限值（公众年有效剂量不超过 0.25mSv），均符合《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：根据预测结果可知，在正常工作状态下，核医学科辐射工作人员所受最大附加剂量为 2.70mSv/a，公众所受最大附加剂量为 $2.28 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，均低于管理限值（辐射工作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》（GB188 71-2002）中关于“剂量限值”的要求。实际上由于病人身体对放射性药物也有一定的屏蔽作用，且随着时间有一定衰减，辐射剂量也随之降低。

DSA 及Ⅲ类射线装置：从机房符合性分析可知，机房屏蔽防护措施、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》（GBZ130-2013）的要求。在投入使用前，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示志，并设置醒目的工作状态指示灯。

7、代价利益分析

安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设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，安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目符合实践正当性原则，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年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，在认真落实环评提出的要求，进一步完善辐射安全与环境保护管理机构和各项制

度的前提下，从辐射安全和环境影响的角度而言，安徽亳州宝璋医院购置医疗放射性设备建设项目的建设和运行是可行的。

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。

表 15 审批

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人

年 月 日