

核技术利用建设项目

徐州市第一人民医院新增 ^{177}Lu 核素治疗 和新增一台 DSA 项目环境影响报告表

徐州市第一人民医院

2026 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

徐州市第一人民医院新增 ^{177}Lu 核素治疗 和新增一台 DSA 项目环境影响报告表

建设单位名称：徐州市第一人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：徐州市铜山区大学路 269 号

邮政编码：221112

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	28
表 10 辐射安全与防护.....	40
表 11 环境影响分析.....	50
表 12 辐射安全管理.....	75
表 13 结论与建议.....	79
表 14 审批.....	85
附图.....	86
附图 1 徐州市第一人民医院地理位置图.....	86
附图 2 徐州市第一人民医院平面布局及评价范围示意图.....	87
附图 3 9 号楼 2 楼平面布局、分区及路线图.....	88
附图 4 9 号楼 3 楼平面布局图.....	89
附图 5 9 号楼 1 楼平面布局图.....	90
附图 6 35 号手术室改造前平面布局图.....	91
附图 7 35 号手术室改造后平面布局图.....	92
附图 8 6 号楼 4 楼平面布局图（改造后）.....	93
附图 9 6 号楼 5 楼平面布局图.....	94
附图 10 6 号楼 3 楼平面布局图.....	95
附图 11 核医学科衰变池平面及剖面布局图.....	96
附图 12 核医学科通风布局图.....	97
附件.....	98
附件 1: 委托书.....	98
附件 2: 射线装置、非密封放射性核素使用承诺书.....	99
附件 3: 辐射安全许可证.....	100
附件 4: 辐射环境现状检测报告.....	107
附件 5: 个人剂量监测报告.....	118
附件 6: 工作场所屏蔽措施.....	130
附件 7: 核医学科环评批复及环保竣工验收材料.....	133
附件 8: 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书.....	137
附件 9: 事业单位法人证书.....	140

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增 ¹⁷⁷ Lu 核素治疗和新增一台 DSA 项目			
建设单位		徐州市第一人民医院			
法人代表	殷海涛	联系人		联系电话	
注册地址		江苏省徐州市铜山区大学路 269 号			
项目建设地点		江苏省徐州市铜山区大学路 269 号			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		项目环保投 资(万元)		投资比例(环保 投资/总投资)	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性物质		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input 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 type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	项目概述				
1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来					
1.1 建设单位基本情况					
<p>徐州市第一人民医院(以下简称“医院”)暨徐州市红十字医院、徐州医科大学附属徐州市立医院、中国矿业大学附属医院,始建于 1935 年,是一所三级甲等综合医院。医院占地面积约 210 亩,总建筑面积 39 万平方米,开放床位 2500 张。医院成立了以徐州市第一人民医院为总医院的首家医疗事业集团,统一法人代表,进行实质融合。目前已扩充为“1+1+6”的集团框架,即徐州市第一人民医院为总院,铜山区人民医院为区级医院,大彭镇卫生院、焦山社区卫生服务中心、文沃社区卫生服务中心、驿城社区卫生服务中心、泉山区柳新人民医院、泰山南社区卫生服务中心为 6 个</p>					

基层分院。

1.2 项目建设规模及任务由来

1.2.1 新增 ^{177}Lu 核素治疗

医院核医学科位于 9 号楼 2 楼，包括核素显像诊断项目（SPECT/CT、PET/CT）和核素治疗项目（ ^{131}I 、 ^{89}Sr 等）。核医学科已于 2020 年 1 月 15 日取得环评批复（批复文号：苏环辐(表)审〔2020〕6 号），并已履行竣工环保验收手续，见附件 7。场所内已许可的核素包括 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{32}P 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm ，核医学科已许可核素日等效最大操作量约为 $3.95\text{E}+09\text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。

为了更好地为患者服务，医院拟在核医学科内开展 ^{177}Lu 核素治疗项目。核医学科设有 6 间甲癌病房（1#病房~6#病房），医院计划将 1#病房和 2#病房调整为 ^{177}Lu 核素治疗专用病房，3#~6#病房为甲癌专用病房，甲亢治疗核素量不变， ^{131}I 日最大操作量由 $3.55\text{E}+10\text{Bq}$ 调整为 $1.67\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量由 $1.85\text{E}+12\text{Bq}$ 调整为 $8.325\text{E}+11\text{Bq}$ 。 ^{177}Lu 单名患者注射 ^{177}Lu 药物最大为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，日最大患者数为 2 人，周最大患者数为 4 人，年最大患者数为 200 人，其日等效最大操作量为 $1.48\text{E}+09\text{Bq}$ （ $7.40\times 10^9\times 2\times 0.1$ （中毒）/1（简单操作）），年最大操作量为 $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ 。 ^{177}Lu 核素治疗与 ^{131}I 核素治疗错开进行， ^{177}Lu 核素治疗项目于周六、周日开展， ^{131}I 核素治疗项目于周一至周五开展。每次核素治疗结束后，医院应对本项目辐射工作人员进行表面污染监测，对手、皮肤暴露部分及工作服、鞋、帽和墙壁、地板、操作台面及门把手处进行表面污染监测，对从控制区带出的物品也要进行监测。本项目为扩建项目，医院依托核医学科内现有的分药室、固废间、病房等区域，对 ^{177}Lu 进行暂存、质控、注射等活动，场所布局、屏蔽防护措施、辐射安全措施、通风系统等均不变。

核医学科调整后使用核素情况见表 1-1。

表 1-1 核医学科调整后使用核素基本情况一览表

序号	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	许可情况	合计日等效最大操作量 (Bq)
1	^{18}F	$7.40\text{E}+06$	$2.22\text{E}+12$	已许可	$3.55\text{E}+09$
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$3.70\text{E}+07$	$1.11\text{E}+13$	已许可	

3	¹⁵³ Sm	1.85E+08	1.85E+10	已许可
4	³² P	1.48E+08	1.48E+11	已许可
5	⁸⁹ Sr	1.85E+07	7.40E+09	已许可
6	⁹⁹ Mo	3.70E+06	1.92E+12	已许可
7	¹³¹ I	1.67E+09	8.325E+11	调整
8	¹⁷⁷ Lu	1.48E+09	1.48E+12	新增

根据上表可知，核医学科调整核素后场所总日等效最大操作量为 3.55E+09Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中表 C1 可知，核医学科仍属于乙级非密封放射性物质工作场所范围（2E+07Bq~4E+09Bq）。

1.2.2 DSA 项目

为提升医院医疗技术和服务品质，满足广大患者的医疗健康需求，医院拟将 6 号楼（即手术中心）4 楼 35 号手术室（原为 C 臂机手术室）和西侧部分污物通道改造为一间 DSA 手术室及控制室，并在手术室内配备一台 DSA（型号待定）用于诊断及介入治疗。本项目为改建项目，改造前和改造后平面布局图分别见附图 6 和附图 7，本项目射线装置使用情况见下表。

表 1-2 本项目射线装置使用情况一览表

名称	类别	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
DSA	II	待定	125	1000	诊断、介入治疗	6 号楼 4 楼 35 号手术室	新增

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目涉及使用乙级非密封放射性物质、使用 II 类射线装置，应编制核技术利用项目环境影响评价报告表。受徐州市第一人民医院委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

徐州市第一人民医院位于徐州市铜山区大学路 269 号，其东侧为大学路，南侧为玫瑰大道，西侧和北侧为佛手山公园。医院地理位置见附图 1，平面布局及周围环境

见附图 2。

(1) ^{177}Lu 核素治疗项目

^{177}Lu 核素治疗项目位于医院核医学科（即 9 号楼 2 楼）内，其东侧 50m 范围内依次为院内道路、15 号楼等，南侧 50m 范围内依次为院内道路、停车场、6 号楼等，西侧和北侧 50m 范围内均为院内道路和佛手山公园，楼上为屋顶，楼下为核医学大厅。9 号楼 2 楼平面布局见附图 3，上方、下方楼层平面布局分别见附图 4、附图 5。

(2) DSA 项目

DSA 项目位于医院的 6 号楼 4 楼 35 号手术室，其东侧 50m 范围内依次为控制室、手术室、病理科、院内道路等，南侧 50m 范围内依次为手术室、院内道路、4 号楼等，西侧 50m 范围内依次为电梯厅、院内道路等，北侧 50m 范围内依次为库房、办公室、院内道路等，楼上为净化机房，楼下为 ICU。本项目 DSA 工作场所平面布局见附图 8，上方、下方楼层平面布局分别见附图 9、附图 10。

3 辐射安全管理现状

3.1 已有核技术利用项目许可情况

徐州市第一人民医院现有核技术利用项目已取得了江苏省生态环境厅核发的《辐射环境安全许可证》（见附件 3），证书编号：苏环辐证[00792]，许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。发证日期为 2024 年 11 月 18 日，有效期至 2029 年 12 月 06 日。许可内容包含使用 3 枚 V 类 ^{68}Ge 放射源、1 枚 V 类 ^{90}Sr 放射源；使用 1 台直线加速器、3 台 DSA、26 台 III 类医用 X 射线装置；使用 ^{125}I 粒子源；核医学使用 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{99}Mo 、 ^{131}I 。医院正在办理辐射安全许可证法人变更手续，拟将丁继存变更为殷海涛，事业单位法人证书见附件 9。

3.2 辐射安全管理情况

辐射安全管理机构和管理制度：医院已成立了放射防护管理委员会，由其负责医院的辐射安全管理工作；医院目前已制定了《辐射事故应急预案》和一系列的辐射安全管理制度，基本满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关防护要求。

辐射工作人员培训：医院已根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》等相关文件的要求，医院辐射工作人员均已通过相应类别辐射安全与防护知识考核，且均在有效期内。

个人剂量监测和职业健康体检：医院目前建立了个人剂量监测档案和职业健康监护档案。医院已委托徐州市疾病预防控制中心对其进行个人剂量监测，并建立了个人剂量监测档案。医院已定期委托资质单位对辐射工作人员进行了职业健康检查，并建立了职业健康档案。

工作场所及辐射环境监测：医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射污染水平进行监测；医院定期对辐射场所及周围辐射污染水平进行监测，并对监测结果进行记录。医院每年对核技术利用项目的辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告。

4 实践正当性分析

本项目可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的核医学治疗和介入诊疗需求，提高患者治疗能力。本项目的开展可达到一般非放射性治疗方法所不能及的治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院通过采取相应的辐射防护措施和管理措施，本项目运行后产生的辐射影响很小。因此，本项目所带来的利益是大于付出的代价的，符合辐射防护“实践的正当性”原则。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	¹⁷⁷ Lu	液态/中毒	使用	1.48E+10	1.48E+09	1.48E+12	核素治疗	简单操作	核医学科 (9号楼2楼)	按需订购，当天用完，暂存于分药室通风橱内
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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类	1	待定	125	1000	诊断和介入治疗	6号楼4楼35号手术室	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废水	液态	¹⁷⁷ Lu	/	约 0.5m ³	约 6m ³	<10Bq/L	由专用管道统一排入核素治疗项目衰变池组内	暂存于核素治疗项目衰变池组 180 天后排入医院污水处理系统
注射器、棉棒、手套、擦拭废纸等	固体	¹⁷⁷ Lu	/	约 5kg	约 60kg	/	分类收集于各场所的放射性废物桶内，送至污物间暂存	暂存于污物间内不少于 68 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² ，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理
放射性废气	气体	¹⁷⁷ Lu	/	/	微量	/	不暂存	经通风橱管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放至室外
废活性炭	固态	¹⁷⁷ Lu、 ¹³¹ I	/	/	约 25kg	/	更换的废活性炭作为放射性固体废物处理，暂存于污物间内	暂存于污物间内不少于 180 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² ，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度用比活度（Bq/l，或 Bq/kg，或 Bq/m³），年排放总量分别用 Bq 和 kg。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号公布实施，2018 年 12 月 29 日修订，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》，国家主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），2019 年修订，国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(7) 《关于发布放射性废物分类的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行</p> <p>(11) 《放射性废物安全管理条例》国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日施行</p> <p>(12) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日</p> <p>(13) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行</p>
------	--

	<p>(14) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行</p> <p>(15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日起施行</p> <p>(16) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年11月1日起施行</p> <p>(17) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告2019年第38号，2019年11月1日起施行</p> <p>(18) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018年修订版)，江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第2号，2018年5月1日起施行</p> <p>(19) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日</p> <p>(20) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日</p> <p>(21) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日</p> <p>(22) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书(表)编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年11月9日</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>(3) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》(GB 27742-2011)</p> <p>(4) 《医用电气设备 第1-3部分：基本安全和基本性能的通用要求并列标准：诊断X射线设备的辐射防护》(GB 9706.103-2020)</p> <p>(5) 《表面污染测定 第1部分：β发射体(E_{βmax}>0.15MeV)和α发射体》(GB/T 14056.1-2008)</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)</p>

	<p>(7) 《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》 (HJ 10.1-2016)</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ 61-2021)</p> <p>(9) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021)</p> <p>(10) 《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ 1188-2021)</p> <p>(11) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》 (辐射函〔2023〕20号)</p> <p>(12) 《核医学放射防护要求》 (GBZ 120-2020)</p> <p>(13) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019)</p> <p>(14) 《放射诊断放射防护要求》 (GBZ 130-2020)</p> <p>(15) 《外照射放射防护剂量转换系数标准》 (WS/T 830-2024)</p>
其它	<p>与本项目相关附件:</p> <p>(1) 委托书 (附件 1)</p> <p>(2) 射线装置、非密封放射性核素使用承诺书 (附件 2)</p> <p>(3) 辐射安全许可证 (附件 3)</p> <p>(4) 辐射环境现状检测报告 (附件 4)</p> <p>(5) 个人剂量监测报告 (附件 5)</p> <p>(6) 工作场所屏蔽措施 (附件 6)</p> <p>(7) 核医学环评批复及环保竣工验收材料 (附件 7)</p> <p>(8) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书 (附件 8)</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。因此，确定本项目评价范围如下：

(1) ¹⁷⁷Lu 核素治疗项目位于核医学科内，为乙级工作场所，评价范围保守取核医学科墙体边界外半径 50m 的范围，如附图 2 所示。

(2) DSA 工作场所评价范围取 35 号手术室边界外 50m 的范围，如附图 2 所示。

环境保护目标

根据江苏省生态环境分区管控综合服务平台相关信息，全省划定环境管控单元，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类，实施分类管控。徐州市第一人民医院位于徐州市铜山区大学路 269 号，本项目位于医院 9 号楼和 6 号楼内，根据本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（附件 8）可知，项目区域属于重点管控单元，不涉及优先保护单元和一般管控单元。项目投入运行后，各污染物的排放均能得到有效控制，满足相关标准的要求，不会改变环境质量现状，满足环境准入清单管理要求。

综上所述，本项目的建设符合“三线一单”生态环境分区管控的相关要求。

本项目周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。因此，保护目标主要为辐射工作人员、评价范围内医护人员、患者及患者家属、15 号楼内工作人员、院内道路、停车场及佛手山公园内的行人，保护目标详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

序号	保护目标名称	方位	最近距离	规模	环境保护要求 (mSv/a)
新增 ¹⁷⁷ Lu 核素治疗项目					
1	辐射工作人员	工作场所内	紧邻	7 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
2	9 号楼内医务人员	四周及楼上、	紧邻	约 35 人	

3	9号楼内患者和家属	楼下		流动人员	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a	
4	15号楼（垃圾处理站）内工作人员	东侧	约 30m	约 10 人		
5	6号楼内医务人员		约 40m	约 50 人		
6	6号楼内患者和家属			流动人员		
7	停车场上的行人	南侧	约 20m	流动人员		
8	佛手山公园内的行人	西侧、北侧	约 25m	流动人员		
9	院内道路上的行人	东、南、西、北侧	约 5m	流动人员		
新增一台 DSA 项目						
1	辐射工作人员	手术室及控制室内	紧邻	6 人		职业人员年剂量约束值 5mSv/a
2	6号楼内医务人员	四周及楼上、楼下	紧邻	约 100 人	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a	
3	6号楼内患者和家属			流动人员		
4	4号楼内医务人员	南侧	约 25m	约 100 人		
5	4号楼内患者和家属			流动人员		
6	院内道路上行人			东、南、西、北侧		约 20m

评价标准

1 ^{177}Lu 核素治疗项目评价标准

1.1 项目管理目标：

①剂量限值：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的要求， ^{177}Lu 核素治疗项目剂量限值见表 7-2。

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
职业照射剂量限值	<p>工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：</p> <p>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；</p> <p>②任何一年中的有效剂量，50mSv；</p> <p>③四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。</p>

公众照射 剂量限值	<p>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：</p> <p>①年有效剂量，1mSv；</p> <p>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。</p>
--------------	--

②剂量约束值：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

- a) 一般情况下，职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

③关注点处周围剂量当量率控制水平：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号），本项目各关注处周围剂量当量率控制水平要求如下：

- a.控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ），周围剂量当量率应小于 2.5 μ Sv/h；控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子 $< 1/2$ ），周围剂量当量率应小于 10 μ Sv/h。
- b.核医学科控制区外人员可到达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。
- c.核医学科通风橱、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h，通风橱非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 μ Sv/h。

④工作场所表面污染控制水平：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的要求，表面污染控制水平见表 7-3。

表 7-3 表面污染控制水平（单位 Bq/cm²）

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 1)	4	4 $\times 10$	4 $\times 10$
	监督区	4 $\times 10^{-1}$	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4 $\times 10^{-1}$	4 $\times 10^{-1}$	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4 $\times 10^{-2}$	4 $\times 10^{-2}$	4 $\times 10^{-1}$

1) 该区内的污染子区除外。

根据表7-3，本项目使用¹⁷⁷Lu核素时的表面污染控制水平为：

工作台、设备、墙壁、地面控制区：40Bq/cm²

工作台、设备、墙壁、地面监督区：4Bq/cm²

工作服、手套、工作鞋控制区、监督区：4Bq/cm²

手、皮肤、内衣、工作袜：0.4Bq/cm²

1.2 放射性废物管理：

①放射性废水的管理：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函（2023）20号）的要求：

排入衰变池的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素暂存超过180天），或者不满180天但对废水进行监测，监测结果表明¹³¹I活度浓度不高于10Bq/L后，可直接进行排放。

②放射性固废的管理：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm²、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm²的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

- a) 所含核素半衰期小于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；
- b) 所含核素半衰期大于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10 倍。
- c) 含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。

③放射性废气的管理：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求：

产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。

1.3 非密封源工作场所分级和分类：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），非密封源工作场所分级要求见表 7-4，本项目放射性核素毒性组别修正因子及操作方式与放射源状态修正因子见表 7-5 和表 7-6。

表 7-4 非密封源工作场所的分级

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 $\sim 2 \times 10^7$

表 7-5 本项目放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	放射性核素	毒性组别修正因子
中毒	^{177}Lu	0.1

表 7-6 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, 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
很简单操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险操作	1	0.1	0.01	0.001

2 DSA 项目评价标准

2.1 项目管理目标:

①剂量限值:

剂量限值见表 7-2。

②剂量约束值:

DSA 项目职业照射年剂量约束值取 GB18871 附录 B 职业照射剂量限值的 1/4, 不大于 5mSv/a; 公众的年剂量约束值按照 GB18871 附录 B 公众照射剂量限值的 1/10 取值, 不大于 0.1mSv/a。

③关注点处周围剂量当量率控制水平:

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的要求, 本项目各关注处周围剂量当量率控制水平要求如下:

具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 距 DSA 手术室墙体、门、窗表面外 30cm 处、顶棚上方(楼上)距顶棚地面 100cm 处、地面下方(楼下)距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$; 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$, 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于 0.25mSv。

2.2 X 射线设备机房防护设施的技术要求

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的要求, 本项目 6 号楼 4 楼 35 号手术室最

小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-7 的要求。

表 7-7 单管头 X 射线设备机房使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 ^b (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

^b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

2.3 X 射线设备机房屏蔽

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的要求,本项目屏蔽防护铅当量应符合表 7-8 的要求。

表 7-8 C 形臂 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 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2	2

2.4 X 射线设备工作场所防护

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的要求,本项目工作场所防护应符合以下要求:

6.4.1 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受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志;机房门上方应有醒目的工作状态指示灯,灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句;候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置;推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施;工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 患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。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

2.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的要求,本项目放射学检查类型为介入放射学操作,工作场所防护用品及防护设施配置应满足表 7-9 的要求:

表 7-9 介入放射学操作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
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、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 选配：铅橡胶帽子

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

3 辐射环境质量现状检测评价参考值：

参考《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

表 7-10 江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。[2]现状评价时，参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

徐州市第一人民医院位于徐州市铜山区大学路 269 号，其东侧为大学路，南侧为玫瑰大道，西侧和北侧为佛手山公园。医院地理位置见附图 1，平面布局及周围环境见附图 2。

(1) ^{177}Lu 核素治疗项目位于医院核医学科（9 号楼 2 楼），根据现场调查，本项目工作场所及周围环境现状见图 8-1。



	
<p>污物间</p>	<p>患者出口</p>
	
<p>1#病房</p>	<p>2#病房</p>
	
<p>9号楼西侧院内道路</p>	<p>9号楼南侧停车场</p>



图 8-1 ^{177}Lu 核素治疗场所及周围环境现状图

(2) DSA 项目位于医院 6 号楼 4 楼 35 号手术室，根据现场调查，本项目工作场所及周围环境现状见图 8-2。





图 8-2 DSA 工作场所及周围环境现状图

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目场址及周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率和 β 表面污染

监测点位： γ 辐射空气吸收剂量率布点 35 个， β 表面污染布点 11 个

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司。

监测仪器：BG9512PG03 型环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪（设备编号：J2825，检定有效期：2025 年 08 月 13 日-2026 年 08 月 12 日）。

Como170 高灵敏 $\alpha/\beta/\gamma$ 便携式沾污检测仪（设备编号：J0417，检定有效期：2025 年 11 月 10 日-2026 年 11 月 09 日）。

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率和 β 表面污染水平。

监测布点：在项目周围进行布点，具体点位见图 8-3 至图 8-5。

监测时间：2025 年 10 月 15 日、2025 年 12 月 03 日

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

《表面污染测定第 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）。

数据记录及处理： γ 辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。 β 表面污染水平每个点位读取 5 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读

取数值。每组数据计算每个点位的平均值和方差。

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司已通过检验检测机构资质认定。

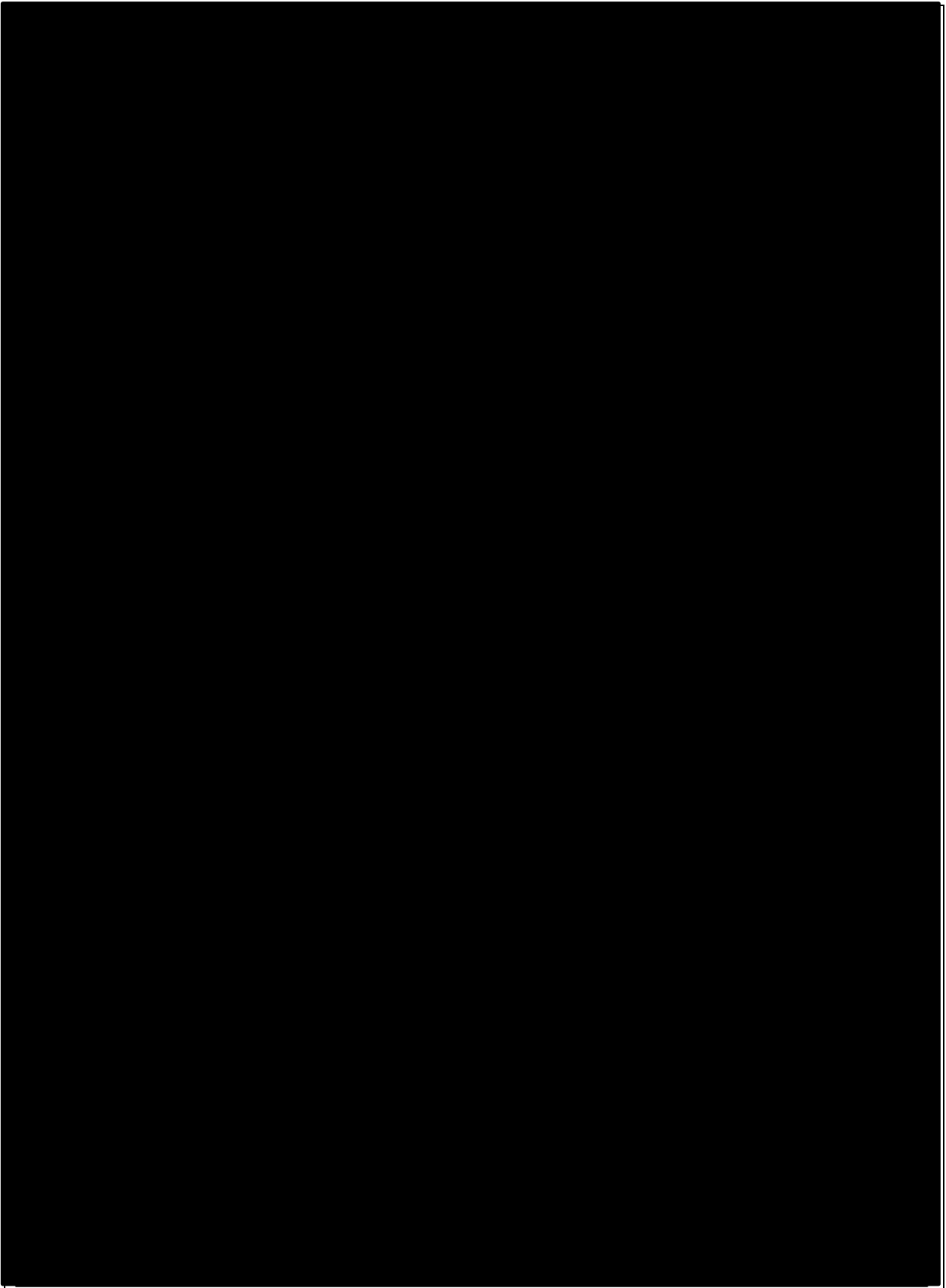
监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

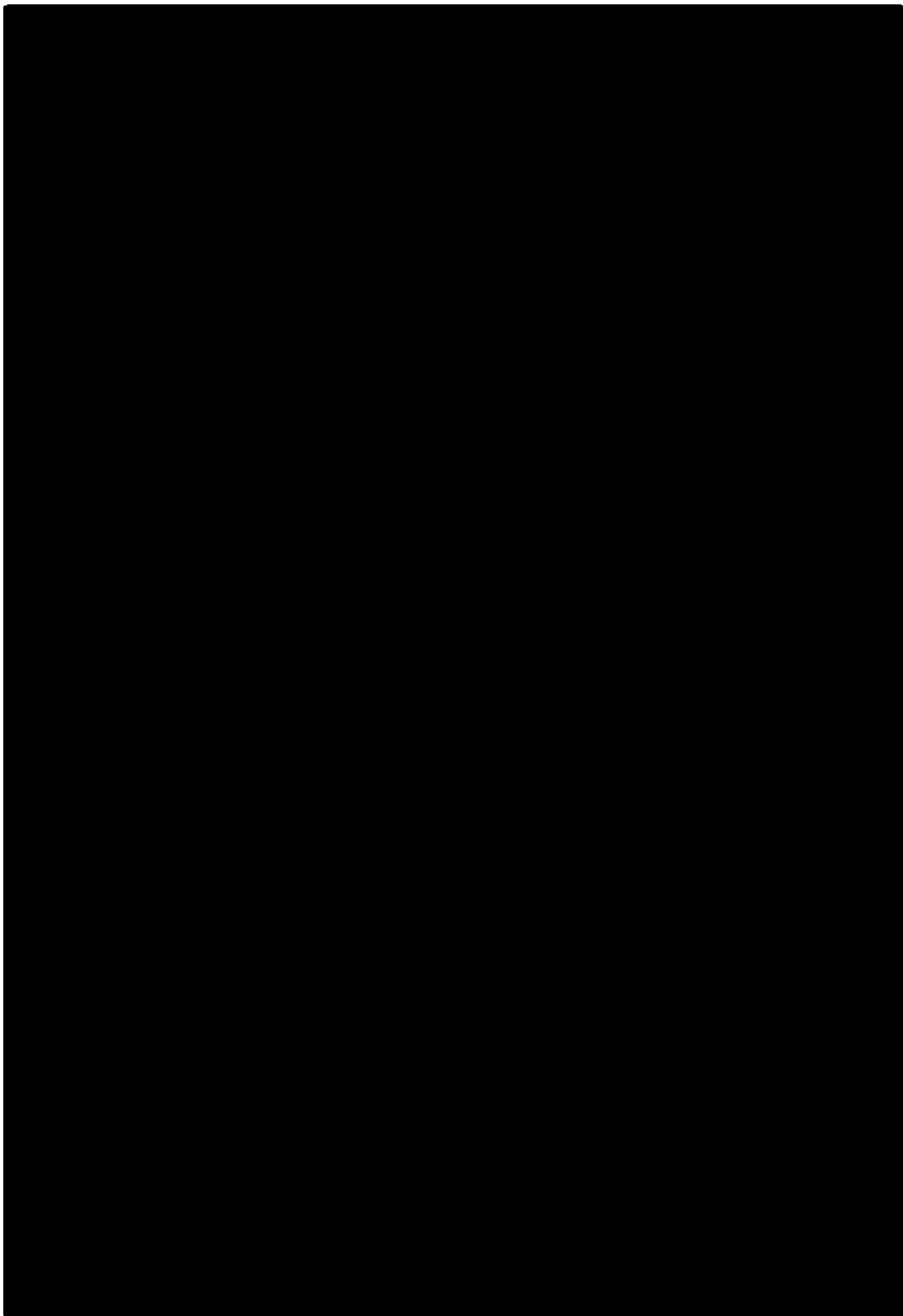
监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

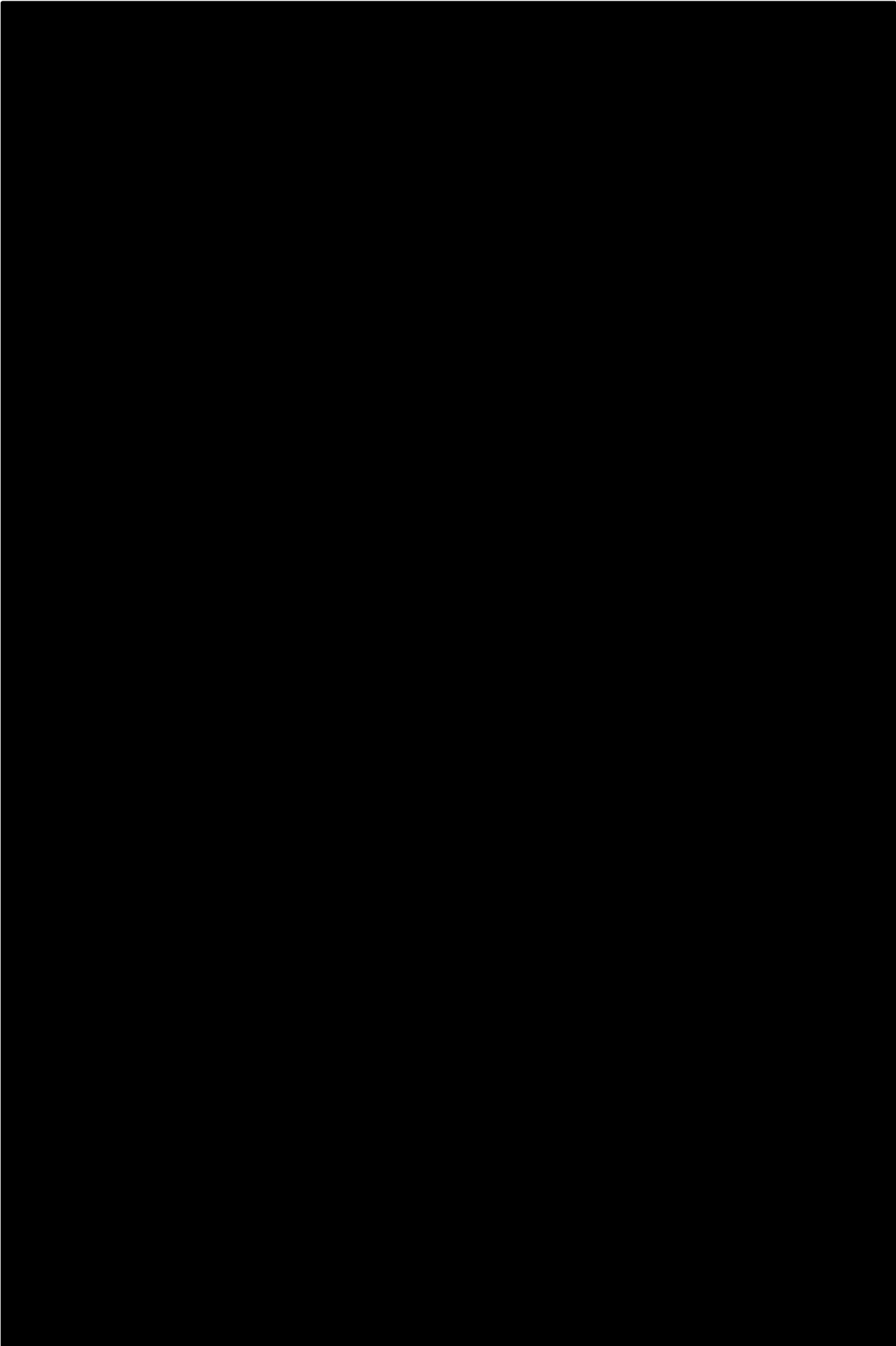
监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

监测结果见表 8-1、表 8-2 和表 8-3，详细检测结果见附件 4。检测时场所内未进行放射性药物相关操作且无用药后的患者，病房内无甲癌患者住院。







4 环境现状调查结果评价

根据监测结果可知， ^{177}Lu 核素治疗场所及周围环境室内 γ 辐射水平为（55~87）nGy/h，处于江苏省室内环境天然 γ 辐射水平（50.7~129.4）nGy/h 测值范围内；室外道路 γ 辐射水平为（41~88）nGy/h，处于江苏省道路环境天然 γ 辐射水平（18.1~102.3）nGy/h 测值范围内。本项目 ^{177}Lu 核素治疗场所周围 β 表面污染水平 < MDL，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求。

DSA 工作场所及周围环境室内 γ 辐射水平为（64~78）nGy/h，处于江苏省室内环境天然 γ 辐射水平（50.7~129.4）nGy/h 测值范围内；室外道路 γ 辐射水平为（54~65）nGy/h，处于江苏省道路环境天然 γ 辐射水平（18.1~102.3）nGy/h 测值范围内。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

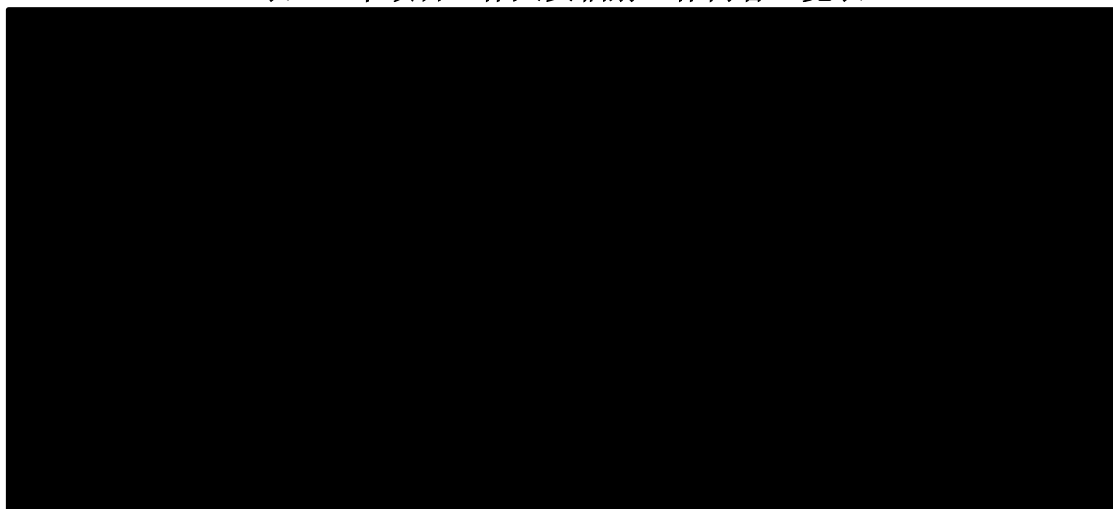
1 ^{177}Lu 核素治疗项目

1.1 项目主要构成及非密封工作场所分级

医院计划在核医学科（9 号楼 2 层）内开展 ^{177}Lu 核素治疗项目，并依托场所内现有分药室、通风橱、1#病房和 2#病房等进行药物暂存、质控、注射和患者留观。同时医院拟调整已许可的 ^{131}I 核素使用量，调整后 ^{131}I 日最大操作量为 $1.67\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $8.325\text{E}+11\text{Bq}$ 。 ^{177}Lu 单名患者注射 ^{177}Lu 药物最大为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，日最大患者数为 2 人，周最大患者数为 4 人，年最大患者数为 200 人，其日等效最大操作量为 $1.48\text{E}+09\text{Bq}$ ($7.40\times 10^9\times 2\times 0.1$ (中毒)/1 (简单操作))，年最大操作量为 $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ 。 ^{177}Lu 核素治疗项目与 ^{131}I 核素治疗错开进行（不在同一天开展），核医学科调整后日等效最大操作量为 $3.55\text{E}+09\text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。

医院为本项目配备 7 名辐射工作人员，其具体工作内容见表 9-1。

表 9-1 本项目工作人员辐射工作内容一览表



1.2 工作原理

一些放射性核素在衰变过程中，可释放出 β 射线，具有较强的电离辐射效应，对于肿瘤细胞或异常增殖组织等具有较强的杀灭作用。放射性核素治疗就是指利用具有治疗作用的放射性核素，如 ^{177}Lu 核素或标记药物等，近距离精准杀伤病变细胞和组织，达到治疗的目的。

放射性核素治疗主要有内照射、粒籽或玻璃微球治疗、体外敷贴治疗等方法。核

素治疗的主要适应症为恶性肿瘤和其他异常增殖性病变，如甲状腺功能亢进症、血管瘤、瘢痕、结节等。每一种诊治项目都有不同的适应症，其中适合于治疗用的 β 放射性核素如 ^{177}Lu 。

^{177}Lu 放射性药物主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌、神经内分泌肿瘤等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射 β 射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

1.3 工作流程及产污环节分析

医院拟根据患者预约情况提前向药物供货商订药，由药物供货商负责将分装好的药物放在专用铅罐中，运送至核医学科分药室通风橱内，给药前后均会为患者输注生理盐水溶液进行水化，促进未被病灶吸收的放射性药物排出体内。根据《 ^{177}Lu -PSMA 放射性配体治疗前列腺癌的临床实践专家共识》（2024 年版）中“大部分患者治疗后留观 6h~8h 即可离院”，本项目患者注射后于病房内留观 6h~8h 如无异常方可离开，工作人员使用仪器对相应场所地面进行表面污染检测。 ^{177}Lu 核素治疗项目与 ^{131}I 核素治疗错开进行（不在同一天开展）。 ^{177}Lu 核素治疗工作流程见图 9-1。

1、病例选择：①病理学明确诊断为前列腺癌，经 MRI 骨扫描检查证明有前列腺癌远处转移灶，且无法接受根治性治疗的患者；② ^{18}F -PET/CT 显像阳性（医院 PET/CT 已取得辐射安全许可）；③基线血常规、肝功能及肾功能指标符合治疗标准后，经多学科讨论确定治疗方案。

2、预订药物：医院根据患者预约情况提前向药物供货商订药，由药物供货商负责将分装好的药物放在专用铅罐中，运送至核医学科分药室通风橱内。

3、患者水化、预防性用药：患者在注射 ^{177}Lu 药物前 1~2h 在病房内静脉输入

500mL0.9%生理盐水。对于可能出现或既往治疗中曾出现恶心呕吐等症状的患者，可预防性给予托烷司琼 5mg，地塞米松磷酸钠注射液 5mg 静脉输注，至少在注射 ^{177}Lu 药物前 15min 以上给予预防性用药。

4、药物注射：工作人员会在注射前对药物进行质检，药物质检时间最多 1min。 ^{177}Lu 药物注射可以采用微量注射泵、人工静脉注射等方式对患者进行注射。根据医院实际情况，本项目 ^{177}Lu 核素治疗采用人工针剂静脉注射方式进行给药。

医院通知患者入住各自的病房，工作人员将移动注射车推至病房内，然后穿戴铅防护衣、铅颈套等个人防护用品，通过转运屏蔽箱将放射性药物转运至患者病房内，转运时间约为 1min。工作人员将药物注射器从转运屏蔽箱中取出，在移动注射车后操作，对患者进行注射，注射时间约 5min。单名患者注射 ^{177}Lu 药物最大为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，预估日最大患者数为 2 人，年最大患者数为 200 人。给药后需静脉输注 10mL 的生理盐水，减少药物残留并减低外渗风险，充分水化有助于加快药物的排泄减少对泌尿系统及其他脏器的辐射影响，工作人员为单名患者注射生理盐水时间不超过 30s。医护人员在药物质检、活度测量以及装配注射过程中，会受到 γ 射线外照射，并可能受到 β 射线表面污染，工作人员需全程穿戴铅衣、铅围脖等个人防护用品进行操作，由于工作人员手部与放射性药物距离较近，因此手部受到的照射更大。

5、患者留观：患者注射后于病房内留观 6h~8h，工作人员通过监控系统实时监测其生命体征及药物不良反应。注射后患者成为一个移动的放射源，如果管理不善，患者擅自离开病房，则会造成周围工作人员和公众受到照射。参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188- 2021）中 4.5.2 中“接受 ^{131}I 治疗的患者在距离体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可出院”根据表 11 中分析，本项目患者留观结束后医护人员使用 X- γ 剂量率仪测量患者体表 1 米处的周围剂量当量率，小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 后方可离开，测量时间不超过 1min。测量过程中医护人员需穿戴铅衣、铅围脖等个人防护用品，并位于铅屏风后进行检测。

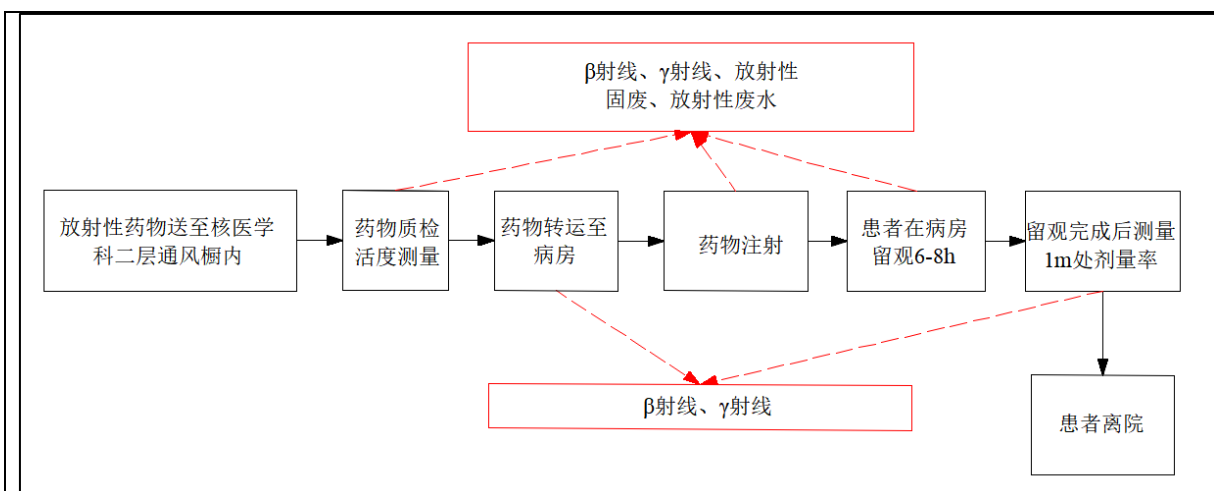


图 9-1 ^{177}Lu 核素治疗项目工作流程示意图

每次核素治疗结束后，医院应对本项目辐射工作人员进行表面污染监测，对手、皮肤暴露部分及工作服、鞋、帽和墙壁、地板、操作台面及门把手处进行表面污染监测，对从控制区带出的物品也要进行监测。

1.4 工作场所路线规划

本项目为核医学科现有场所内新增 ^{177}Lu 核素，涉及的现有场所为分药室、污物间、1#病房和 2#病房等，场所内已开展有 ^{131}I 核素治疗项目。 ^{177}Lu 核素治疗的医务人员路线、放射性药物路线和放射性固体废物路线按照 ^{131}I 核素治疗项目的路线进行。本项目患者路线、医护人员路线、放射性药物路线和放射性固废路线图见附图 3。

(1) 患者路线： ^{177}Lu 患者路线如附图 3 中红色箭头指示： ^{177}Lu 患者通过东北侧电梯到达核医学科（9 号楼 2 楼），在登记室进行信息登记，在注射前候诊区等待叫号，患者从门 D1 进入，经门 D2 和 D3 进入各自病房接受注射，然后留观 6h~8h，留观结束后工作人员使用 X- γ 剂量率仪对患者进行检测，在距离患者体表 1 米处的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，可通过门 D4 和 D5 到达天台，于天台西南侧通道离开。 ^{177}Lu 核素治疗项目与 ^{131}I 核素治疗错开开展（不在同一天开展）。

(2) 医护人员路线：医护人员路线如附图 3 中绿色箭头指示：医护人员通过东北侧电梯到达核医学科，经门 D7 进入分药室进行药物操作。药物准备完成后医务人员由门 D1 进入病房区域，经门 D2 和 D3 进入病房对患者进行药物注射，在完成各自工作后对手、皮肤暴露部分及工作服、鞋、帽和墙壁、地板、操作台面及门把手处进行表面污染监测，对从控制区带出的物品也要进行监测，无异常方可原路返回。

(3) 放射性药物路线：放射性药物路线如附图 3 中蓝色箭头指示：放射性药物供应商将所需活度药物装入铅罐内，由专用放射性药物运输车辆送达医院，经东北侧电梯送至核医学科（9 号楼 2 楼），经门 D7 进入分药室送至通风橱内暂存。患者注射前医护人员在分药室内准备药物，将药物放至铅罐中与注射车、相关器械等通过门 D7、D1、D2 和 D3 转运至患者病房内。

(4) 放射性固体废物路线：放射性固体废物路线如附图 3 中洋红色箭头指示：核医学科内产生的放射性固体废物打包后暂存于污物间，固体废物暂存一定时间且经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平后，最终由核医学科东侧污梯转运至医院医疗废物处理站。

综上所述，本项目患者首先在注射前候诊区等候，待医护人员注射准备工作全部完成后，患者再进入病房，本项目患者路线与医护人员路线不交叉。放射性药物送达时间早于医院上班时间，人员与放射性药物通道不交叉。本项目工作场所布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。

1.5 劳动定员和工作负荷

1.5.1 劳动定员

医院拟为本项目配备 7 名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员，其中核医学医师 3 人，核医学技师 1 人，护士 3 人。7 名辐射工作人员除负责本项目工作外，还需要承担核医学科其他工作，人员配备见表 9-1。

1.5.2 工作负荷

本项目核医学科 ^{177}Lu 核素治疗年患者数最多为 200 人，甲癌治疗年患者数最多为 150 人。各环节具体操作时间见表 9-2。

表 9-2 核素治疗各环节操作时间一览表

^{177}Lu 核素治疗		
工作环节	年工作负荷 (h)	一名工作人员的 年工作负荷 (h)
^{177}Lu 质检、活度测量	3.33	0.83
药物转运（分药室至病房）	10	3.33
^{177}Lu 注射	16.67	5.56

	生理盐水注射	1.67	0.56
	检测患者 1m 处剂量率	3.33	1.11
	甲状腺治疗		
	工作环节	年工作负荷 (h)	一名工作人员的 年工作负荷 (h)
	¹³¹ I 质检、活度测量	2.5	0.63
	服药	1.25	0.31
	检测患者 1m 处剂量率	2.5	0.83

注：

¹⁷⁷Lu 核素治疗：药物质检和活度测量时间最多为 1min/人，则年质检、活度测量时间最多为 3.33h；药物从分药室转运至病房时间最多为 3min/人，则年转运时间最多为 10h；药物注射时间最多为 5min/人，则年注射时间最多为 16.67h；生理盐水注射时间最多为 30s/人，则年注射时间最多为 16.67h；出院检测时间最多为 1min/人，则年检测时间最多为 3.33h。

甲状腺治疗：药物质检和活度测量时间最多为 1min/人，则年质检、活度测量时间最多为 2.5h；患者服药时间最多为 30s/人，则年服药时间最多为 1.25h；出院检测时间最多为 1min/人，则年检测时间最多为 2.5h。

2 DSA 项目

2.1 设备组成

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像增强接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统、防护屏及防护铅帘等构成。数字减影血管造影（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是 70 年代以来用于临床的一种崭新的 X 射线检查技术，是应用计算机程序两次成像完成的，常见 DSA 外观见图 9-2，运行工况说明见表 9-3。

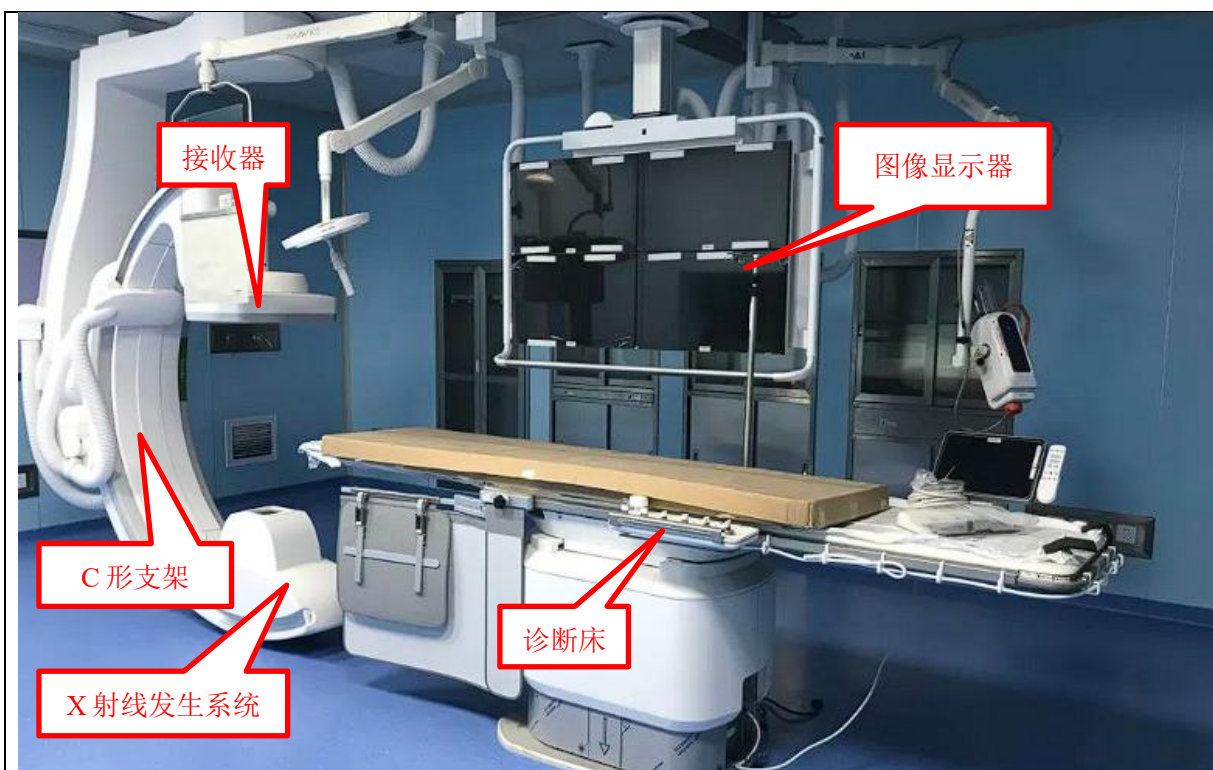


图 9-2 常见 DSA 外观图

表 9-3 本项目 DSA 运行工况一览表

设备名称	DSA
型号	待定
生产厂家	待定
设置场所	6 号楼 4 楼 35 号手术室
主要参数	125kV、1000mA
固有滤过	2.5mmAl
最大照射野	40cm×30cm
运行工况	透视：常用管电压为 60~80kV、管电流为 5~20mA 摄影：常用管电压为 60~80kV、管电流 100~500mA
球管类型	单球管，手术时主射线向上照射

2.2 工作原理介绍

数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影X射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，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，再经对比度增强和数/模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。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

2.3 工作流程及产污环节分析

患者进行DSA诊断和在DSA引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，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射线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留片记录，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（DSA检查）：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医生在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察手术室内患者情况，并通过对讲系统与患者交流。

第二种情况（DSA治疗）：医生需进行手术治疗时，为更清楚地了解患者情况时会采用脉冲透视和连续透视等模式，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患者进行直接的手术操作。

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。设备运行过程中产生的污染物主要为X射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物。

本项目 DSA 工作流程及产污环节（医疗废物无放射性）如下图：

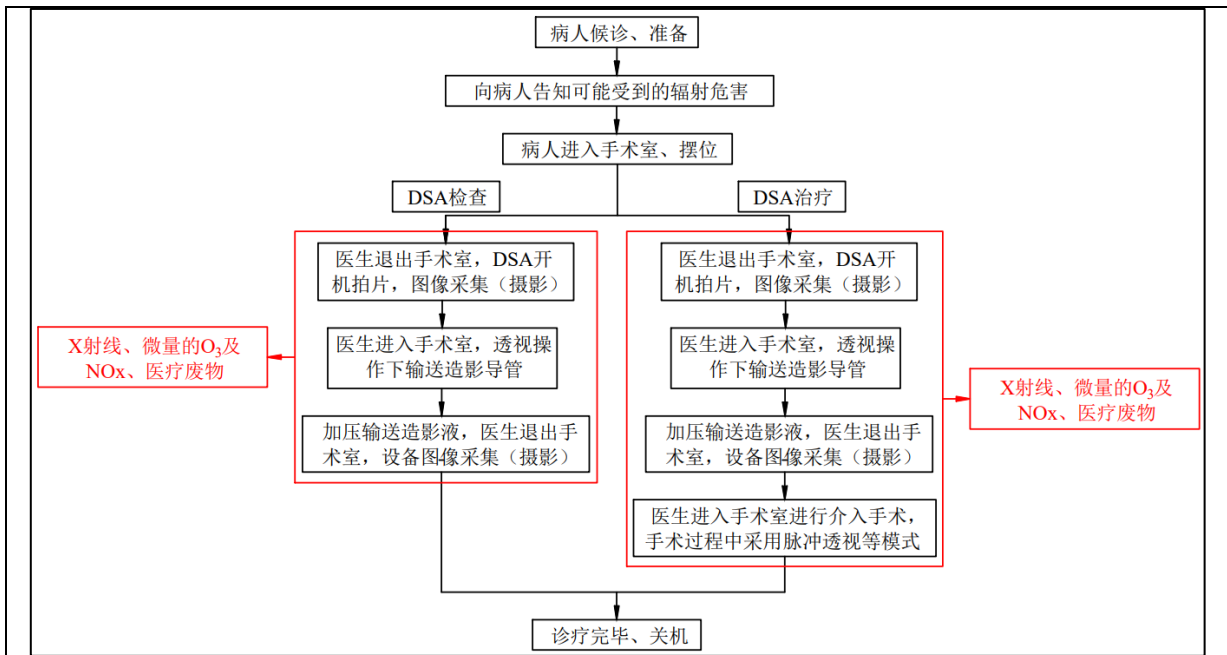


图 9-3 DSA 工作流程及产污环节示意图

2.4 劳动定员和工作负荷

2.4.1 劳动定员

医院拟为本项目配备 6 名辐射工作人员，包括 1 名影像技师、3 名介入手术医师和 2 名介入护士，均为现有人员。

2.4.2 工作负荷

本项目 DSA 的工作负荷情况见表 9-4。

表 9-4 本项目 DSA 工作负荷

透视	手术类别	年开展工作量		每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间
	心脏介入	200 台		约 15min		约 50.0h
	神经介入	100 台		约 20min		约 33.3h
	综合介入	200 台		约 20min		约 66.7h
	小计	/		/		约 150h
摄影	手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
	心脏介入	200 台	4~6s	6~10 次	约 1.0min	约 3.3h
	神经介入	100 台	6~10s	4~10 次	约 1.7min	约 2.8h
	综合介入	200 台	3~8s	7~15 次	约 2min	约 6.7h
	小计	/	/	/	/	约 9.8h
总计						约 159.8h

影像技师在设备使用过程中不进入手术室，受到透视与摄影模式经手术室屏蔽体后的散射线、漏射线的照射，年工作负荷约为 159.8h；介入手术医师和介入护士在设备透视条件下会进入手术室进行操作，受到透视模式下手术室内散射线、漏射线照射，年工作负荷约为 150h。介入手术医师和介入护士在设备摄影模式下会进入操作间进行操作，受到摄影模式下经手术室屏蔽体后的散射线、漏射线的照射，年工作负荷约为 9.8h。

污染源项描述

1 ^{177}Lu 核素治疗项目污染源项分析

1.1 放射性污染：

本项目使用的放射性核素特性列于表 9-5。

表 9-5 放射性核素特性一览表

核素	半衰期	衰变类型	主要 α/β 辐射能量 (MeV) 与绝对强度 (%)	主要光子能量 (MeV) 与绝对强度 (%)	周围剂量当量率常数 (裸源) $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$
^{177}Lu	6.73d	β^-	0.2058	0.2084 (11.0)	0.0063

注：数据来源于《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)、《发射光子的放射性核素各向同性点源的剂量学常数(续 II)》。

本项目使用 ^{177}Lu 进行核素治疗，采用人工针剂静脉注射方式进行给药，本项目 ^{177}Lu 为成品药，无需工作人员自行分装，本项目各放射性工作场所产生的主要辐射源项和放射性污染因子见表 9-6。

表 9-6 辐射源项的分布

序号	工作场所	主要辐射源项	污染因子
1	通风橱 (质检、活度测量)	放射性药物、工作场所表面污染	γ 射线、 β 射线
2	病房 (药物注射)	放射性药物、注射药物的患者、工作场所表面污染	γ 射线、 β 射线
3	病房 (患者留观、出院检测)	注射药物的患者、工作场所表面污染	γ 射线、 β 射线
4	污物间	注射用的针头和针管等、工作场所表面污染	γ 射线、 β 射线
5	衰变池	放射性废水	γ 射线、 β 射线

1.2 放射性废水

^{177}Lu 核素治疗项目投入使用后，产生的放射性废水排入 9 号楼东侧地下核素治疗

项目衰变池组内。¹⁷⁷Lu 核素治疗年最大患者数为 200 人，该部分患者需要在病房内留观 6~8h 后出院。留观过程中患者静躺休息为主，不淋浴，需要考虑其排泄废水，保守取每名患者留观期间排泄 6 次，每次产生冲洗废水 5L，则每名患者每日废水产生量为 30L，年产生废水为 6m³（200 人×30L=6m³）。

1.3 放射性固废

核素治疗项目可能产生的放射性固体废物主要包括放射性核素操作过程中产生的注射器、一次性服药纸杯、一次性手套、棉签、废纸等带微量放射性核素的医疗固体废物。 ¹⁷⁷Lu 核素治疗项目每周最多治疗 4 名患者，年最大患者量为 200 例，放射性固体废物产生量按 0.3kg/人/d 计算，则含 ¹⁷⁷Lu 核素的放射性固体废物产生量为 60kg/年。

1.4 放射性废气

核医学科设有单独的通风系统，监督区设为正压通风，控制区域均设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。

本项目放射性药物质检等操作在分药室通风橱内进行，通风橱内设计独立的通风系统，风速不小于 0.5m/s，排风管道排气口高于本建筑屋顶，排气口设置有活性炭吸附装置，定期更换的废活性炭作为放射性固体废物处理。

2 DSA 项目污染源项分析

2.1 放射性污染

DSA 产生的 X 射线随机器的开、关而产生、消失，因此在设备使用期间，X 射线是主要污染因子。

2.1.1 有用线束

本项目 DSA 的有用线束方向为由下至上，有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），摄影时，如果患者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果患者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的裕量。根据医院提供资料，本项目 DSA 正常运行时，透视模式的常用工况为（60~80kV/5~20mA），摄影模式的常用工况为

(60~80kV/100~500mA)。

本项目 DSA 运行时离靶 1 米处的 X 射线发射率根据运行时管电压和 DSA 的 X 射线管的过滤条件从《辐射防护导论》(方杰著)附图 3 查取。由《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中 5.1.5 (c) 可知:除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外, X 射线有用线束中所有物质形成的等效总滤过,应不小于 2.5mmAl。因此本项目 DSA 的滤过条件按照 2.5mmAl 进行剂量预测,查《辐射防护导论》(方杰著)附图 3, 本项目 DSA 正常运行时最大管电压为 80kV, 离靶 1 米处的发射率约为 $5.0\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$, 即 $300000\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$ 。

2.1.2 泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“(77)用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内,以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时,离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h ”(在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量),以及《医用电气设备 第 1-3 部分:基本安全和基本性能的通用要求 并列标准:诊断 X 射线设备的辐射防护》(GB 9706.103-2020)中 12.4 的相应要求,取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h 。

2.1.3 散射线

本项目 DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到患者人体产生的侧向散射线,其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

2.2 非放射性污染

医院已在 6 号楼 4 楼 35 号手术室内顶部设置通风系统,能够保持通风良好的要求。DSA 在工作状态时,会使手术室内的空气产生电离产生少量臭氧和氮氧化物,少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外,臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气,这部分废气对周围环境影响较小。本项目 DSA 在投入使用后,还会产生一定量的医疗垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 ¹⁷⁷Lu 核素治疗项目

1.1 工作场所布局及分区

本项目工作场所位于核医学科（9号楼2楼），楼上为屋顶，楼下为核医学大厅，未邻接产科、儿科、食堂等部门，并设有单独出、入口。医院已将分药室、污物间、1#~6#病房、值班室、处置室、衰变池等划分为控制区管理，医院在控制区的入口醒目位置处设置有国家标准规定的电离辐射警示标志，并设置门禁，严格限制人员进入控制区，保障该区的辐射安全；已将核医学科出入口区域、配餐室、卫生间等场所划分为监督区，医院对监督区定期监测其辐射剂量，评估该区域的安全性。本项目为医院现有场所内新增 ¹⁷⁷Lu 核素并调整 ¹³¹I 核素用量，将 1#病房和 2#病房调整为 ¹⁷⁷Lu 专用病房，调整后分区不变，本项目计划沿用核医学科两区划分及各功能场所。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。核医学科平面布局、控制区与监督区划分见附图 3。

1.2 工作场所屏蔽设计

本项目仅新增 ¹⁷⁷Lu 并调整 ¹³¹I 核素量，工作场所涉及 9 号楼 2 楼核医学科，均为现有场所，屏蔽防护措施均不变。根据医院提供资料，本项目涉及的主要工作场所屏蔽防护措施见表 10-1，参数说明见附件 6。

表 10-1 工作场所辐射防护屏蔽参数

场所/设施	墙体	屋顶（地坪）	防护门
1#~2#病房	40cm 混凝土	40cm 混凝土	8mmPb
分药室	40cm 混凝土	40cm 混凝土	8mmPb
污物间	40cm 混凝土	40cm 混凝土	6mmPb
病房区域进出口防护门	12mmPb（包括北侧入口门、西侧出口门和西侧护士值班室门）		
分药室通风橱	40mmPb		
服药窗	40mmPb		
移动注射车	5mmPb		

药物转运箱	10mmPb
铅废物桶	10mmPb
移动铅防护屏风	2mmPb
注：混凝土密度为 2.35g/cm ³ ；铅密度为 11.4g/cm ³ ；铅玻璃密度为 4.2g/cm ³ 。	

1.3 辐射安全措施设计

本项目使用核医学科现有工作场所，涉及核医学科核素治疗区域，该区域已采取了一系列辐射安全措施，具体防护措施见表 10-2，能够满足辐射安全要求。

表 10-2 采取的安全防护设施和措施一览表

标准	序号	标准条款	采取措施
《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ 1188-2021)	5.2.3	核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。	医院已在核医学科核素治疗区域的控制区出入口设置有门禁，进出需要刷卡进出，防止患者随意离开核医学场所。
	6.2.1	核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。	核医学科工作场所控制区内地面与墙体已无缝连接，操作台等表面已采用不锈钢材质，地板已采用 PVC 塑胶材质，易于清洗、去污。
	6.2.2	应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	核医学科核素治疗区域内已配备一系列个人防护用品，如铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、防污染防护服等，并在病房区域内设置铅屏风。
	6.2.3	操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。	已为本项目配备辐射巡测仪和表面污染仪，工作人员操作后离开工作场所前洗手和进行表面污染监测，若污染水平超过规定限值，采取去污措施。
	6.2.4	放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。	药物供应商将放射性药物（置于铅罐中）送至核医学科分药室通风橱内暂存。核医学科定期开展辐射水平监测并建立相应台账进行管理。
	6.3.1	核医学工作场所应保持有良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	核医学科核素治疗区域设有单独的通风系统，监督区为正压通风，控制区为微负压通风，以保证工作场所的负压和各区之间的压差，防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。
	6.3.4	放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的合成、分装以及挥发性放射性核素的合成、分装以及挥发性放射性核素的合成、分装应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。	通风橱设有独立排风管道，通风排风管道从分药室直接通至楼顶，排风口高于本建筑屋顶，风速不小于 0.5m/s。排风口处设有活性炭过滤装置，医院定期拆卸更换，作为放射性固体废物处置。
	6.3.5	通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及	

		设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。	
《核医学放射防护要求》 (GBZ 120-2020)	5.2.3	合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	
	5.2.6	控制区的入口应设置电离辐射警告标志。	医院已在核医学科控制区的出入口设置电离辐射警告标志。
	5.2.7	核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。	医院已在核医学科地面设置指示标识指示患者进入相应功能房间。
	5.2.8	给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。	医院已在分药室等区域设置视频监控，服药窗配备对讲装置。其中监控终端位于核医学科西侧控制廊，在检查过程中工作人员可及时观察患者情况并与患者交流，保证诊疗质量和防止意外情况的发生。
	6.2.5	控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。	控制区内除患者外，其他人不得进食、饮水、吸烟，不得进行无关工作及存放无关物件。
	6.2.13	所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。	未使用完的放射性药物暂存于分药室通风橱内，并由药物供应商回收。
	6.2.14	当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用6.1.2和附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。	医院制定了《辐射事故应急预案》，发生事故时立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地各主管部门报告，将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生健康主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤患者的医院，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。
	10.1.4	病房内应设置患者专用厕所和淋浴间，厕所内应有患者冲厕所和洗手的提示。	本项目病房内均设置了患者专用卫生间和淋浴间，并设置相应提示。
	10.1.6	分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染监测及剂量率检测仪表及清洗设施。	核医学科已设置工作人员专用卫生间，并配备有表面污染仪、辐射巡测仪和个人剂量报警仪。
10.1.9	患者使用过的被服应先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。	患者使用过的被服暂存于处置室不少于一个半衰期再进行清洗。	

2 DSA 项目

2.1 项目工作场所布局及分区

本项目 DSA 工作场所主要由手术室、控制室、设备间构成，手术室与其他区域分开单独设置，区域划分明确，工作场所布局合理。

医院拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，把工作场所分为控制区、监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：将 35 号手术室内区域划分为控制区，在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯。制定放射安全防护管理制度，严格限制无关人员进出控制区，在正常工作过程中，不得有无关人员进入。

监督区：将本项目手术室相邻的控制室、设备间划为监督区，同时将手术室防护门外 30cm 纳入监督区管理。在监督区入口处适当地点设立表明监督区的标牌，对该区不采取专门防护手段或安全措施，但定期检测其辐射剂量率。

本项目两区划分及场所布局见图 10-1，其中红色表示控制区，黄色表示监督区。本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定，将辐射工作区域进行分区，同时对控制区和监督区采取相应措施，可以有效避免人员误闯入而造成误照。

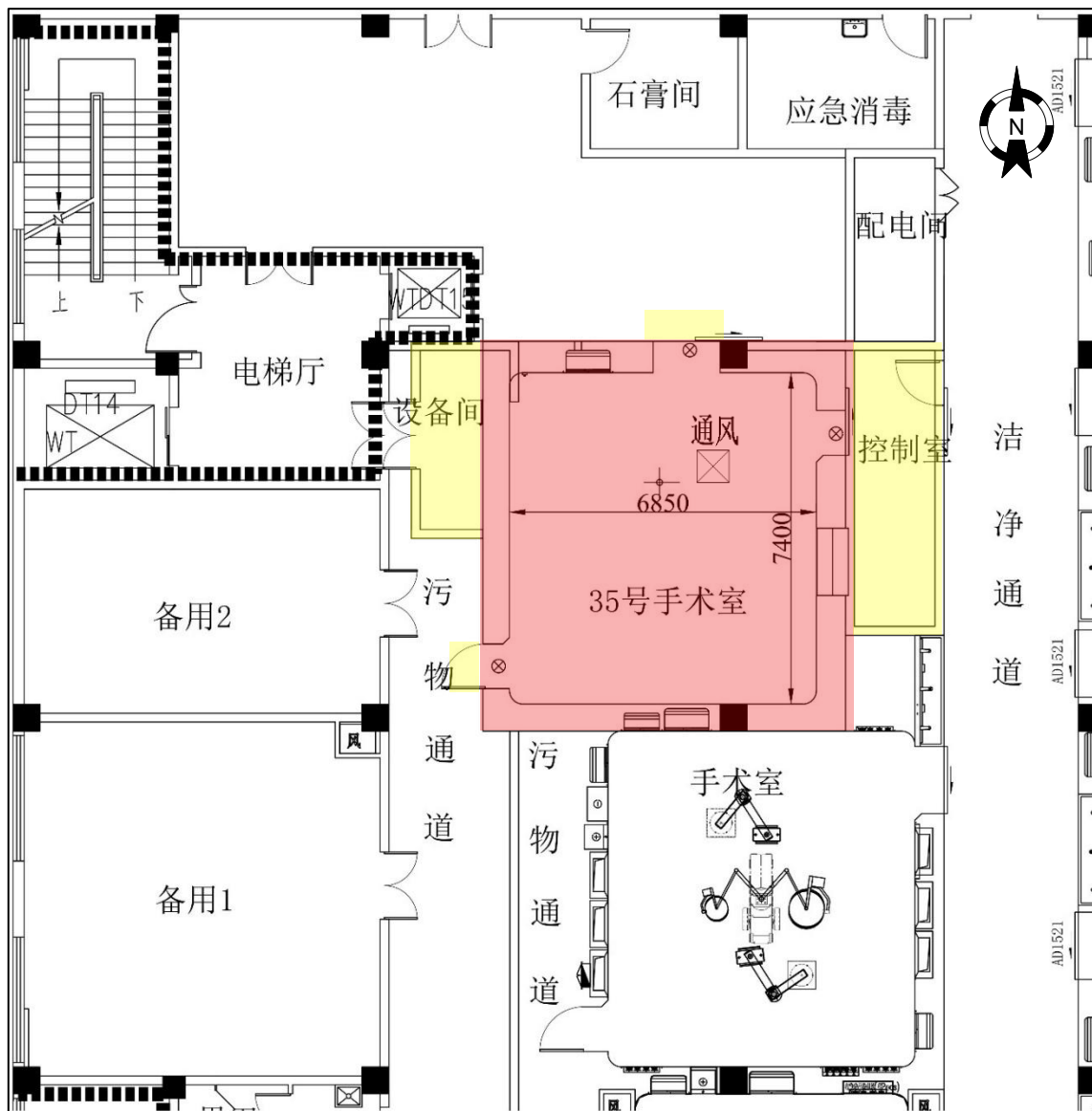


图 10-1 本项目 DSA 工作场所平面布局及分区图 (■：控制区 ■：监督区)

2.2 辐射防护屏蔽设计

本项目 DSA 工作场所原为 C 臂机手术室和部分污物通道，医院拟将其改造为 DSA 手术室和控制室，详细改造方案如下：

医院计划将 C 臂机手术室西侧墙体拆除，并在手术室四周相应部位新砌实心砖墙（与现有墙体相等厚度）并添加相关辐射防护屏蔽材料。手术室四周墙体拟采用 20cm 实心砖+3mm 铅板，医院计划在四周墙体固定龙骨架，将 3mm 铅板固定在龙骨架上，缝隙处采用搭接处理。手术室顶部拟采用 12cm 混凝土+3mm 铅板，在顶部吊顶上方铺设龙骨架，龙骨架上方铺设木工板，最后使用螺丝和螺母将测量切割好的 3mm 铅板固定安装在木工板上，对铅板连接处做焊接处理，直至将顶部铅板安装完成，最后在吊顶下方做天花板装饰。手术室地板拟采用 12cm 混凝土+3mm 铅当量硫酸钡，在混凝土楼板上铺贴砂浆结合层，并分层均匀涂抹硫酸钡，每层均做挂网处理，施工后保持通风并检查涂层厚度和均匀性，完全干燥后进行下一层施工，直至最终层涂抹完成，最终铺贴 PVC 塑料地胶地面。手术室拟采用内衬 4mm 铅板的铅防护门和 4mmPb 的铅玻璃观察窗，在电动防护门上增设工作状态指示灯、防夹装置、门灯联锁装置等辐射防护设施。手术室内设备电缆管线采用地下 U 型槽的方式从手术室墙体下方穿过连接至控制室内，设备管线口内侧均包裹 3mm 铅皮作为防护补偿。

本项目 35 号手术室辐射防护设计参数见表 10-3，参数说明见附件 6。

表 10-3 本项目手术室辐射防护设计参数一览表

6 号楼 4 楼 35 号 手术室	设计尺寸	最小单边长度 (m)	6.85
		有效使用面积 (m ²)	6.85×7.40=50.69
	四侧墙体	20cm 实心砖+3mm 铅板	
	顶棚	12cm 混凝土+3mm 铅板	
	地板	12cm 混凝土+3mm 铅当量硫酸钡	
	观察窗	4mm 铅当量铅玻璃	
防护门	内衬 4mm 铅板		
注：砖密度为 1.65g/m ³ ，混凝土密度为 2.35g/m ³ ，硫酸钡密度为 4.2g/m ³ ，铅密度为 11.3g/m ³ ，铅玻璃密度为 4.68g/m ³ 。			

2.3 辐射安全措施

医院拟设置相应的辐射安全装置和保护措施，主要包括：（1）控制台处设置观察窗；（2）在电动防护门上设置工作状态指示灯，警示灯箱处设置警示语句，如“射

线有害、灯亮勿入”，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；

- (3) 在电动防护门上设置门-灯联锁装置，工作状态指示灯与防护门能有效联动，在手动防护门上设置自动闭门装置；
- (4) 在电动防护门上设置防夹装置；
- (5) 在手术室内诊断床上、控制台上设置急停按钮；
- (6) 为本项目工作人员配备双个人剂量计；
- (7) 为参与介入手术的辐射工作人员配备一系列防护用品，具体配备情况见表 10-4 和表 10-5。

表 10-4 拟配备的个人防护用品一览表

使用场所	标准要求			拟配备的防护用品		数量
	使用人员	防护用品名称	标准铅当量	防护用品名称	标准铅当量	
6 号楼 4 楼 35 号手术 室	患者	铅橡胶性腺防护围裙 (方形)或方巾、铅橡胶 颈套	≥0.50mmPb	铅橡胶性腺防 护方巾	0.5mmPb	1
				铅橡胶颈套		1
	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈 套、铅防护眼镜、介入 防护手套	介入防护手套 ≥0.025mmPb、 铅橡胶围裙、铅橡 胶颈套 ≥0.50mmPb、 其它≥0.25mmPb	铅橡胶围裙	0.5mmPb	4
				铅橡胶颈套	0.5mmPb	4
				铅防护眼镜	0.25mmPb	4
				介入防护手套	0.025mmPb	若干

表 10-5 拟配置的辅助防护用品一览表

使用场所	标准要求		拟配备防护用品		数量
	防护用品名称	标准铅当量	防护用品名称	标准铅当量	
6 号楼 4 楼 35 号 手术室	铅悬挂防护屏	≥0.25mmPb	铅防护帘	0.5mmPb	1
	床侧防护帘		床侧防护帘		1

其它辐射安全措施：

介入手术需要长时间的透视和大量的摄片，对人员的辐射剂量较高，因此在评估介入放射的效应和操作时，其辐射损伤必须加以考虑。X 射线球管工作时产生的散射线对手术室内工作人员有较大影响，根据放射防护“三原则”，医院应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

- a) 操作中减少透视时间和减少摄片的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量；
- b) 一般说来，降低患者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，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅

速，以减少患者和介入人员的剂量；

c) 辐射工作人员应正确佩戴个人剂量计，佩戴单枚个人剂量计时应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，佩戴双剂量计时还应在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计；

d) 引入的 DSA 及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量；

e) 介入人员应该结合 DSA 设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如采用小照射野、低频率脉冲透视等方法；

f) 加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与高压发生器、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；

g) 临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，仅依赖于医务人员身着铅衣、机器自带的铅帘等防护设备被动防护。一般来说，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响医务人员的操作，又能达到防护目的，且能消毒。如：床侧立地防护屏、防护手术手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下帘、床侧帘、床上防护覆盖板等。

h) 在候诊区设置放射防护注意事项告知栏，让患者及陪检者了解并遵守放射防护注意事项。

三废的治理

1 ^{177}Lu 核素治疗项目

1.1 放射性废水处理措施

1.1.1 正常运行状况下的放射性废水处理措施

医院核医学科衰变池位于 9 号楼东侧地下，衰变池包括两组衰变池组，即核素显像诊断项目衰变池组和核素治疗项目衰变池组，衰变池均为地理并联式，如附图 11 所示。其中核素治疗项目衰变池组共 6 个储存池子+2 个前处理池，6 个储存池子总容量为 178.5m^3 ($28\text{m}^3 \times 3$ 个+ $31.5\text{m}^3 \times 3$ 个= 178.5m^3)；显像诊断项目衰变池组共 3 个储存池

子+1 个前处理池，三个储存池子总容量为 60m^3 ($20\text{m}^3 \times 3 \text{ 个} = 60\text{m}^3$)。本项目产生的放射性废水排入核素治疗项目衰变池组内，放射性废水先排入 1#前处理池中进行初步处理，然后将处理完成的废水排入 1#池子，废水达到设定液位时关闭 1#池子管道阀门开始暂存衰变，然后废水依次排入 2#池子、3#池子。1#~3#池子均存满时，启用 2#前处理池，废水依次排入 4#池子、5#池子和 6#池子。

衰变池采用高度智能控制系统，人性化操作管理，通过 PLC 和触摸屏设定工作参数和状态，设有报警机制和状态提醒机制，所有运行状态自行监控，可在无人值守情况下实现自动稳定运行。衰变池池顶、池底、池壁和池间隔板采用 20cm 厚混凝土浇筑，池顶盖为 25cm 厚的混凝土盖板，废水通过 5mmPb 防护的专用废水管道直接排入衰变池。核医学科衰变池平面和剖面布局图见附图 10。

根据前文分析可得， ^{177}Lu 核素治疗年患者数最多为 200 人，年产生废水量为 6m^3 ($200 \text{ 人} \times 30\text{L} = 6\text{m}^3$)。

根据医院实际情况可知，医院甲癌治疗项目日最大患者数为 3 人，年最大患者数为 150 人，甲癌患者一般住院 2~5 天，取患者住院 4 天，住院期间洗澡一次。住院过程中平均每人每天用水约 50L (不含洗澡)，洗澡当天平均每人每天用水 150L。核医学科在甲癌治疗和 ^{177}Lu 核素治疗更替时需对场所和生活用品进行清洗，每周清洗 2 次，每次清洗废水取 40L，年工作 50 周。则年产生废水量为 49m^3 ($150 \text{ 人} \times 50\text{L} \times 3 \text{ 天} + 150 \text{ 人} \times 150\text{L} \times 1 \text{ 天} + 40\text{L} \times 50 \text{ 周} \times 2 \text{ 次} = 49\text{m}^3$)。

综上所述，本项目投入使用后，核医学科核素治疗项目年废水量合计 55m^3 ，则月产生废水量约 4.58m^3 。当衰变池其中一个池子废水储满开始至其它 5 个池子废水储满时间约 963 天 ($(31.5\text{m}^3 \times 2 + 28\text{m}^3 \times 3) / 4.58\text{m}^3 \times 30\text{d} \approx 963\text{d}$)，放射性废水中含有 ^{131}I 核素，医院计划将衰变池中的放射性废水暂存时间不少于 180 天后，排入医院污水处理系统，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中暂存 180 天的要求。

1.1.2 事故状况下的放射性废水处理措施

本项目在运行过程中发生药物溢出、散漏事故时，应根据医院制定的辐射事故应急预案，参照使用《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 中附录 K 所列用品，及

时控制、消除放射性污染。单名患者单次注射 ^{177}Lu 药物剂量不超过 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，常见 ^{177}Lu 药物规格为 1000MBq/mL ，因此本项目最大可信事故为工作人员在操作药物时误将一瓶容量为 7.4mL 的 ^{177}Lu 药物打翻溢出。工作人员应立即启动医院制定的辐射事故应急预案，并采取相关措施清洗去污。工作人员提前穿戴好放射性污染防护服、铅橡胶围脖、一次性防水手套、胶鞋等个人防护用品，使用胶带和电离辐射警告标志标记现场隔离区，禁止无关人员进入，并铺设不透水的塑料布覆盖污染核心区边缘，防止扩散。用小刷子轻推吸水纸或一次性毛巾覆盖污染面，由外向内吸附。使用毡头标记笔（水溶性油墨）在污染边界划线标记便于后续重点去污。采用硫代硫酸钠溶液作去污剂，喷洒去污剂浸润污染表面，反应 $3\sim 5\text{min}$ ，用小刷子单向刷洗，酒精湿巾擦拭去除残留化学试剂，重复操作该过程使污染区的表面污染控制水平满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。清理结束后医院应对本项目辐射工作人员进行表面污染监测，对手、皮肤暴露部分及工作服、鞋、帽等进行表面污染监测，对从控制区带出的物品也要进行监测。若发生皮肤污染，应立即进行清洗。去污过程中使用吸水纸或一次性毛巾可吸附约 97% 药液，每次冲洗擦拭可产生放射性废水约 2L，取清洗 3~5 次；皮肤污染每次清洗可产生放射性废水约 1L，取清洗 3~5 次，共计废水为 $0.009\sim 0.015\text{m}^3$ ，去污过程所产生的放射性废液应排入衰变池中进行暂存衰变，暂存时间不少于 180 天后排入医院污水处理系统，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中暂存 180 天的要求。

1.2 放射性固体废物处理措施

1.2.1 正常运行状况下的放射性固体废物处理措施

根据前文分析可得， ^{177}Lu 核素治疗项目年放射性废物产生量为 60kg 。根据医院提供资料可知，核医学科内甲癌治疗项目的放射性固体废物产生量为 $130\text{kg}/\text{年}$ 。累加本项目后，场所内年产生放射性废物不超过 215kg （ $130\text{kg}+60\text{kg}+25\text{kg}$ ），折算为体积不超过 2m^3 。核医学科内设置有污物间，容积约为 13.8m^3 ，医院拟将放射性固体废物暂存于场所中的铅废物桶中，在每天结束工作后，用专用收集袋收集并贴上符合规定的标签，放置于污物间内暂存。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，含 ^{177}Lu 核素的放射性固体废物暂存时间超过 68 天，含 ^{131}I 核素的放射性固

体废物及废活性炭暂存时间超过 180 天，并经检测辐射剂量率满足所处环境本底水平、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，在定期对满足储存时间要求的放射性固体废物进行监测及清洁解控后，本项目放射性固体废物的处理满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中有关放射性固体废物处理的要求。

1.2.2 事故状况下的放射性固体废物处理措施

根据前文分析可得，辐射事故时产生的放射性固体废物主要有：一次性防水手套、塑料布、吸水纸、一次性毛巾等，不超过 5kg，折算为体积不超过 0.5m^3 。所有放射性固体废物用专用收集袋收集并贴上符合规定的标签，放置于污物间内暂存，直至检测辐射剂量率满足所处环境本底水平、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。

1.3 放射性废气处理措施

核医学科设有单独的通风系统，监督区设为正压通风，控制区域均设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。核医学科分药室内设有 1 个 40mmPb 的通风橱，核素相关操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压，且设有独立的排风管道至屋顶排风，风速不小于 $0.5\text{m}/\text{s}$ ，排风管道排气口高于本建筑屋顶，排气口设置有活性炭吸附装置。本项目产生的放射性废气排放满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

2 DSA 项目

2.1 三废处理

医院已在 6 号楼 4 楼 35 号手术室内顶部设置通风系统，能够保持通风良好的要求。DSA 在工作状态时，会使手术室内的空气产生电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

本项目工作人员和部分患者产生的普通生活污水，由医院内污水处理站处理。

本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在污物间，由医院统一作为医疗废物处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

医院新增 ^{177}Lu 核素治疗项目为扩建项目，项目在已建成的核医学科内开展，不存在建设阶段环境影响。

DSA 项目为改建项目，涉及到墙体砌筑、建筑装饰、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对医院及周边地区的环境影响。项目施工时会产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响：

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

(2) 噪声：施工时，施工设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。因此，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时应避免在中午休息时间施工，另外考虑院区周围公众，严禁夜间进行噪声作业。本项目施工工期相对较短，在严格执行噪声标准，并且合理安排施工时间的情况下，噪声对周围人群的影响是暂时的。

(3) 固体废物：施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，医院应委托有资质单位清运，做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

(4) 废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，应统一收集后由医院进行处理。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

运行阶段对环境的影响

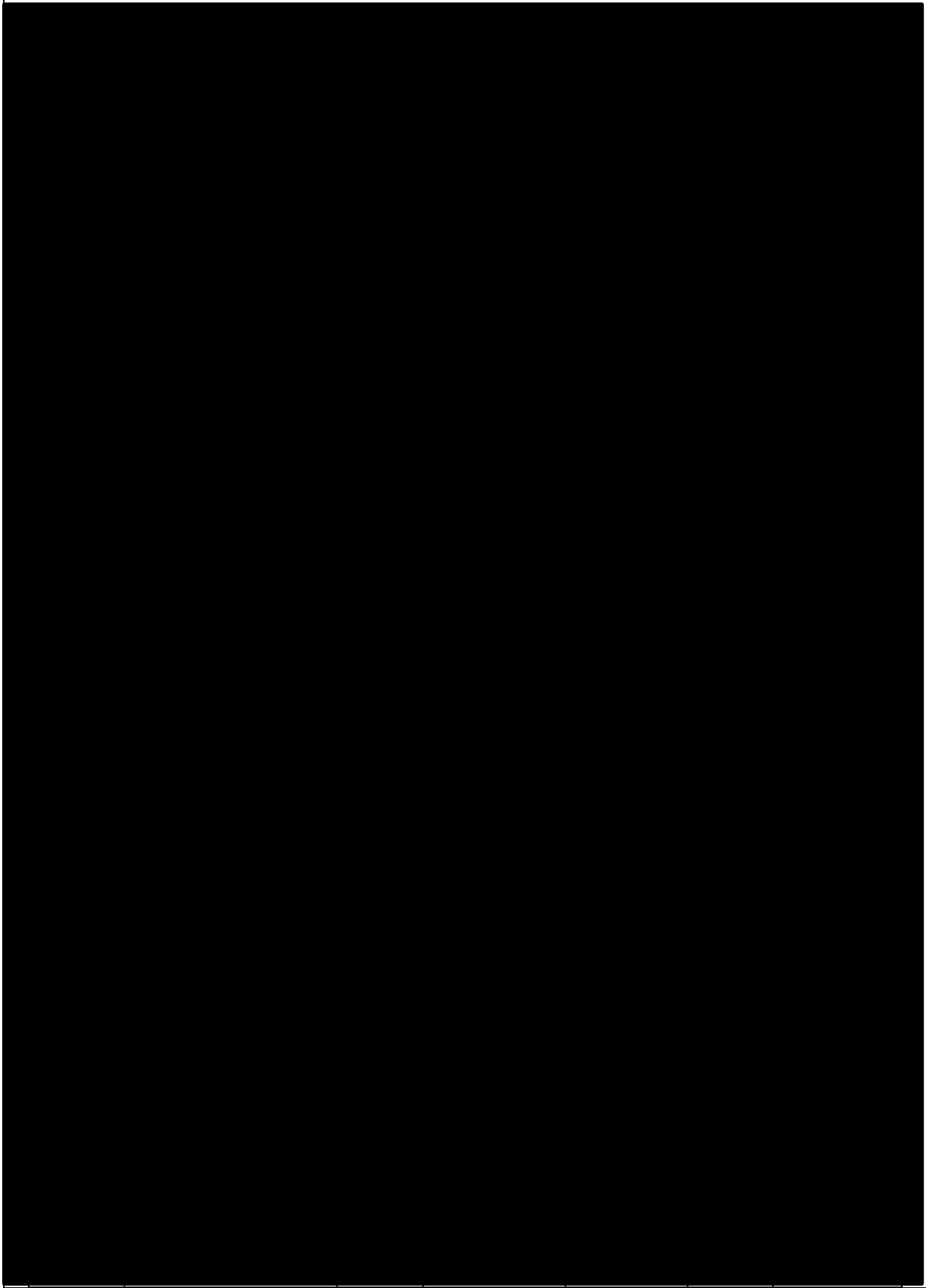
1 ^{177}Lu 核素治疗和 ^{131}I 核素治疗项目

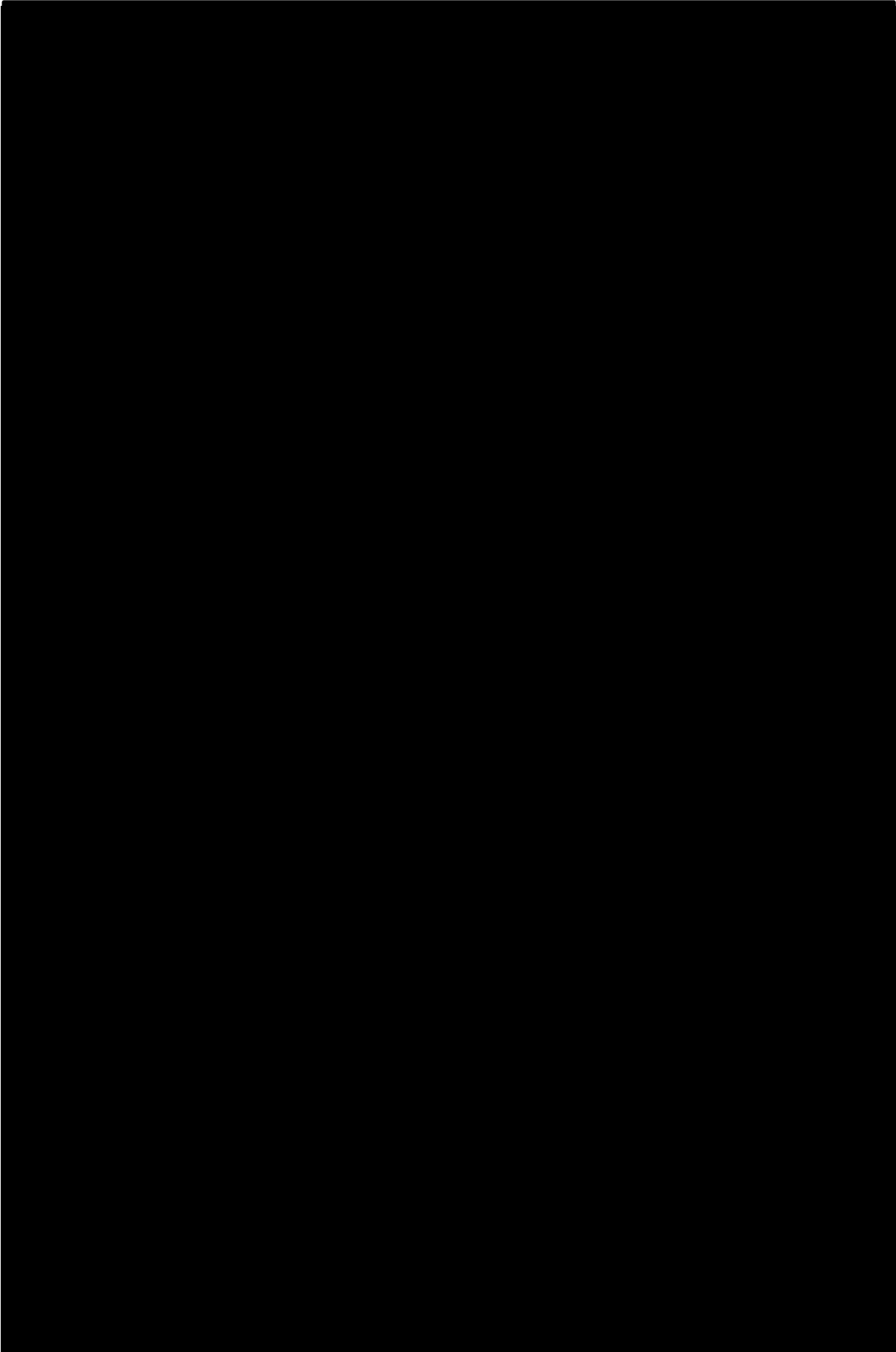
1.1 辐射环境影响分析

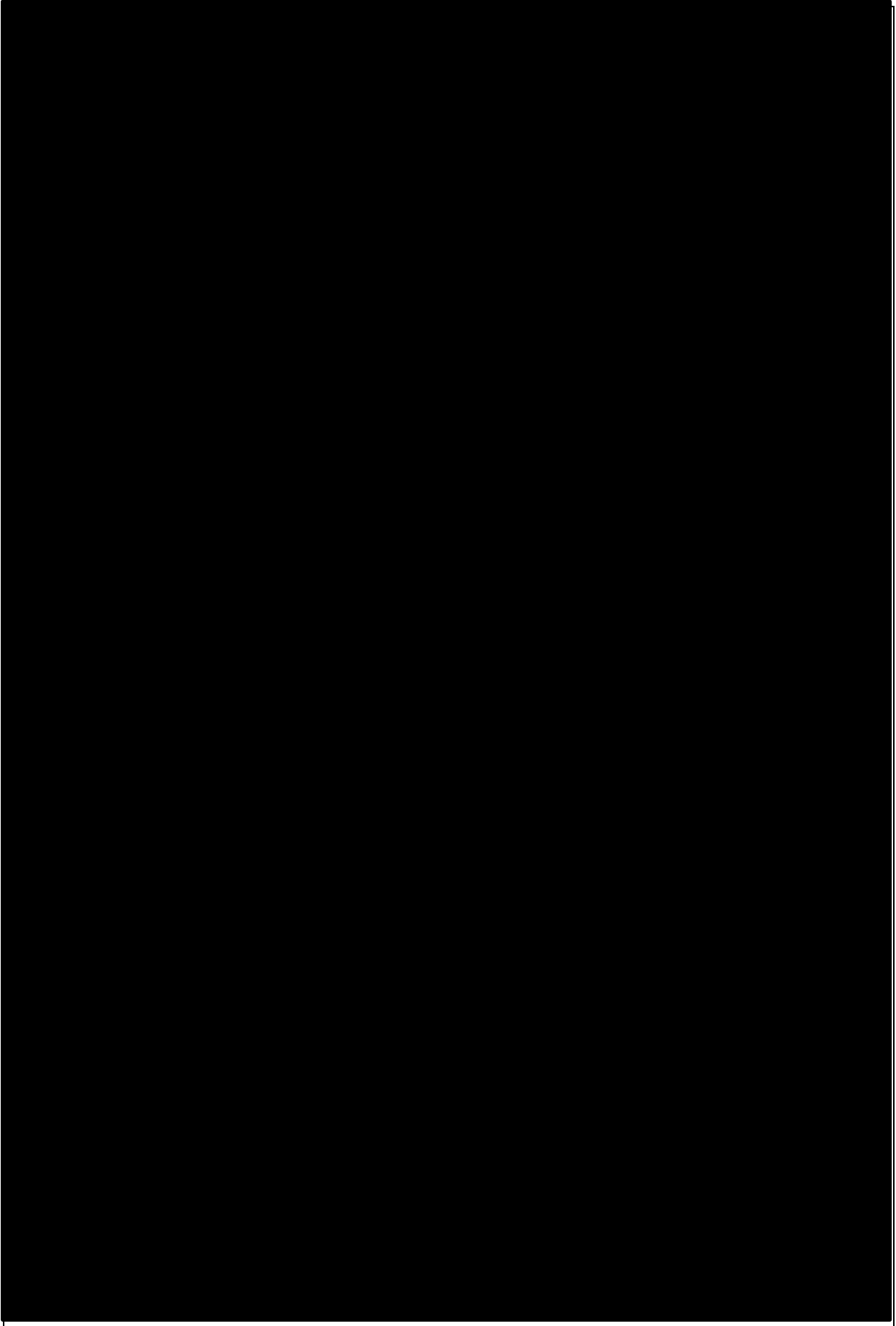
^{177}Lu 和 ^{131}I 核素治疗过程中主要产生 β 射线和 γ 射线，单名患者单次注射 ^{177}Lu 药

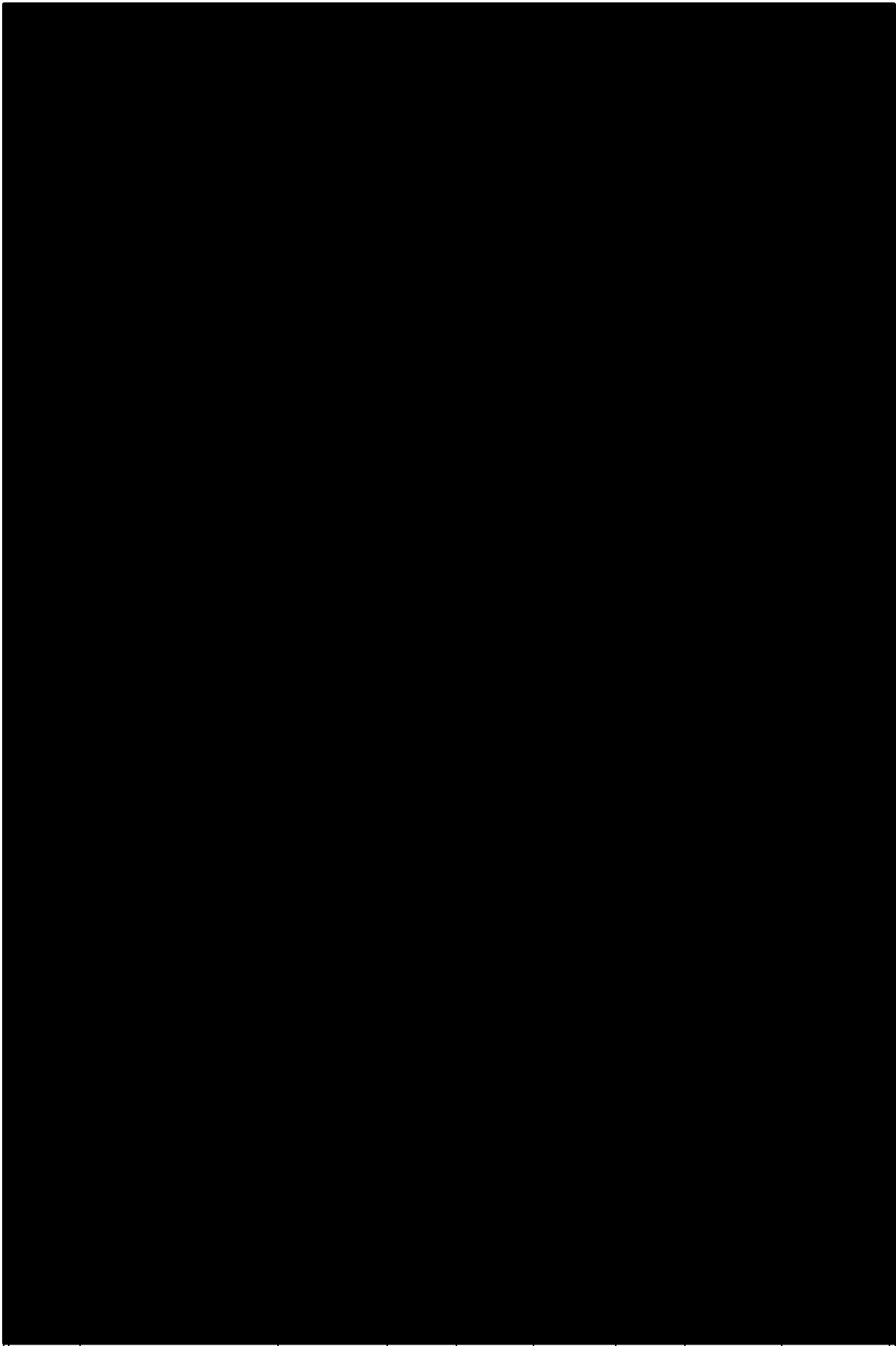
物剂量不超过 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，单名患者服用 ^{131}I 药物剂量不超过 $5.55\text{E}+09\text{Bq}$ 。

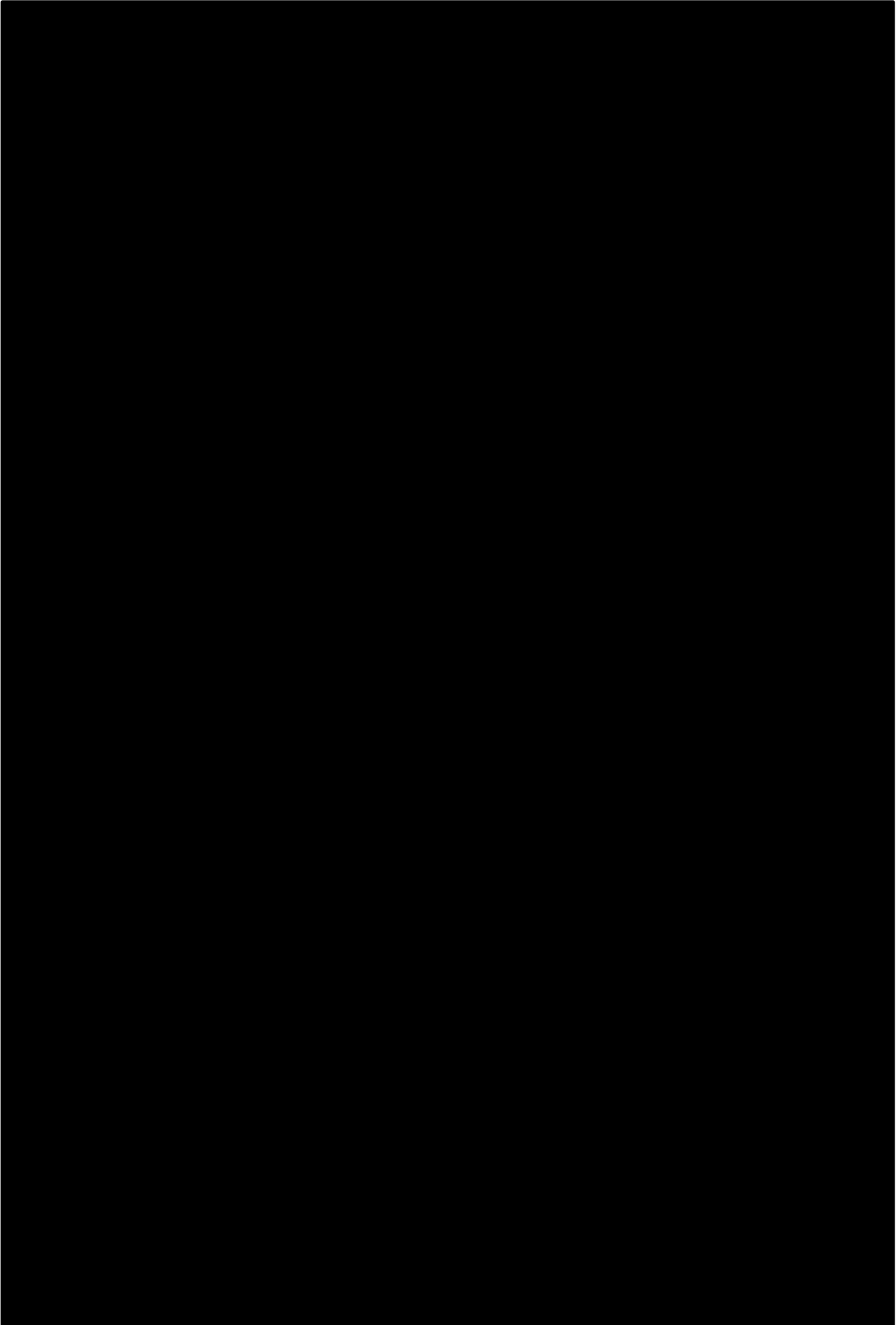
1.1.1 γ 射线

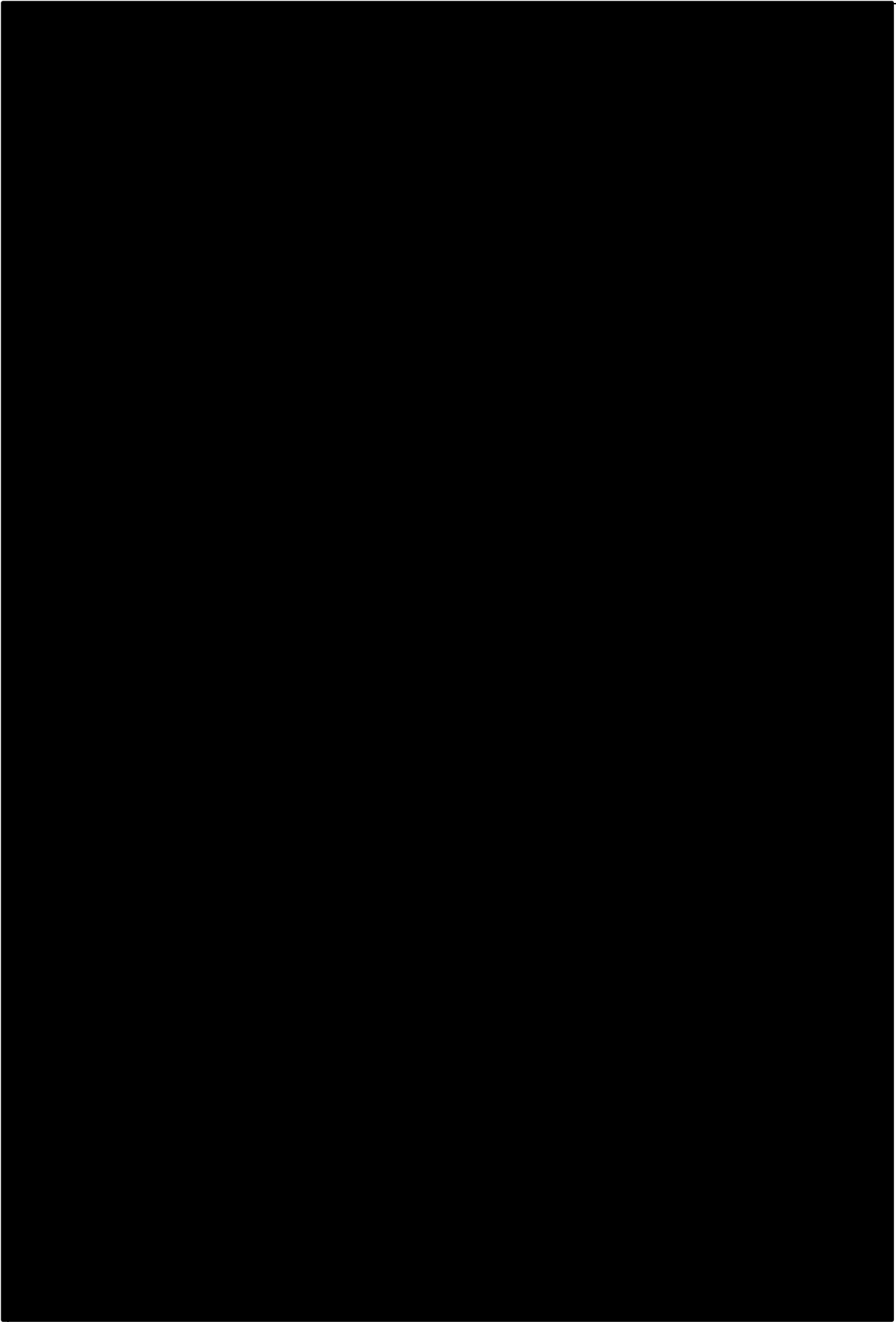


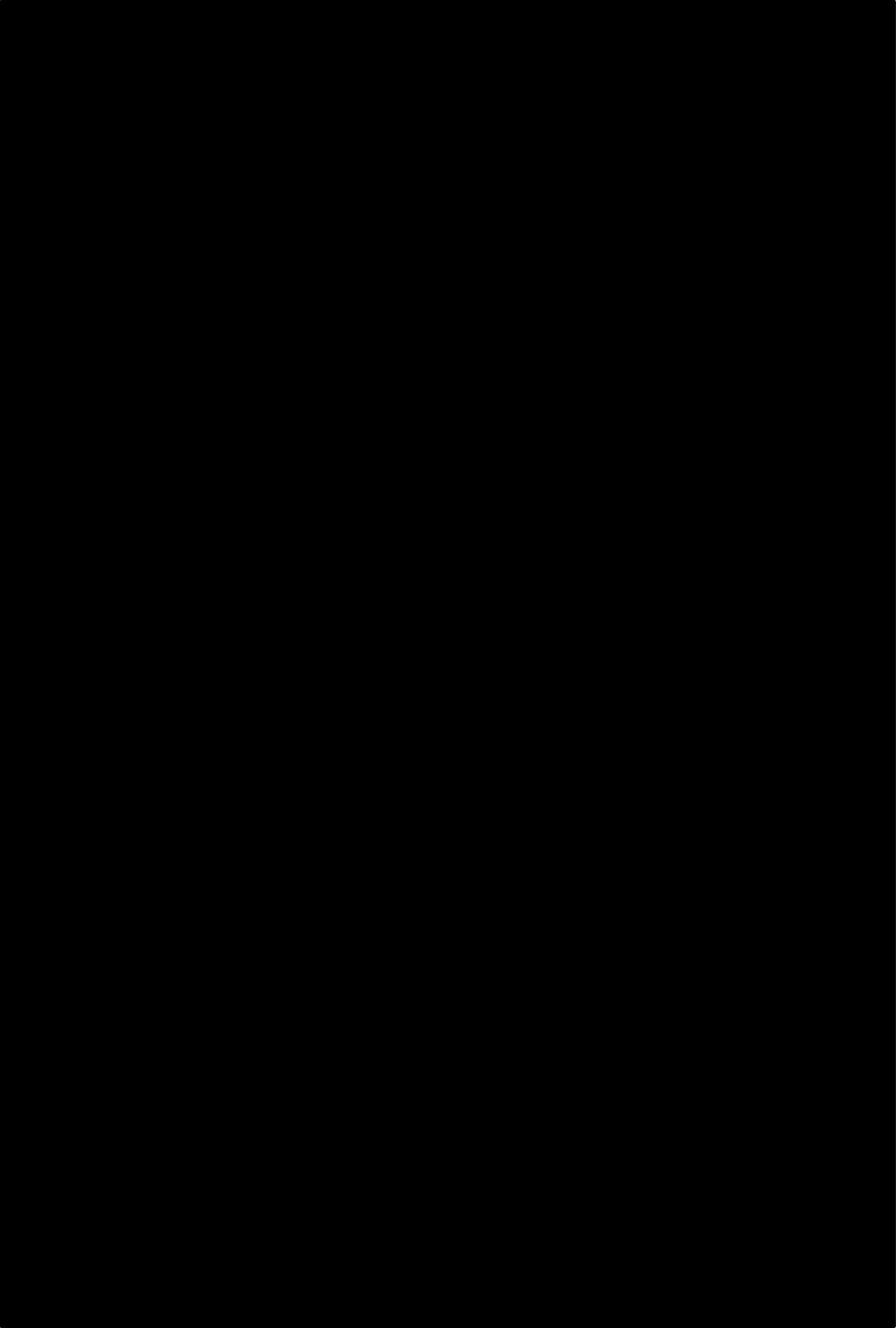


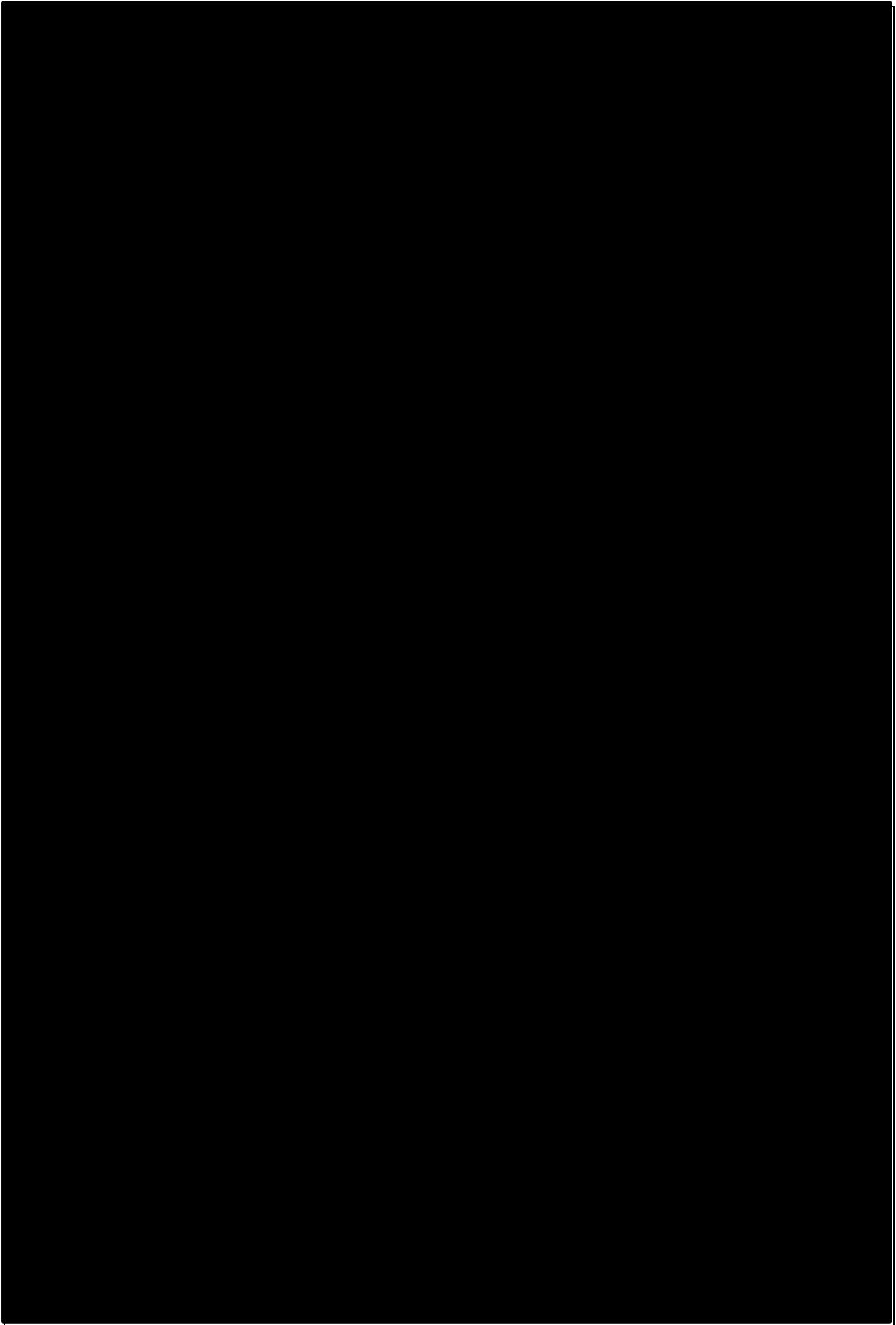












综上所述，在做好个人防护措施、安全措施的情况下，本项目工作人员及公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对辐射公众人员及公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

1.3 放射性“三废”影响分析

1.3.1 放射性废水影响分析

根据前文分析可知，本项目投入使用后，核医学科核素治疗项目年废水量合计 55m³，则月产生废水量约 4.58m³。当衰变池其中一个池子废水储满开始至其它 5 个池子废水储满时间约 963 天（ $(31.5\text{m}^3 \times 2 + 28\text{m}^3 \times 3) / 4.58\text{m}^3 \times 30\text{d} \approx 963\text{d}$ ），放射性废水中含有 ¹³¹I 核素，医院计划将衰变池中的放射性废水暂存时间不少于 180 天后，排入医院污水处理系统，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中暂存 180 天的要求。

核医学科核素治疗项目衰变池组用于暂存甲癌治疗项目产生的放射性废水，其已

履行环保手续。 ^{131}I 周围剂量当量率常数 ($0.0595\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$) 约为 ^{177}Lu 周围剂量当量率常数 ($0.0063\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$) 的 9.4 倍, 且 ^{177}Lu 光子能量 (0.2084MeV) 小于 ^{131}I 光子能量 (0.284MeV), 单名患者 ^{177}Lu 核素用量 ($7.40\text{E}+09\text{Bq}$) 为 ^{131}I 核素用量 ($5.92\text{E}+09$) 的 1.25 倍, ^{177}Lu 核素治疗期间单名患者废水产生量小于 ^{131}I 。本项目沿用现有废水管道和衰变池, 综上所述可知 ^{177}Lu 废水辐射影响远小于 ^{131}I 废水。因此本项目投入运行后, 现有废水管道和衰变池屏蔽防护能够满足要求。

1.3.2 放射性固废影响分析

根据前文分析可知, 放射性固体废物暂存于场所中的铅废物桶中, 在每天结束工作后, 用专用收集袋收集并贴上符合规定的标签, 放置于污物间内暂存。场所内年产生放射性固废不超过 215kg , 折算为体积不超过 2m^3 。污物间容积约为 13.8m^3 , 能够满足其暂存容积要求。根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求, 含 ^{177}Lu 核素的放射性固体废物暂存时间超过 68 天, 含 ^{131}I 核素的放射性固体废物及废活性炭暂存时间超过 180 天, 并经检测辐射剂量率满足所处环境本底水平、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$, 可对废物清洁解控并作为医疗废物处理, 在定期对满足储存时间要求的废物进行监测及清洁解控后, 本项目放射性固体废物的处理满足《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中有关放射性固体废物处理的要求。

1.3.3 放射性废气影响分析

核医学科设有单独的通风系统, 监督区设为正压通风, 控制区域均设为微负压通风, 以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。核医学科分药室内设有 1 个 40mmPb 的通风橱, 核素相关操作均在通风橱中进行, 通风橱内保持负压, 且设有独立的排风管道至屋顶排风, 风速不小于 $0.5\text{m}/\text{s}$, 排风管道排气口高于本建筑屋顶, 排气口设置有活性炭吸附装置。本项目产生的放射性废气排放满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求。

2 DSA 项目

2.1 屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

2.1.1 评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，C 形臂 X 射线设备手术室有用线束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

2.1.2 本项目手术室各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10-3 可知，本项目使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及实心砖、混凝土、硫酸钡等。本项目按最大管电压 125kV 核算 35 号手术室各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

实心砖、混凝土的等效铅当量厚度核算：

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b) 给出的计算公式进行计算：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α 、 β 、 γ —相应屏蔽物质对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a) 相应要求采用给出的计算公式进行计算：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α 、 β 、 γ —铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—铅厚度。

由《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中表 C.2 和 BIR Radiation Shielding For Diagnostic Radiology 2nd Edition 中 Table 4.1 查取 125kV 管电压工况下 X 射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数，列于表 11-8：

表 11-8 125kV 管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
	实心砖	0.0287	0.067	1.346
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

35 号手术室屏蔽部位涉及 200mm 实心砖和 120mm 混凝土，按公式（8）、公式

(7) 计算其屏蔽透射因子 B、铅当量厚度，计算结果列于表 11-9。

表 11-9 实心砖和混凝土的屏蔽透射因子 B、铅当量厚度计算结果

屏蔽体	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度 (mmPb)
120mm 混凝土	3.22E-03	1.4
200mm 实心砖	1.32E-03	1.8

2.2 辐射环境影响分析

2.2.1 手术室屏蔽参数与标准要求的相符性分析评价

35 号手术室辐射防护屏蔽设计参数与标准对比见表 11-10:

表 11-10 35 号手术室屏蔽体等效铅当量厚度核算及其与标准要求对比

屏蔽体	屏蔽设计参数	等效铅当量	标准要求 ^[1]	评价结果
四侧屏蔽墙 ^[2]	20cm 实心砖+3mm 铅板	4.8mmPb	2.0mmPb	满足要求
顶棚 ^[3]	12cm 混凝土+3mm 铅板	4.4mmPb	2.0mmPb	满足要求
地板 ^[2]	12cm 混凝土+3mm 铅当量硫酸钡	4.4mmPb	2.0mmPb	满足要求
防护门 ^[2]	4mm 铅当量铅玻璃	4.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
观察窗 ^[2]	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	2.0mmPb	满足要求

注: [1]为 GBZ 130-2020 表 3 要求; [2]: 为非有用线束方向; [3]: 为有用线束方向

由表 11-10 可知, 35 号手术室的屏蔽体等效铅当量满足 GBZ 130-2020 表 3 关于有用线束方向、非有用线束方向铅当量均不小于 2.0mmPb 的要求。

2.2.2 手术室尺寸参数与标准要求的相符性分析评价

35 号手术室尺寸设计参数与标准对比见表 11-11:

表 11-11 手术室尺寸设计参数

机房	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	标准要求	评价结果
35 号手术室	6.85	50.69	单管头 X 射线设备, 最小单边长度不少于 3.5m, 有效使用面积不少于 20m ²	满足要求

根据表 11-11 可知, 35 号手术室的有效使用面积、最小单边长度能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的相关要求, 则其余手术室亦满足要求。

2.3 辐射影响预测

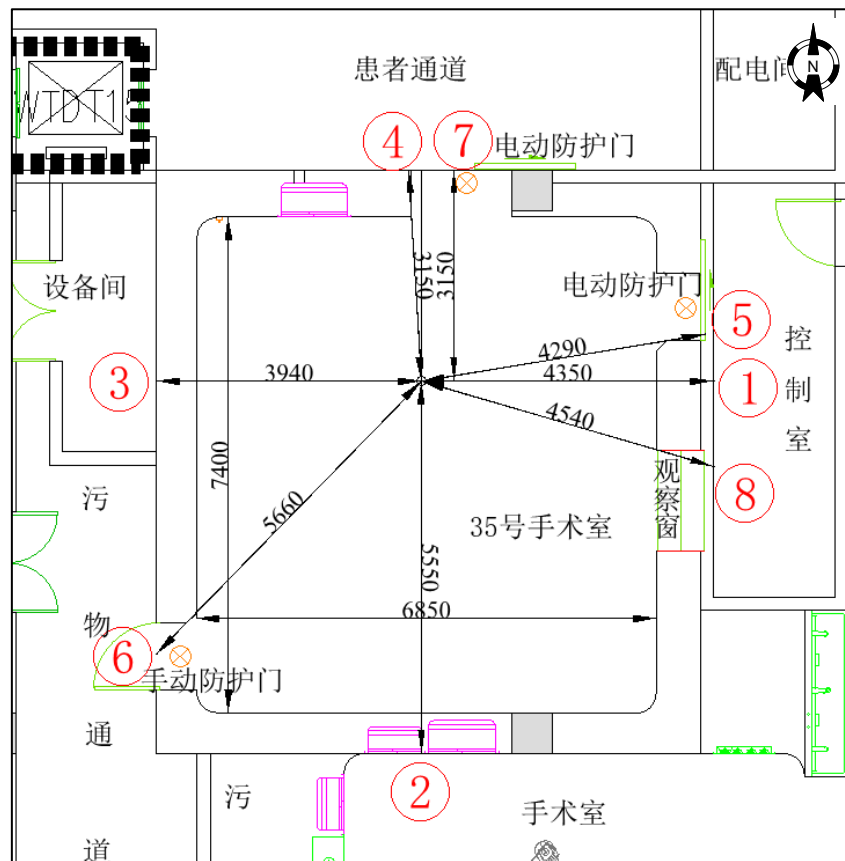
根据 NCRP147 号报告“Structural Shielding Design for Medical Imaging X-ray Facilities”4.1.6 节 (Primary Barriers, P41-45) 及 5.1 节 (Cardiac Angiography, P72), X 射线球管及平板探测器分别在 DSA 设备 C 型臂的两端, 球管出束口恒定朝

向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。在出束时，均要求平板探测器具有对电离辐射的高阻断能力，要求所有入射到发光材料上的X射线尽可能多地被吸收，当X射线穿过平板探测器而没被吸收，就不会产生激发，从而影响成像效果。平板探测器对DSA球管主射线的吸收，使得DSA1#室的理论估算无须再考虑主射线，因此，进行评价时主要考虑泄漏和散射辐射造成的辐射影响。

本项目的辐射影响构成情况见表 11-12，关注点布设见图 11-1。

表 11-12 DSA 设备的辐射影响构成情况

操作模式		正常运行时最大工况	射线种类	辐射影响对象
非有用线束	摄影模式	80kV/500mA	散射线、泄漏射线	手术室外公众、控制室内设备操作人员和介入治疗操作人员
	透视模式	80kV/20mA	散射线、泄漏射线	手术室外公众、控制室内设备操作人员、手术室内介入治疗操作人员



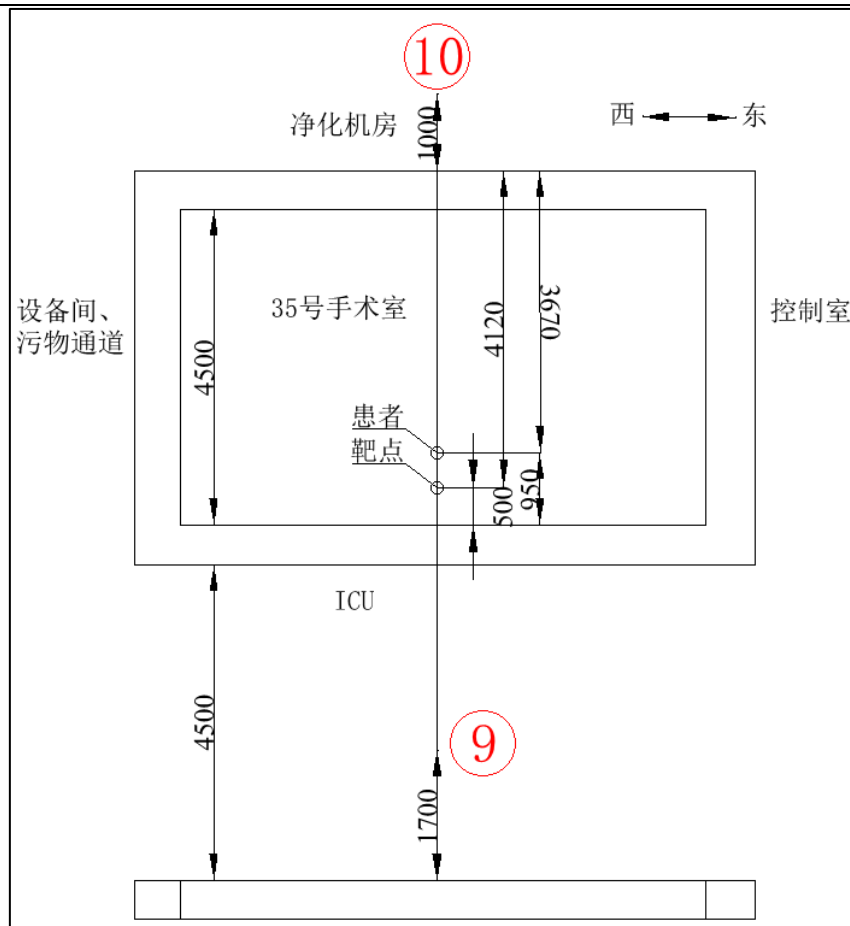
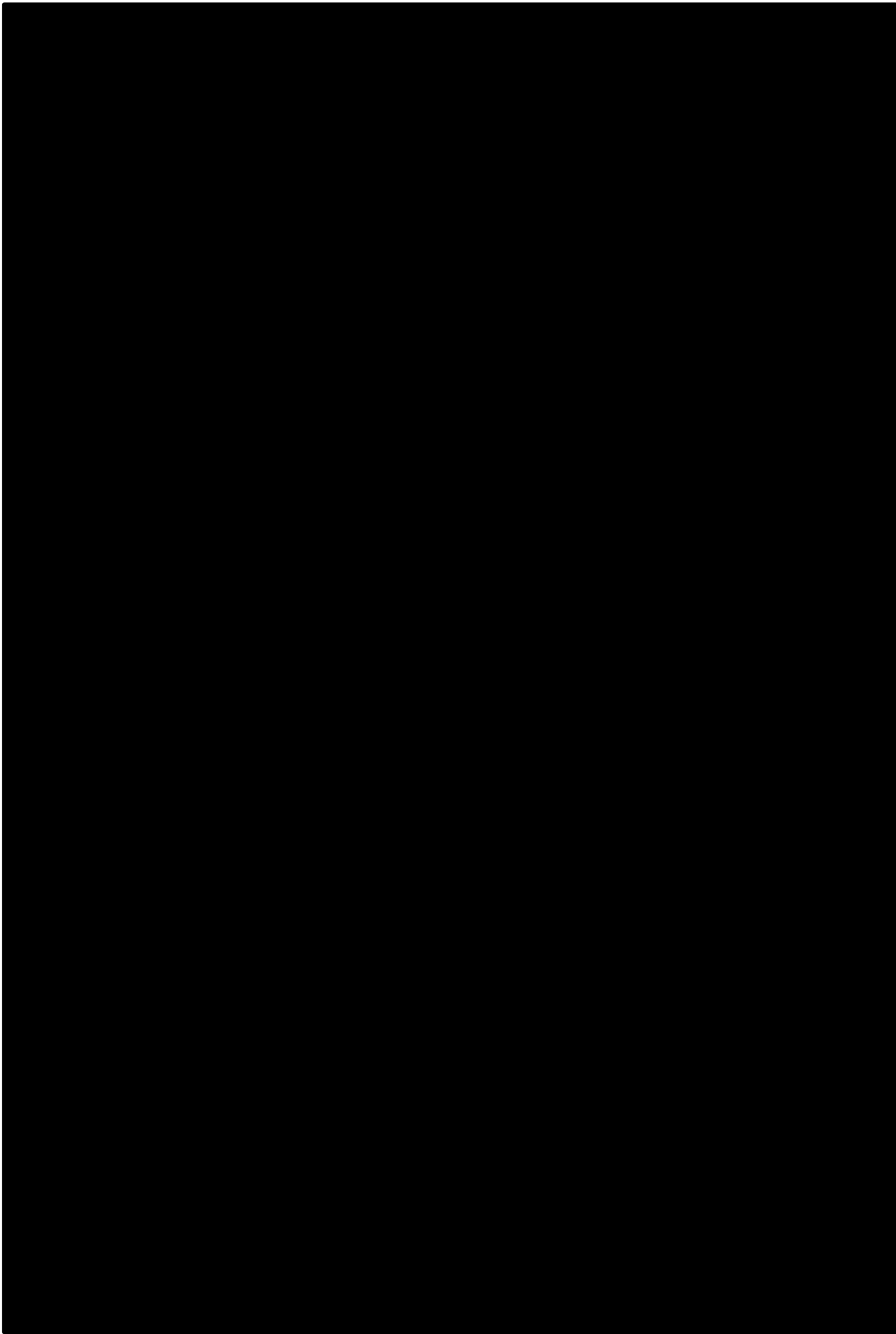


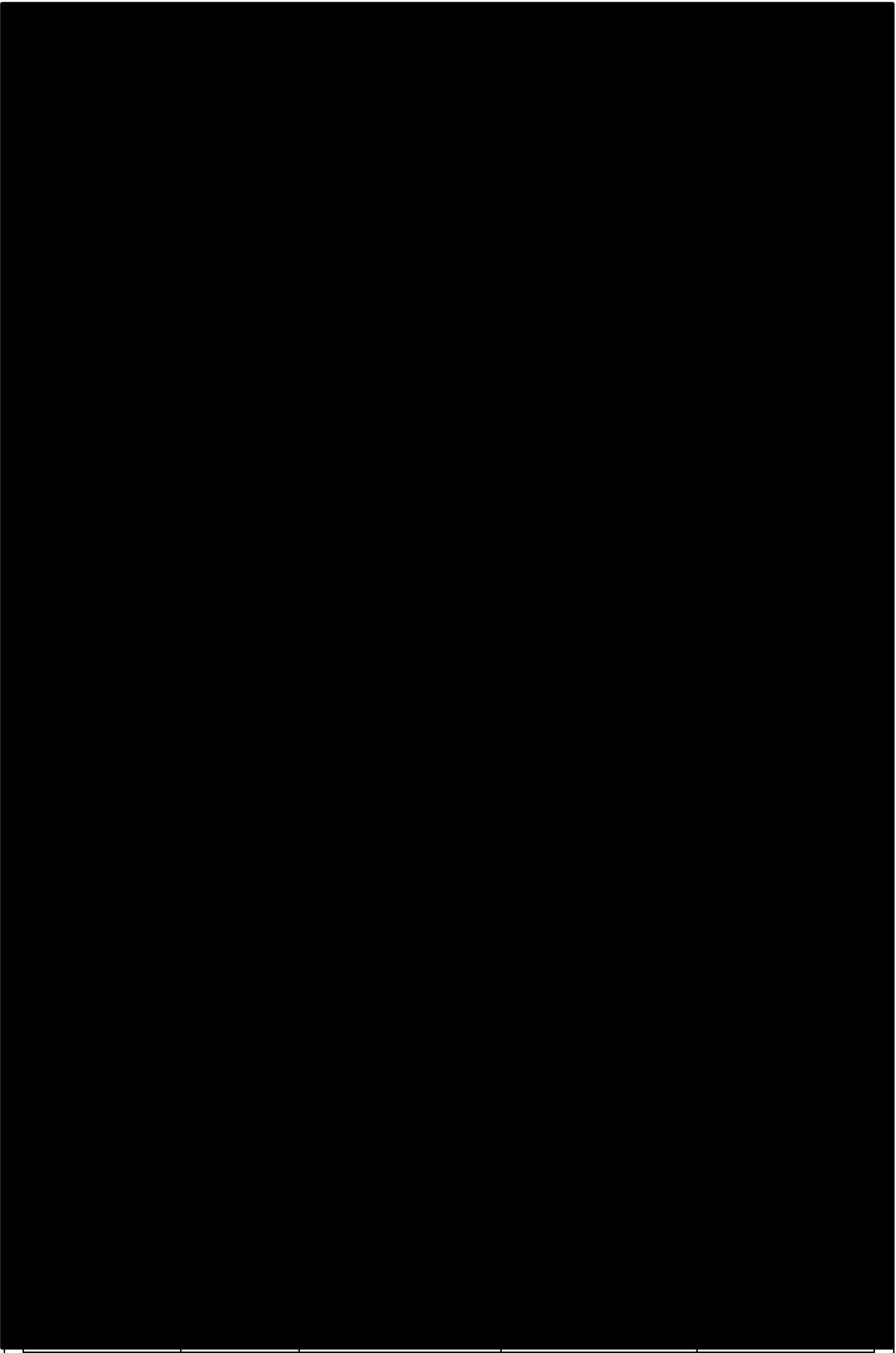
图 11-1 35 号手术室周围关注点示意图

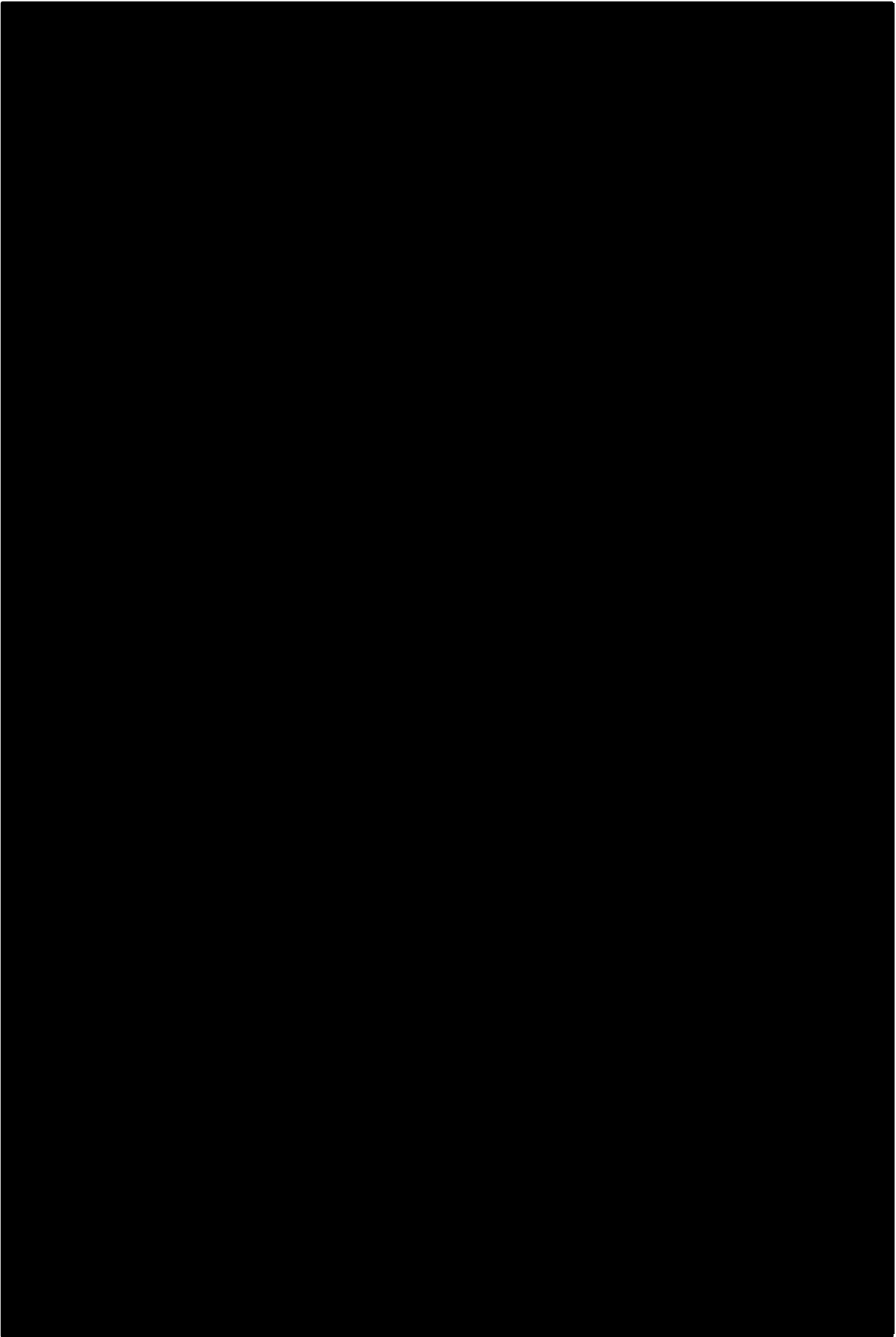
依照医院提供资料，35 号手术室内设备最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。实际使用时，透视模式下最大管电压约为 80kV，最大管电流约为 20mA，摄影模式下最大管电压约为 80kV，最大管电流约为 500mA。

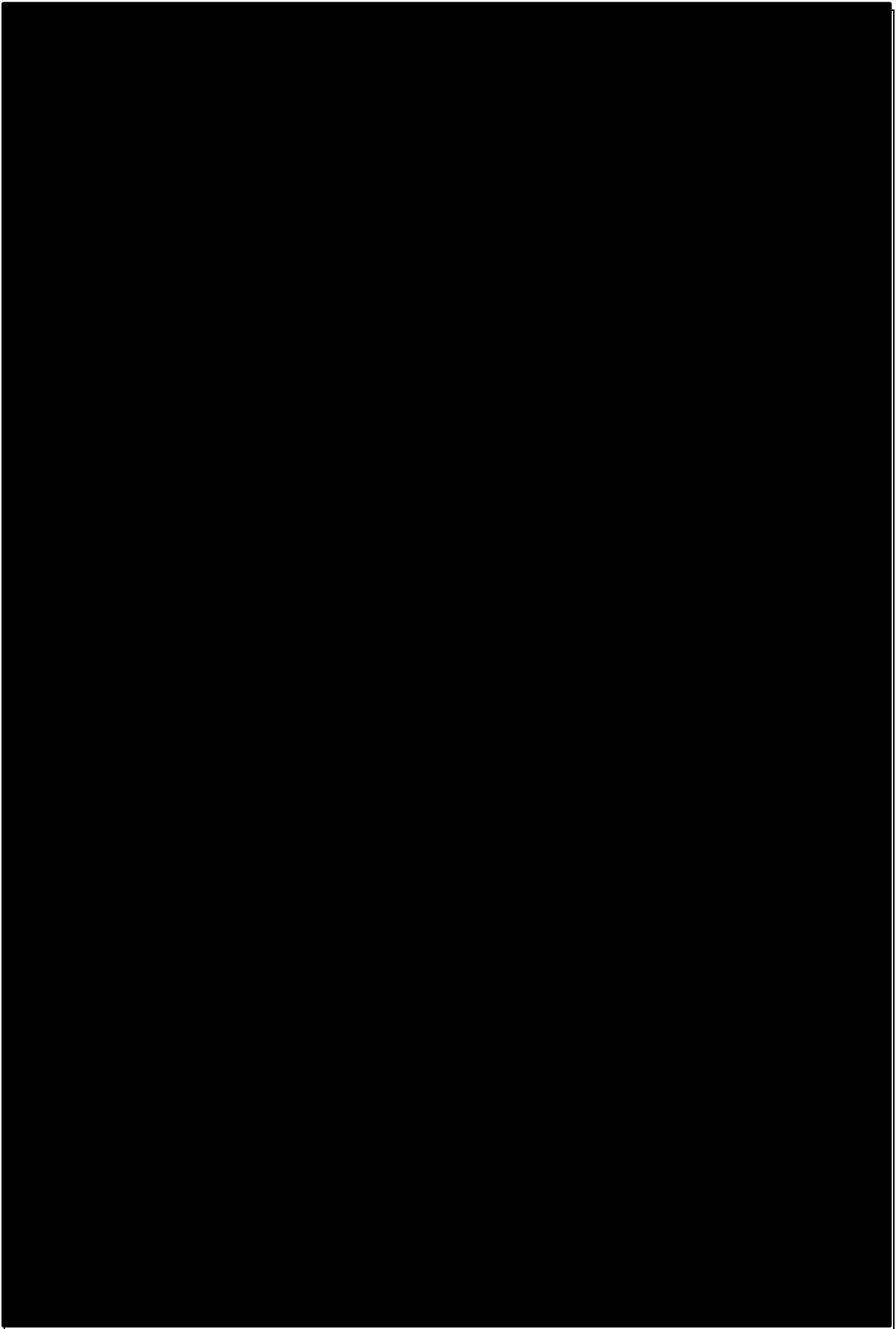
2.3.1 关注点处散射辐射剂量率计算

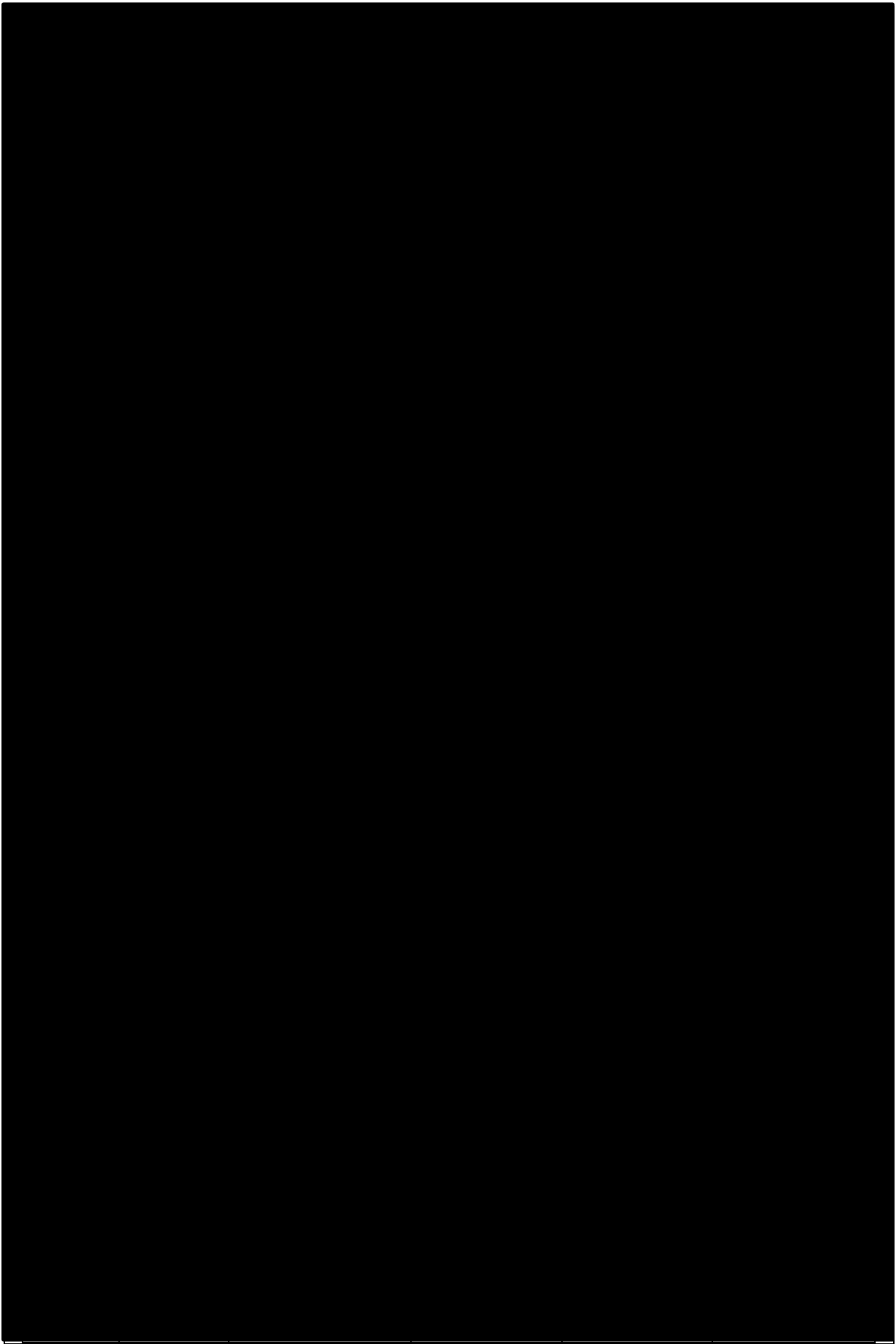
1) 散射辐射剂量率计算公式

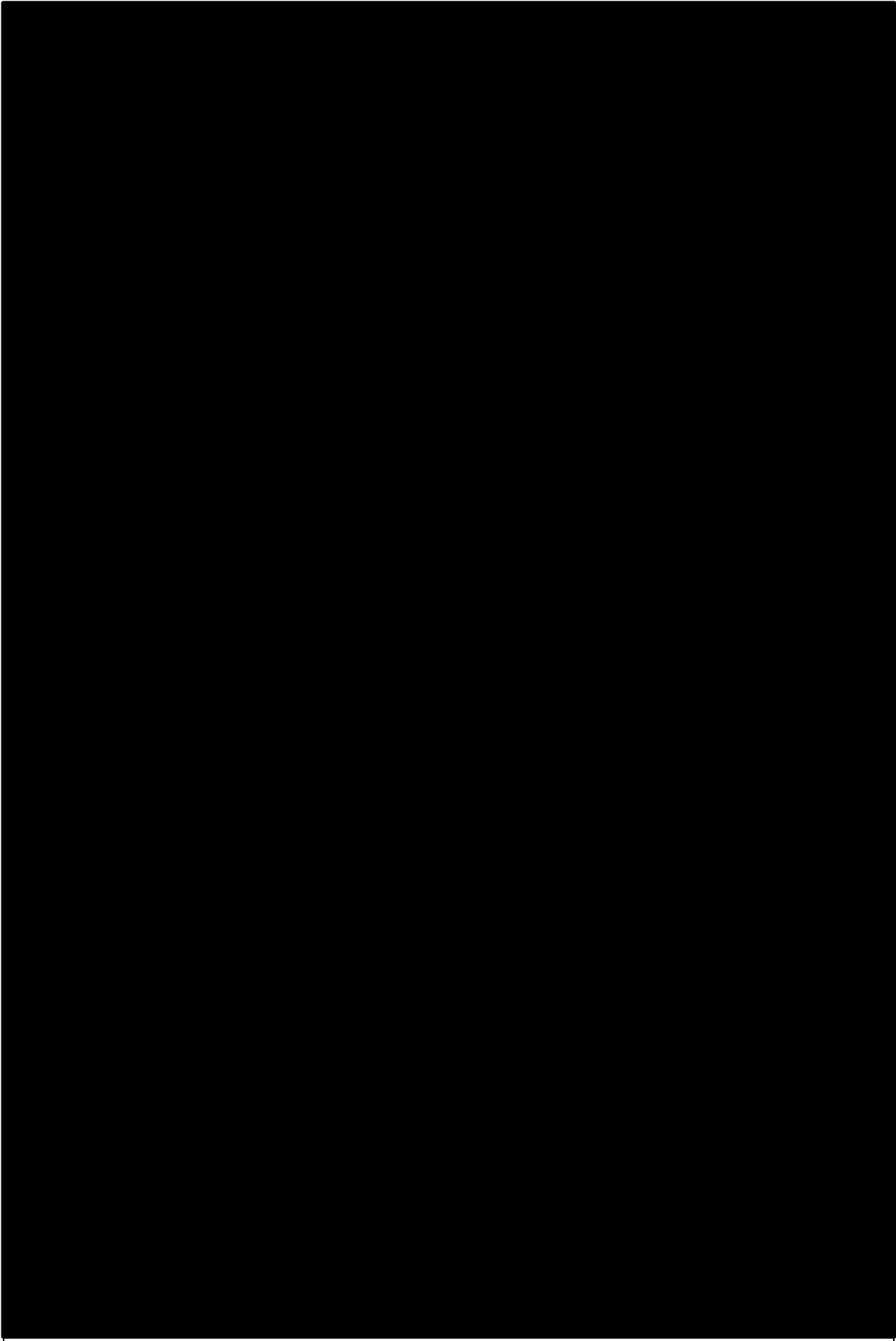


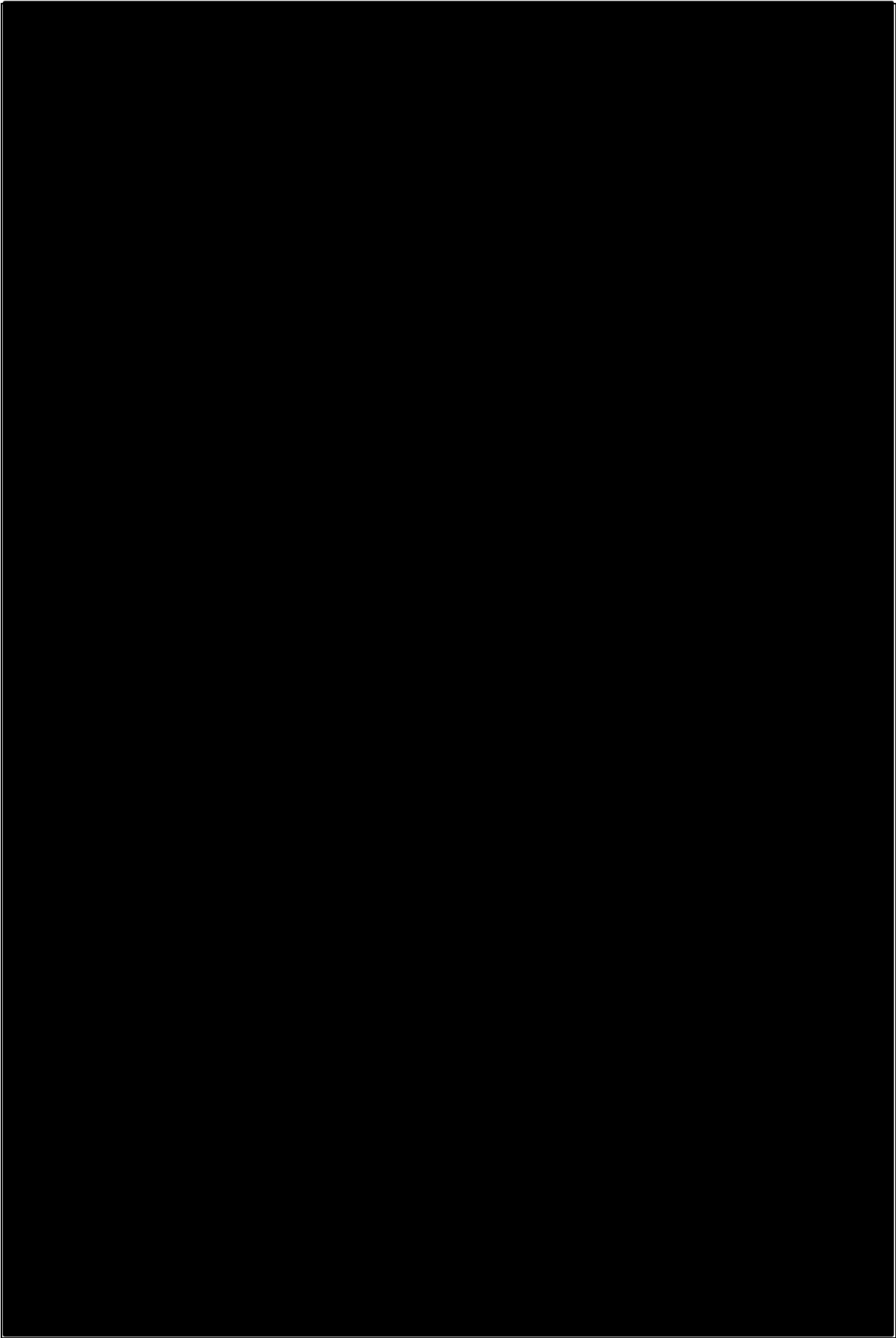


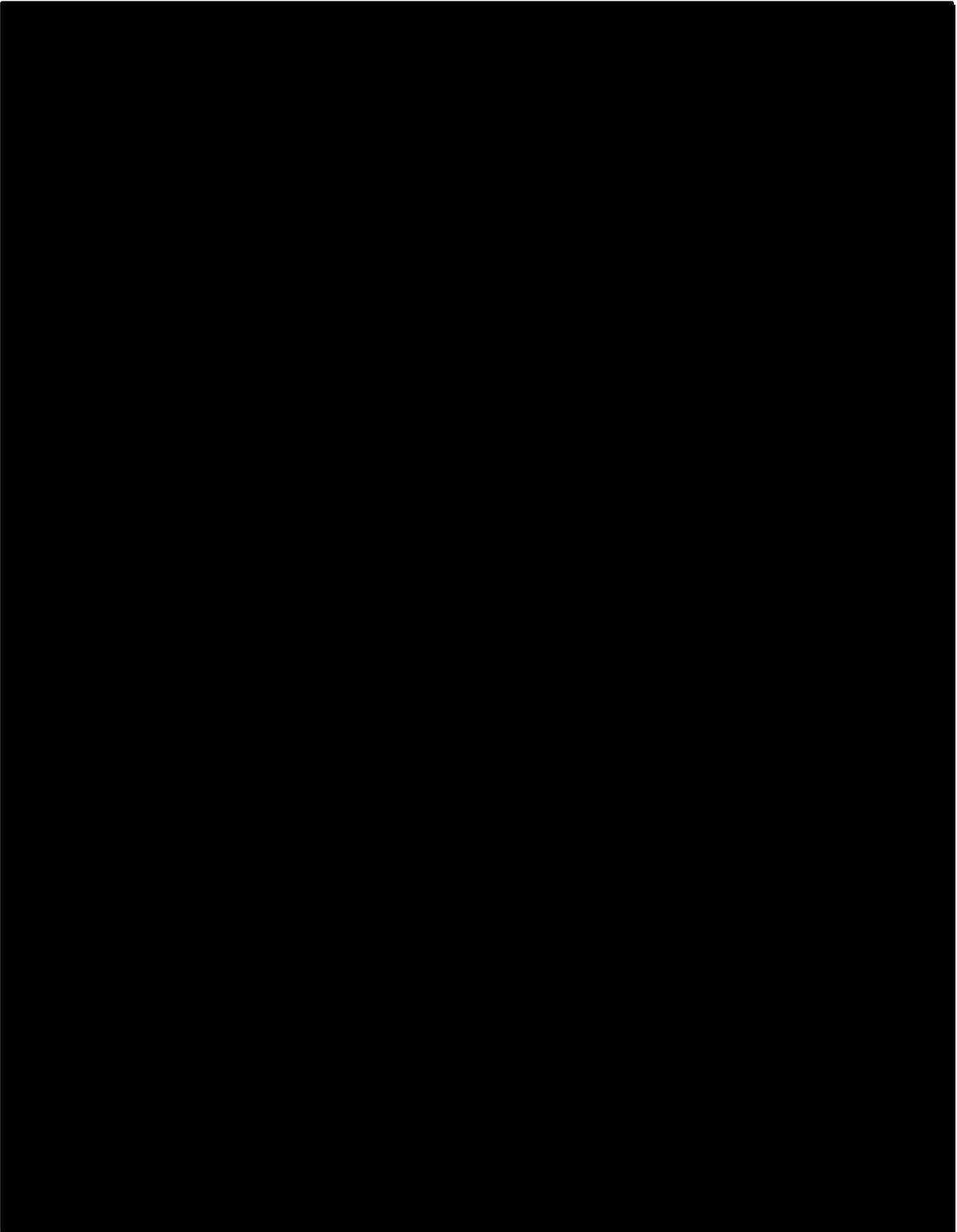












根据表 11-23 可知，本项目辐射工作人员的年附加剂量最大值约为 3.15mSv，能满足辐射工作人员项目管理目标 5mSv/a 的要求。

工作人员应加强防护意识，正确佩戴个人剂量计，优选曝光条件，在保证影像质量前提下尽量减少曝光时间和剂量，提前做好相应准备，通过不断提升操作熟练度来

缩短手术曝光时间，达到不断减少受到的年有效剂量的目的。

事故影响分析

1 潜在事故分析

1.1 ^{177}Lu 核素治疗项目

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，在放射性同位素的使用过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触非密封源的人员造成超剂量照射。主要事故风险为：

- (1) 违反操作规程或误操作导致操作台面、地面或仪器设备受到表面沾污；
- (2) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量；
- (3) 放射性药物被盗、丢失等；
- (4) 用药后患者未经允许脱离控制区，尤其是在用药初期离开，可能对接近患者的人员造成额外照射；
- (5) 项目运行期间人员误入核医学科工作场所控制区内受到误照射。

1.2 DSA 项目

本项目 DSA 只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此，主要存在以下事故情况：

- (1) DSA 操作人员违反放射操作规程或误操作，造成意外照射；
- (2) 操作时其他无关人员滞留手术室内，受到照射；
- (3) 在射线装置出束时人员误入机房受到照射；
- (4) DSA 发生控制系统或安全保护系统故障时，使得患者或工作人员受到超剂量照射；
- (5) DSA 设备调试和维修过程中责任者脱岗或操作失误导致的人员误照事故。

2 辐射事故处置方法及预防措施

辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度等进行防范。医院拟在以下几个方面采取一系列预防措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响：

- (1) 建立放射防护管理委员会，制定完善的规章制度，在实际工作过程中严格执行。
- (2) 加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的

培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识。

(3) 针对核素治疗项目，药物注射前，告知患者注意事项，使之了解放射性药物对他人的危害，并加强对带药患者的监督管理。针对 DSA 事故，工作人员或操作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案。

(4) 定期检查各辐射工作场所的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

(5) 发生辐射事故立即向单位领导汇报并控制现场区域，防止无关人员进入。

(6) 对可能受到大剂量照射的人员，应及时送医院检查和治疗。

(7) 依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。发生辐射事故时，应立即启动本单位的事事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生部门报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 12 辐射安全管理

放射防护管理委员会的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用放射性同位素、射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

根据上述要求，徐州市第一人民医院目前已成立放射防护管理委员会，由其负责医院的辐射安全管理工作。医院为 ^{177}Lu 核素治疗项目配备 7 名现有辐射工作人员，均已通过生态环境部培训平台上科目为“核医学”的考核，且在有效期内。医院为 DSA 项目配备 6 名现有辐射工作人员，工作人员均已通过生态环境部培训平台上科目为“医用 X 射线诊断与介入放射学”的考核，且在有效期内。

辐射安全管理规章制度

医院已成立专门的放射防护管理委员会，全面负责医院辐射安全管理工作，并全面负责核技术项目的防护、使用、辐射事故的应急处理、废弃物回收、监督执行辐射管理工作，及时排除辐射故障和安全隐患。

医院已根据要求制定了一系列辐射安全管理规章制度，包括《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《岗位职责》、《设备维护检修制度》、《使用登记制度》、《台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《个人剂量与环境监测方案》等，并在工作中严格按照规章制度执行，医院制定的各项制度合理可行，当前医院辐射安全管理有序。医院应在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对各项制度提出相应的建议如下：

操作规程：对本项目完善现有操作规程。重点是明确辐射工作人员的资质条件要求、放射性药物的质检、活度测量、药物转运流程、药物注射流程等过程中应采取的具体防护措施。制定本项目 DSA 操作规程，并明确 DSA 工作人员的资质、DSA 治疗流程及手术过程中应采取辐射防护措施和辐射安全注意事项，重点明确 DSA 治疗过程中必须采取的辐射安全措施，工作人员操作前要熟悉治疗计划（要核对诊疗方案）。

岗位职责：明确辐射工作人员、台账管理人员、操作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关工作人员明确自己所在岗位具体责任。

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度。重点是：①定期检查相关的辐射安全检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保个人剂量报警仪、表面沾污仪保持良好工作状态；②辐射工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康监护。

放射性同位素和射线装置使用登记制度：将本项目纳入现有放射性同位素和射线装置台账管理体系中，重点是对放射性同位素和射线装置的购买、使用、变更等情况进行登记和跟踪记录，由专人负责登记、形成台账、每月核对，确保账物相符。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。

监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报环境保护行政主管部门。为了确保辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：①配备表面污染检测仪，每天工作完成后分别对场所进行表污监测；配备辐射巡测仪，定期对辐射工作 X- γ 剂量当量率进行巡测；②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案；③委托有资质监测单位对本项目辐射工作场所的安全和防护状况进行年度检测，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

放射性同位素和射线装置台账管理制度：针对本项目放射性同位素和射线装置完善现有台账和使用登记制度，规范放射性核素台账和核素使用登记记录，对放射性核素的使用情况进行登记和跟踪记录。完善本项目 DSA 设备的台账信息。

放射性废物管理制度：针对本项目产生的放射性固废和放射性废水，明确收集流程及登记信息，建立放射性废物及废液分类收集、登记管理制度，根据放射性固废及放射性废水的登记制度，规范放射性固废及放射性废水的解控程序，对满足解控要求的放射性固废及放射性废水进行解控并登记。

综上所述，医院在落实上述制度后，能够确保医院放射性药物的安全使用，满足国家相关的管理及技术层面要求。

辐射监测

1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器；用于对辐射工作场所周围的辐射水平进行巡测。

徐州市第一人民医院为本项目配备相应的监测仪器，具体配置如下：

(1) 核医学科已为 ^{177}Lu 核素治疗项目配备 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染检测仪、2 台个人剂量报警仪。

(2) 介入科计划为 DSA 项目配备 1 台辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。

2 监测方案

医院已制定如下辐射监测方案：

(1) 医院每年委托有资质单位对辐射工作场所周围环境辐射水平进行监测。

(2) 医院定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平、进行监测，若结果显示异常时需及时查找原因，并做好相关记录，监测计划见表 12-1、表 12-2。

表 12-1 核医学科工作场所监测计划一览表

监测对象	监测项目	监测点	监测方式	监测周期
核医学科 工作场所	表面沾污	工作台面、通风橱表面、墙壁、地面；工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	验收监测	建设项目竣工后 3 个月内
			年度监测	1 次/年
			自主监测 (表面污染检测仪)	每次工作结束 或意外情况
	X- γ 辐射 剂量率	控制区防护墙外、控制区房间顶棚区域、控制区房间下方人员可达处、防护门缝隙和中央、操作位、通风橱表面等	验收监测	建设项目竣工后 3 个月内
			年度监测	1 次/年
			自主监测 (辐射巡测仪)	1 次/月
辐射工作人员	个人剂量当量	/	委托有资质的单位进行	1 次/3 个月

表 12-2 DSA 场所监测计划一览表

监测对象	监测项目	监测点	监测方式	监测周期
6 号楼 4 楼 35 号 手术室	X- γ 剂量 当量率	手术室周围各关注点处，如四面墙体、机房门、控制室门、观察窗、管线洞口、工作人员	验收监测	1 次
			工作场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年

		操作位等	定期自行开展辐射监测	1次/3个月
辐射工作人员	个人剂量当量	/	委托有资质的单位进行	1次/3个月

(3) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（一季度1次）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案。

(4) 每两年组织辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康监护档案。

(5) 医院每年对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告。

落实以上措施后，医院安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

徐州市第一人民医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求制定辐射事故应急预案，在预案中明确应急组织体系及职责、突发事件监测预警与报告、善后处理、应急保障和事故应急演练等内容，并定期组织应急人员进行演练。

发生辐射事故时，医院应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后中心应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

徐州市第一人民医院位于徐州市铜山区大学路 269 号。本次评价项目包括新增¹⁷⁷Lu 核素治疗项目和新增一台 DSA 项目。医院计划在核医学科（即 9 号楼 2 楼）内新增¹⁷⁷Lu 核素治疗项目，计划将 6 号楼 4 楼 35 号手术室和部分污物通道改造为 DSA 手术室和控制室，并在手术室内配备一台 DSA 设备。根据现场调查可知，本项目周围 50m 范围内无居民区、学校等其它敏感目标点。

1.2 项目分区及布局

医院已将核医学科内分药室、污物间、1#~6#病房、值班室、处置室、衰变池等划分为控制区管理，已将核医学科出入口区域、配餐室、卫生间等划分为监督区。

本项目 DSA 工作场所主要由手术室、控制室等构成，且手术室与其它房间分开单独设置，区域划分明确，工作场所布局合理。医院将手术室内区域划分为控制区，在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯。制定放射安全防护管理制度，严格限制无关人员进出控制区，在正常工作过程中，不得有无关人员进入；将本项目手术室相邻的控制室、设备间划为监督区，同时将手术室电动防护门和手动防护门外 30cm 纳入监督区管理。在监督区入口处适当地点设立表明监督区的标牌，对该区不采取专门防护手段或安全措施，但定期检测其辐射剂量率。

本项目控制区和监督区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。

1.3 辐射安全措施

1.3.1 ¹⁷⁷Lu 核素治疗项目辐射安全措施

核医学科（9 号楼 2 楼）为现有场所，已采取了一系列辐射安全措施，根据表 10-2 可知核医学科现有辐射安全措施能满足辐射安全要求。

1.3.2 DSA 项目辐射安全措施

本项目拟设置相应的辐射安全装置和保护措施，主要包括：（1）控制台处设置观

察窗；（2）在电动防护门上设置工作状态指示灯，警示灯箱处设置警示语句“手术中”，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；（3）在电动防护门上设置门-灯联锁装置，工作状态指示灯与防护门能有效联动，在手动防护门上设置自动闭门装置；（4）在电动防护门上设置防夹装置；（5）在手术室内诊断床上、控制台上设置急停按钮；（6）为本项目工作人员配备双个人剂量计；（7）为参与介入手术的辐射工作人员配备一系列防护用品。本项目在落实以上辐射安全措施后，能够满足辐射安全要求。

1.4 辐射安全管理

徐州市第一人民医院目前已成立放射防护管理委员会，由其负责医院的辐射安全管理工作。本项目辐射工作人员均已参加生态环境部培训平台上科目为“核医学”的考核，考核通过且在有效期内。

医院已为核医学科配备 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染检测仪和 2 台个人剂量报警仪。计划为 DSA 项目配备 1 台辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。

医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射污染水平进行监测；医院已定期对辐射场所及周围辐射污染水平进行监测，并对监测结果进行记录。医院已委托徐州市疾病预防控制中心对现有辐射工作人员进行个人剂量监测，并按相关要求建立了个人剂量监测档案。医院每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并按要求建立了辐射工作人员职业健康监护档案。

2 环境影响分析结论

根据理论预测可知，本项目工作场所屏蔽、采取的辐射安全措施等能够满足辐射防护要求。在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员的年有效剂量和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和本项目管理目标（职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a，公众年有效剂量不超过 0.1mSv/a）的剂量限值要求。

3 三废处理

3.1 ¹⁷⁷Lu 核素治疗项目

（1）放射性废水：根据理论预测本项目投入使用后，核医学科核素治疗项目年

废水量合计 55m³，则月产生废水量约 4.58m³。当衰变池其中一个池子废水储满开始至其它 5 个池子废水储满时间约 963 天（ $(31.5\text{m}^3 \times 2 + 28\text{m}^3 \times 3) / 4.58\text{m}^3 \times 30\text{d} \approx 963\text{d}$ ），放射性废水中含有 ¹³¹I 核素，医院计划将衰变池中的放射性废水暂存时间不少于 180 天后，排入医院污水处理系统，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中暂存 180 天的要求。

（2）放射性固废：核医学科放射性固体废物主要为注射器、棉棒、手套、擦拭废纸等，年总产生量不超过 215kg，折算为体积不超过 2m³。核素治疗场所设有污物间，容积约为 13.8m³，能够满足放射性固体废物的存储要求。本项目产生的放射性固体废物统一存放在污物间内，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，含 ¹⁷⁷Lu 核素的放射性固体废物暂存时间超过 68 天、含 ¹³¹I 核素的放射性固体废物及废活性炭暂存时间超过 180 天，并经检测辐射剂量率满足所处环境本底水平、β 表面污染小于 0.8Bq/cm²，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，在定期对满足储存时间要求的废物进行监测及清洁解控后，本项目废物暂存区的容量能够满足贮存要求。

（3）放射性废气：核医学科设有单独的通风系统，监督区设为正压通风，控制区域均设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。核医学科分药室内设有 1 个 40mmPb 的通风橱，核素相关操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压，且设有独立的排风管道至屋顶排风，风速不小于 0.5m/s，排风管道排气口高于本建筑屋顶，排气口设置有活性炭吸附装置。本项目产生的放射性废气排放满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

3.2 DSA 项目

医院已在 6 号楼 4 楼 35 号手术室内顶部设置通风系统，能够保持通风良好的要求。手术室内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过排风系统排入大气，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

4 产业政策分析

^{177}Lu 核素治疗项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第六项核能中“4.核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

DSA 项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第十三项医药中“4.新型医用诊断医疗器械设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

5 可行性分析结论

综上所述，徐州市第一人民医院新增 ^{177}Lu 核素治疗和新增一台 DSA 项目在落实本报告提出的各项辐射安全措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

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

2、各项辐射安全措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、按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

本项目“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资 (万元)
放射防护管理委员会	以文件形式明确管理职责： 徐州市第一人民医院目前已成立放射防护管理委员会，由其负责医院的辐射安全管理工作。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施： (1) ¹⁷⁷ Lu 核素治疗项目：本项目为核医学科现有场所，本项目涉及工作场所屏蔽措施见表10-1。 (2) DSA 项目：本项目手术室四侧墙体为20cm 实心砖+3mm 铅板，顶部为 12cm 混凝土+3mm 铅板，底部为 12cm 混凝土+3mm 铅当量硫酸钡，防护门内衬采用 4mm 铅板，观察窗采用4mm 铅当量铅玻璃。	(1) ¹⁷⁷ Lu 核素治疗项目：屏蔽措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)和《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)标准中辐射剂量率限值要求。 (2) DSA 项目：屏蔽措施能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)标准中辐射剂量率限值要求。	95
	安全措施（警示标志、工作指示灯等）： (1) ¹⁷⁷ Lu 核素治疗项目：本项目为核医学科现有场所，已采取了一系列辐射安全措施，根据表 10-2 可知场所内现有辐射安全措施能够满足辐射安全要求。 (2) DSA 项目：①控制台处设置观察窗；②在电动防护门上设置工作状态指示灯，警示灯箱处设置警示语句，如“射线有害、灯亮勿入”，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；③在电动防护门上设置门-灯联锁装置，工作状态指示灯与防护门能有效联动，在手动防护门上设置自动闭门装置；④在电动防护门上设置防夹装置；⑤在手术室内诊断床上、控制台上设置急停按钮；⑥为本项目工作人员配备双个人剂量计；⑦为参与介入手术的辐射工作人员配备一系列防护用品。	(1) ¹⁷⁷ Lu 核素治疗项目：满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)标准中相关要求。 (2) DSA 项目：满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)标准中相关要求。	
	三废处理措施： (1) ¹⁷⁷ Lu 核素治疗项目： ①放射性废水：根据理论预测本项目投入使用后，核医学科核素治疗项目年废水量合计55m ³ ，则月产生废水量约 4.58m ³ 。当衰变池其中一个池子废水储满开始至其它 5 个池子废水储满时间约 963 天（(31.5m ³ ×2+28m ³ ×3)/4.58m ³ ×30d≈963d），放射性废水中含有 ¹³¹ I 核素，医院计划将衰变池中的放射性废水暂存时间不少于 180 天后，排入医院污水处理系统，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中暂存 180 天的要求。 ②放射性固废：核医学科放射性固体废物主要为注射器、棉棒、手套、擦拭废纸等，年总产生量不超过 215kg，折算为体积不超过 2m ³ 。核	(1) ¹⁷⁷ Lu 核素治疗项目：满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)和《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)标准中相关要求。 (2) DSA 项目：满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)标准中相关要求。	定期投入

	<p>素治疗场所设有污物间，容积约为 13.8m³，能够满足放射性固体废物的存储要求。本项目产生的放射性固废统一存放在污物间内，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，含 ¹⁷⁷Lu 核素的放射性固体废物暂存时间超过 68 天、含 ¹³¹I 核素的放射性固体废物及废活性炭暂存时间超过 180 天，并经检测辐射剂量率满足所处环境本底水平、β 表面污染小于 0.8Bq/cm²，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，在定期对满足储存时间要求的废物进行监测及清洁解控后，本项目废物暂存区的容量能够满足贮存要求。</p> <p>③放射性废气：核医学科设有单独的通风系统，监督区设为正压通风，控制区域均设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。核医学科分药室内设有 1 个 40mmPb 的通风橱，核素相关操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压，且设有独立的排风管道至屋顶排风，风速不小于 0.5m/s，排风管道排气口高于本建筑屋顶，排气口设置有活性炭吸附装置。本项目产生的放射性废气排放满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。</p> <p>（2）DSA 项目： 医院已在 6 号楼 4 楼 35 号手术室内顶部设置通风系统，能够保持通风良好的要求。手术室内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过排风系统排入大气，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。</p>		
人员配备	<p>辐射防护与安全培训和考核： 本项目辐射工作人员均已参加生态环境部培训平台上科目为“核医学”或“医用 X 射线诊断与介入放射学”的考核，考核均已通过且在有效期内。</p> <p>个人剂量监测和人员职业健康监护： 已委托徐州市疾病预防控制中心对辐射工作人员进行个人剂量检测，并按相关要求建立了个人剂量监测档案。医院每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并按要求建立了辐射工作人员职业健康监护档案。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法规条例中相关标准要求。	定期投入
		每个季度送检一次。	
监测仪器和防护用品	<p>医院已为核医学科配备 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染检测仪和 2 台个人剂量报警仪。计划为 DSA 项目配备 1 台辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求以及审管部门关于监测仪器配备的要求。	5
辐射安全管理制度	<p>医院已根据相关标准要求，制定了一系列辐射安全管理制度，医院还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行完善补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法规条例中相关要求。	/

以上措施必须在项目试运行前落实。

表 14 审批

审批意见：

经办人签字

公章

年 月 日