

表 1 项目基本情况

建设项目名称		万州友好医院 ¹³¹ I 甲亢治疗项目				
建设单位		重庆万州友好医院有限公司				
法人代表	焦辉霞	联系人	向小琴	联系电话	13272951333	
注册地址		重庆市万州区静园路 41 号				
项目建设地点		重庆万州区静园路 41 号万州友好医院 1 楼				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	70	项目环保投资 (万元)	8	投资比例 (环保投资/总投资)	11.4%	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m 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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他					
	<p>1.1 医院简介</p> <p>万州友好医院坐落于万州区静园路，是一所集医疗、科研、预防、保健为一体的综合性医院，是医保、城乡结合医疗保险定点机构、民政救助定点医院。医院设有妇科、产科、不孕不育科、计划生育科、肛肠科、胃肠科、肿瘤科、皮肤泌尿科、内科、外科、康复理疗科等临床医技科室。医院现有职工总数 68 人，医师 19 人，护士 23 人，行政后勤 20 人，其他 7 人，医院床位数 50 张，日门诊量 100 人次。医院设有妇科、产科、不孕不育科、计划生育科、肛肠科、胃肠科、肿瘤科、皮肤泌尿科、内科、外科、康复理疗科等临床医技科室。</p> <p>万州友好医院已于 2011 年委托重庆国咨环境影响评价有限公司对医院的建设进行了环境影响评价，编写了《万州友好医院环境影响报告书》，并取得了重</p>					

续表 1 项目基本情况

庆市万州区环境保护局下发的批复文件：渝（万）环准[2011]450 号（详见附件一）。目前医院已建成运行，尚未通过竣工环保验收。

1.2 项目由来

万州友好医院与位于万州区太白路 234 号的万州友谊医院同属一家投资单位，两医院于 2017 年 7 月合并，友谊医院设有有核医学科，开展 ^{131}I 甲功测定和甲亢治疗工作。2017 年 10 月，万州友谊医院由于房屋回收，已申请停止所有医疗活动，原有核医学科目前正在申请退役。万州友好医院计划调配万州友谊医院原核医学科器具及部分工作人员，在友好医院内新建核医学科，使用放射性核素 ^{131}I 进行甲功测定和甲亢治疗。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等规定的要求，重庆市万州友好医院委托重庆宏伟环保工程有限公司对该医院“ ^{131}I 甲亢治疗项目”放射性同位素使用过程中产生的电离辐射进行环境影响评价。评价单位在现场踏勘、收集有关资料的基础上，按照国家对伴有辐射建设项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 本项目建设规模

重庆万州友好医院拟在医院 1 层南部拐角处新建核医学科，使用放射性核素 ^{131}I 进行甲功测定和甲亢治疗，核素日等效最大操作量 $2.5 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大用量 $3 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，本项目核医学科为非密封放射性物质乙级工作场所。拟建的核医学科用房现状办公室、食堂、厨房、卫生间等，本项目将对这些房间进行墙体改造并重新装修，还将对排水管网进行改造。同时，医院计划调配 4 名放射工作人员从事 ^{131}I 药物分装、甲功测定、诊断等工作，目前 4 名工作人员均已取得了辐射安全与防护培训合格证。

本项目核医学科平面布置如下：核医学科入口朝向为西北，诊断室、甲吸室、分药室由西北向东南并排排列，西南侧为走廊，走廊东南一端是卫生通过间，与分药室相连；甲吸室东北侧是服药室，服药室东南侧是卫生间，东北侧是服药后观察室。

本项目由主体工程、公用工程、环保工程等组成，项目组成及其与医院的依托情况见下表 1-1 所示。

续表 1 项目基本情况

表 1-1 本项目组成及现有工程依托关系				
序号	项目	组成	新建/依托	备注
一、主体工程				
1	核医学科	包括诊断室、甲吸室、分药室、服药室、观察室，并分别设有医护人员和病人用卫生间，依托原有用房进行墙体改造和装修	依托改造	目前为办公室、食堂、厨房等，墙体为 24cm 页岩砖，本次改造在墙体内侧涂抹 4cm 钡水泥
二、公用工程				
1	给水	城市供水管网	依托	依托医院供水管网
2	排水	实行雨污分流；医疗废水排放系统，雨水排放系统		依托医院排水管网
3	供配电	市政供电		依托医院供配电系统
三、环保工程				
1	废水	在医院-1F 污水处理站旁新建一座推溢式衰变池，有效容积 1.2m ³ ；新建从核医学科到衰变池的排水管，水管外包铅皮	新建	衰变池排水依托医院污水处理站处理
2	固废	在分药室设固废收集桶		/
3	废气	分药台设通风橱，连接通风管道，将废气排放至楼顶		/

1.5 项目周边保护目标

(1) 本项目医院外环境

万州区友好医院位于万州区静园路 41 号，地处商业、居住混合区。医院用房本身为商住楼，整栋建筑共 9 层，1、2 层作商业用途，除了友好医院外还有万州中银富登村镇银行、重庆指尚仙境足浴概念酒店、东方购物广场等商户，3~9 层为居民楼。万州友好医院占据整栋建筑的西北部 1、2F，楼下为停车场，楼上为居民楼，本项目拟建核医学科位于一层建筑一端，不直接与其他商户相连，也不直接与居民楼相连。友好医院西北侧为静园路，路对面是商业建筑（直线距离约 35m），东侧、西侧、南侧均为居民楼（1 楼为商户），直线距离 20~60m。

(2) 本项目核医学科外环境

项目拟建核医学科位于医院 1 楼东南端角落，窗外是马路，核医学科西北、西南侧为诊室和办公室，楼上 2F 为病房，2F 以上为居民楼，病人离院通道通往 -1F 停车场。医院 1F 平面布置图见附图 3。根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为该医院从事放射诊疗的工作人员和公众成员。

1.6 目前存在的主要环境问题

续表 1 项目基本情况

经现场调查和咨询，医院目前使用 1 台 III 类射线装置，医院已经按照相关规定在认真落实各项污染防治措施后，于 2014 年 11 月取得了辐射安全许可证：渝环（辐）证 31063 号（有效期至 2019 年 11 月 10 日，附件二）。医院现有辐射装置及环保手续情况见表 1-4。

表 1-4 医院现使用的放射源与射线装置情况一览表

序号	射线装置/放射源	类别	数量	位置	环保手续情况
1	医用诊断 X 射线机	III	1	医院一楼放射科	已办证

医院现有的 X 射线设备机房屏蔽能力均能满足 GBZ130-2013 标准中的屏蔽防护要求，无现有辐射环境问题。医院现有放射科辐射防护制度完善，辐射工作人员佩戴有个人剂量计，定期进行监测，建立个人剂量计档案和健康档案。工作场所均未发生辐射环境问题，无遗留环保问题。

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	¹³¹ I	液态, 中毒组	使用	2.5×10 ⁹	2.5×10 ⁸	3×10 ¹⁰	甲状腺亢进患者口服治疗	简单操作	医院 1 层核医学科	使用前购买, 暂存于核医学科分药室储药保险柜内
	(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
含放射性核素的废水、废液	液态	^{131}I	/	/	/	总 $\beta < 10\text{Bq/L}$	流入衰变池	衰变池衰变后进入医院废水处理站处理后达标排放至市政污水管网
含放射性核素的废气	气态	^{131}I	/	/	/	/	不暂存	经分药室内的通风橱和通风管道排放至楼顶
受核素污染的手套、患者的服用药杯等	固体	^{131}I	/	/	/	$\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$ $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 表面辐射剂量率 $\leq 0.1\text{mSv/h}$	暂存在分药室内的含铅固废桶中	暂存衰变后转移至医疗垃圾间按一般医疗废物处理处置
(以下空白)								

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》中华人民共和国环保部令第 3 号，2008 年 11 月 21 日；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(8) 《重庆市环境保护条例》，2017 年 6 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2018 年 4 月 28 日施行修订版。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）；</p> <p>(3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(4) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930- 2010）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；</p> <p>(6) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）；</p> <p>(7) 《医疗废物集中处置技术规范（试行）》；</p> <p>(8) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(9) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(10) 《核医学放射防护要求（征求意见稿）》。</p>

其他	<p>(1) 医院项目环评批准书：渝（万）环准[2011]450号（附件1）；</p> <p>(2) 本项目电离辐射本底监测报告（渝泓环（监）[2017]308号，附件4）；</p> <p>(3) 医院辐射管理制度（附件5）</p>
----	--

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目辐射源为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，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》（HJ10.1—2016）的相关规定，非密封放射性物质乙级工作场所项目的评价范围取以项目实体边界为中心半径 50m 的范围。

7.2 保护目标

(1) 本项目医院外环境

万州区友好医院位于万州区静园路 41 号，地处商业、居住混合区。医院用房本身为商住楼，整栋建筑共 9 层，1、2 层作商业用途，除了友好医院外还有万州中银富登村镇银行、重庆指尚仙境足浴概念酒店、东方购物广场等商户，3~9 层为居民楼。万州友好医院占据整栋建筑的西北部 1、2F，楼下为停车场，楼上为居民楼，本项目拟建核医学科位于建筑一端，不直接与其他商户相连，也不直接与居民楼相连。友好医院西北侧为静园路，路对面是商业建筑（直线距离约 35m），东侧、西侧、南侧均为居民楼（1 楼为商户），直线距离 20~60m。

(2) 本项目核医学科外环境

项目拟建核医学科位于医院 1 楼东南端角落，窗外是马路，核医学科西北、西南侧为诊室和办公室，楼上 2F 为病房，2F 以上为居民楼，楼下为停车场。医院 1F 平面布置图见附图 3，项目周围环境敏感点见表 7-1。

表 7-1 项目周围环境敏感点一览表

序号	敏感点名称	方位	距离 (m)	环境特征	影响因子
1	室外	东南	紧邻	室外行人	电离辐射
2	1#商住楼	东	20m	居民、商户	
3	2#商住楼	南	35m	居民、商户	
4	过道	西北、西南	紧邻	医护人员、病人	
5	清洗间	北	紧邻	医护人员、保洁工人	
6	诊室、办公室	西北、西南	紧邻	医护人员、病人	
7	病房	楼上	紧邻	医护人员、住院病人	
8	医院所在建筑	北侧、楼上	15m	商户、居民	
9	停车场	楼下	紧邻	停车场行人	

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为该医院从事核医学科工作的医护人员及公众成员。

续表 7 保护目标与评价标准

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区,以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.1.2 确定控制区的边界时,应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小,以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

6.4.1.3 对于范围比较大的控制区,如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大,需要实施不同的专门防护手段或安全措施,则可根据需要再划分出不同的子区,以方便管理。

6.4.1.4 注册者、许可证持有者应:

a) 采用实体边界划定控制区;采用实体边界不现实时也可以采用其他适当的手段;

b) 在源的运行或开启只是间歇性的或仅是把源从一处移至另一处的情况下,采用与主导情况相适应的方法划定控制区,并对照射时间加以规定;

c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F(标准的附录)规定的警告标志,并给出相应的辐射水平和污染水平的指示;

d) 制定职业防护与安全措施,包括适用于控制区的规则与程序;

e) 运用行政管理程序(如进入控制区的工作许可证制度)和实体屏障(包括门锁和联锁装置)限制进出控制区;限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应;

f) 按需要在控制区的入口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜;

续表 7 保护目标与评价标准

g) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜；

h) 定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

6.4.2.2 注册者和许可证持有者应：

- a) 采用适当的手段划出监督区的边界；
- b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- c) 定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

6.4.3 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

8 公众照射的控制

8.6.2 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 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 10ALI_{\min} （ ALI_{\min} 是相应于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）；

b) 每一次排放的活度不超过 1ALI_{\min} ，并且每次排放后不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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

续表 7 保护目标与评价标准

均)，20mSv 作为职业照射剂量限值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

B2 表面污染控制水平

工作场所的表面污染控制水平如表 7-2 所列。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹

C1 非密封源工作场所的分级

应按表 7-3 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-3 非密封源工作场所的分级

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

C2 放射性核素的日等效操作量的计算

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 7-4 和表 7-5。

表 7-4 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 7-5 放射性核素毒性组别修正因子

续表 7 保护目标与评价标准

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

(2) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)

第 5.2.1 条 非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性,选择符合安全与防护要求的条件,尽可能在通风橱、工作箱或手套箱内进行。

(3) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)

标准适用于临床核医学应用放射性药物施行诊断和治疗的实践。

第 4.2 款 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封工作场所。为便于操作,针对临床核医学实践的具体情况,可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度,把工作场所分为 I、II、III 等三类(见表 7-6)。

表 7-6 非密封源工作场所的分类

分类	操作最大量放射性核素的加权活度 ⁽²⁾ , MBq
I	> 50000
II	50~50000
III	< 50

(2) 加权活度=(计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子)/操作性质修正因子

第 4.4 款 按表 7-6 划分的三类核医学工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 7-7。

表 7-7 不同类别核医学工作场所的室内表面及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风橱	室内通风	管道	清洗及去污设备
I	地板与墙壁 接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求	需要
II	易清洗且不易 渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要
III	易清洗	易清洗	不必	一般自然通风	一般要求	只需清洗

第 4.5 款 合成和操作放射性药物所用的通风橱,工作中应有足够风速(一般风速不小于 1m/s),排气口应高于本建筑屋脊、并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置,排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

第 4.7 款 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器,容器上应有

续表 7 保护目标与评价标准

放射性标注。放射性废物应按长半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮存于不泄露、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。

第 5.1 款 操作放射性药物应有专门场所，如给药不在专门场所进行时则需采取适当防护措施。放射性药物使用前应有恰当屏蔽。

第 5.4 款 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风橱内进行，并按操作情况进行气体或气溶胶放射性浓度的常规监测以及必要的特殊监测，应注意对放射性碘在操作人员甲状腺内沉积的防护。

第 5.9 款 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分。

第 6.4 款 接受放射性药物治疗的患者应使用专用便器或者设有专用卫生间和浴室。

(4) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133—2009)

第 5.1.1 款 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，应有防泄漏措施。

第 5.1.2 款 产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将含短半衰期核素的废液注入专用容器中通常存放 10 个半衰期后，经审管部门审核准许，可作普通废液处理。对含长半衰期核素的废液，应专门收集存放。

第 5.1.3 条 经审批部门确认的下列低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道：每月排放总活度或每一次排放活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。

第 6.1.5 款 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg。

第 6.2.4 款 废物包装外表面的污染控制水平： $\alpha < 0.04 \text{Bq/cm}^2$ ； $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$ 。

第 6.3.3 款 未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于 $2 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合 4.4 或者 4.5 时，可作免管固体废物处理。

续表 7 保护目标与评价标准

第 7.1 款 操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在具备有活性炭吸附过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。

(5) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)

本项目总 β 执行综合医疗机构水污染物排放限值(日均值): 10Bq/L。

本环评结合上述标准且取得建设单位认可，本项目放射工作人员取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 B1.1.1.1 款中限值四分之一即 5mSv 作为职业工作人员的年剂量管理目标值，非放射工作人员、公众成员取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 B1.2 款限值十分之一即 0.1mSv/a 作为年剂量管理目标值。同时根据项目的实际情况，确定项目年有效剂量管理目标及污染物排放指标见表表 7-9 所示。

表 7-8 本项目辐射评价限值汇总表

剂量要求	
执行对象	年有效剂量管理目标 (mSv/a)
辐射工作人员	5
公众人员	0.1
放射性废物排放	
表面污染	控制区: $<4 \times 10 \text{Bq/cm}^2$ 监督区: $<4 \text{Bq/cm}^2$ 其他: $<0.4 \text{Bq/cm}^2$
墙体外剂量率	分药室顶棚、地板、四周墙外、防护门外剂量当量率 $\leq 2.5 \mu \text{Sv/h}$
放射性固体废物	每袋废物(重量 $\leq 20 \text{kg}$)的表面辐射剂量率 $\leq 0.1 \text{mSv/h}$
	废物包装盒外表面: $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$
放射性废水	总 β 放射性 $< 10 \text{Bq/L}$

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2017 年 12 月 23 日对本项目拟建地的环境地表 γ 辐射剂量率背景值进行了监测。监测结果和监测布点见附件 4，渝泓环（监）[2017]308 号。

(1) 监测点位：共设 3 个点，点位分别设置在拟建核医学科分药室、服药室以及服药室外走廊；

(2) 监测因子：环境地表 γ 辐射剂量率

(3) 质量保证措施：监测人员已经过专门培训，监测仪器已校核，在有效期内。

(4) 监测方法和依据：

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境地表 γ 辐射剂量率	仪器法	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-1993

(5) 监测结果统计：

监测结果统计见表 8-2。

表 8-2 拟建项目本底监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境地表 γ 辐射剂量率 (nGy/h)						
		测量值					计算值	修正值
		1	2	3	4	5		
1#	拟建核医学科分药室	76	74	73	75	78	75±2	68
2#	拟建核医学科服药室	74	78	72	76	76	75±2	68
3#	拟建核医学科服药室外走廊	68	70	66	72	70	69±2	62

备注：修正值=计算值×校准因子（校准因子取 0.90）

根据监测统计结果可知，本项目建设位置的地表 γ 剂量率的监测值为 62~68nGy/h（未扣除宇宙射线），与重庆市 2016 年环境地表 γ 辐射剂量率平均测量值 93.7nGy/h（未扣除宇宙射线）相比较处于本底涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备

9.1.1 施工期

核医学科依托现有建筑主体进行装修改造，不涉及大型施工设施设备。衰变池建设主要涉及挖机、运输车辆等设备。

9.2 工艺分析

9.2.1 施工期工艺分析

施工期工艺分析见图 9-1。

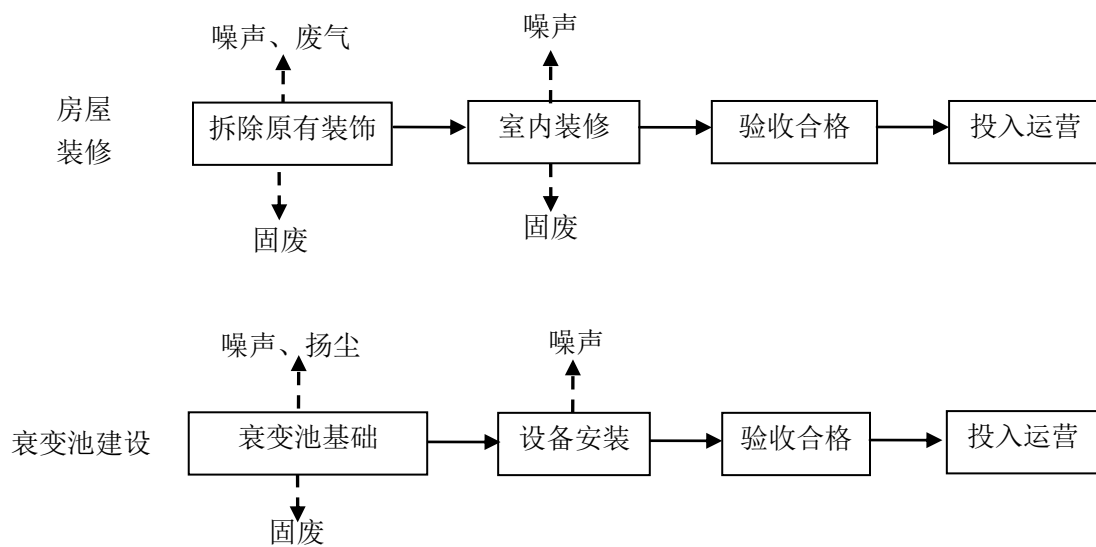


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

9.2.2 营运期工艺分析

9.2.2.1 工作原理

(1) 甲功测定：碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子克服电化学梯度从血循环中浓聚 ^{131}I ，因此，病人口服的 ^{131}I 药剂大都聚集在甲状腺内。在体外用探测器在颈部测量甲状腺对 ^{131}I 的摄取速度和摄取量，即吸碘率。利用不同时间段患者摄碘率的变化曲线来判断患者甲状腺功能是否正常，为甲状腺疾病的诊断和放射性碘治疗提供了可靠的数据。

(2) 甲亢治疗：甲状腺细胞对碘化物具有特殊的亲和力，服用药物后 ^{131}I 能够被甲状腺高度选择性吸收，甲亢病人的甲状腺中功能亢进的病变组织比一般的甲状腺组织的摄碘率更高。医院拟使用的碘 [^{131}I] 化钠口服液（简称 ^{131}I ），用

续表 9 项目工程分析与源项

于甲状腺机能亢进（甲亢）的治疗。 ^{131}I 属中毒组核素，在甲状腺内有效半衰期约为 3.5~4.5d，有较长的停留时间； ^{131}I 衰变时发射的 β 射线射程平均约 1mm，几乎全部为甲状腺组织吸收；使用适当剂量的 ^{131}I ，其辐射生物效应使功能亢进的甲状腺细胞受破坏，甲状腺缩小、甲状腺激素的合成减少而达到治疗的目的。

9.2.2.2 甲功测定流程

病人由诊断室进入甲吸室，服用少量 ^{131}I 溶液，溶液由分药室内的医生手动分装好，甲功测定使用的 ^{131}I 药量很少，约为 74~185 kBq（2~5 μCi ）/人次，另取等量的 ^{131}I 放入颈部模型中作为标准源。于服药后 2h、4h 和 24h 分别测量甲状腺部位、标准源以及本底的计数率，三次测量之间间隔时间较长，病人可离开医院。测定流程见图 9-1。

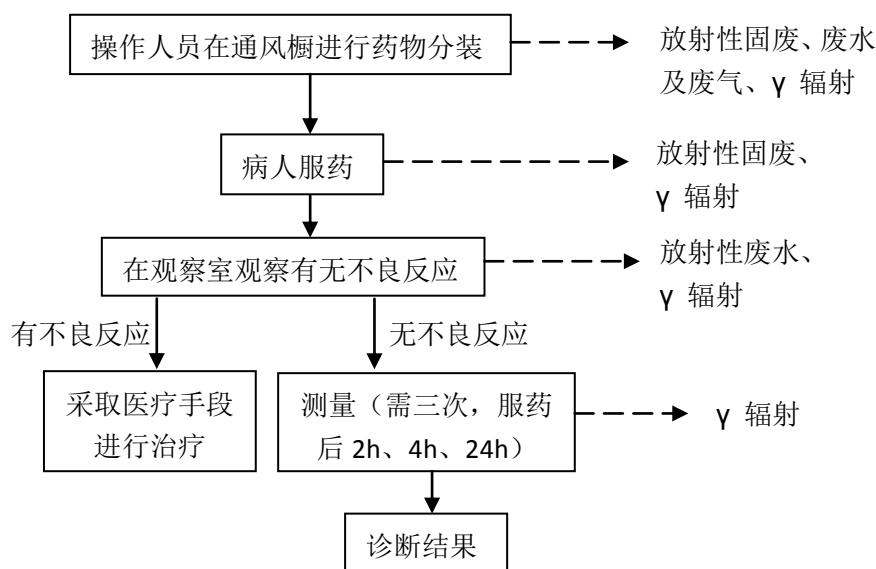


图 9-1 甲功测定流程示意图

9.2.2.3 甲亢治疗流程

病人前一天在医院进行了甲功测定，第二天医院根据病人诊断结果核算所需服用的药量，提前向药物供货商订药，由药物供货厂家运输工作人员将核素储存专用容器由运输车辆转移至医院核医学科分药室储药保险柜内。医生根据患者的用药剂量在分药台通风橱内对液态核素进行手动分装稀释。患者在服药室内通过服药窗口领取药物服用，服药后交还装药的杯子，由医护人员将用过的杯子收集至分药室内的专用放射性固废桶中。根据医院提供资料，病人治疗均为甲亢，无

续表 9 项目工程分析与源项

甲癌病人。甲亢病人服药剂量较小，一般在服药室服药后即可由病人专门通道离院回家，或者进入观察室观察无不良反应后离院回家。治疗流程见图 9-2。

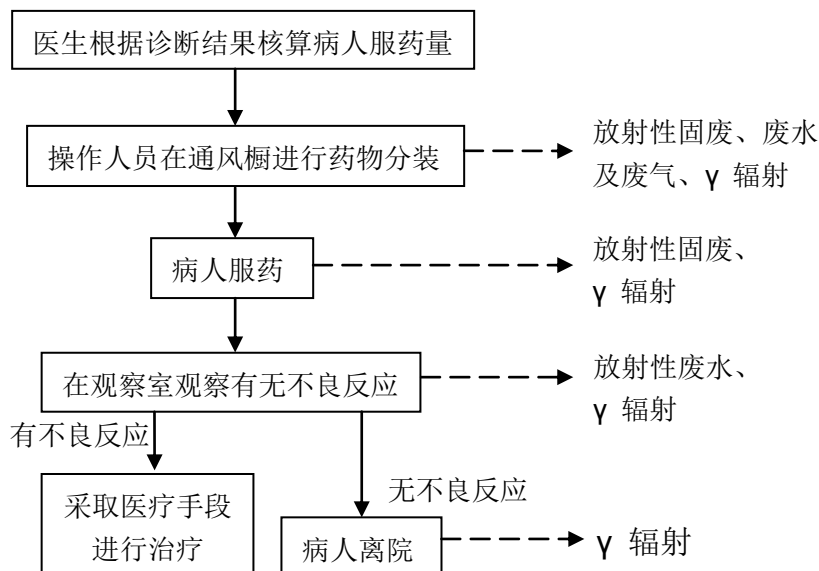


图 9-2 甲亢治疗流程示意图

9.2.2.4 污染因子

^{131}I 在衰变过程中，伴有 β 或 γ 射线， β 射线在组织中的射程较短，病人的身体完全能够阻挡 β 射线。因此，在评价时可以不考虑 β 射线的影响，则本项目贯穿辐射污染因子是 ^{131}I 产生的 γ 射线。

另外，医生在对放射性同位素制剂的操作中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。当沾有放射性污染的各种器械、地面、台面和工作人员手清洗时，或病人的排泄物中都会使水中带有各种放射性同位素，造成对水环境的污染。离子型的 ^{131}I 放射性药物易氧化析出 ^{131}I （单质碘），碘在常温下易挥发，产生放射性气溶胶。医生在为病人准备药物以及病人服药过程中，都会产生固体废弃物（如手套、擦拭纸、服药杯等等），这些废弃物中都会有残余放射性同位素，成为放射性固体废弃物。

根据以上分析，本项目污染因子见表 9-1。

表 9-1 本项目污染因子一览表

序号	污染源	使用场所	主要污染因子
1	^{131}I	医院 1 楼核医学科	γ 射线、 β 放射性表面污染，放射性固体废弃物，少量含 ^{131}I 放射性废气、放射性废水

9.2.2.5 人流、物流情况

续表 9 项目工程分析与源项

(1) **医护人员通道**：医护人员从诊断室前的入院通道进入卫生通过间，在卫生通过间内更衣后进入分药室。医护人员在通风橱进行药物分装，在服药窗口为病人发放药物以及辅助病人服药。完成以上药物分装、发放以及辅助病人服药等工作后，医护人员按原路返回经过卫生通过间清洁去污后，经入院通道离开。

(2) **病人通道**：病人由入院通道进入诊断室候诊，然后进入甲吸室进行甲功测定，测定完成后进入服药室，通过服药窗口领取分装好的药物，在医护人员的辅助指导下进行服药。病人服药后进入观察室观察 1~3 小时，无不良反应后通过观察室—服药室—离院通道离开医院。

(3) **放射性药物及放射性废物运输通道**：放射性药物在每月开展 ^{131}I 诊疗前，在下班时间由医生入院通道运至核医学科分药室储药保险柜内；放射性废物在下班时间从分药室固废桶取出后通过服药窗口递至服药室，经病人通道运输送至普通医疗垃圾间。

(4) 分药室分装台设抽风装置的通风橱，风管上到楼顶，地板、操作台平滑，不得有缝隙，门为防护门（防盗门）。分药室废水、卫生通过间废水、服药室病人专用卫生间废水均接入衰变池。

(5) 做好放射性废物的运输管理，运输时间须控制在病人就诊时间以外，以降低放射性废物对外环境的影响。

9.3 污染源项描述

9.3.1 核素特性

^{131}I 核素在衰变过程中释放出 β 射线和 γ 射线，因此对工作场所和环境产生一定的辐射污染。 ^{131}I 核素特性见表 9-2，衰变纲图见图 9-3。

表 9-2 ^{131}I 核素特性一览表

核素名称	半衰期	毒性分组	衰变方式	主要射线及能量 (MeV) 及绝对强度 (%)	操作方式	医学应用
^{131}I	8.04d	中毒	β^-	β^- : 0.606 (89.2%) γ : 0.365 (81.1%)	简单操作	甲功测定、甲亢治疗

续表 9 项目工程分析与源项

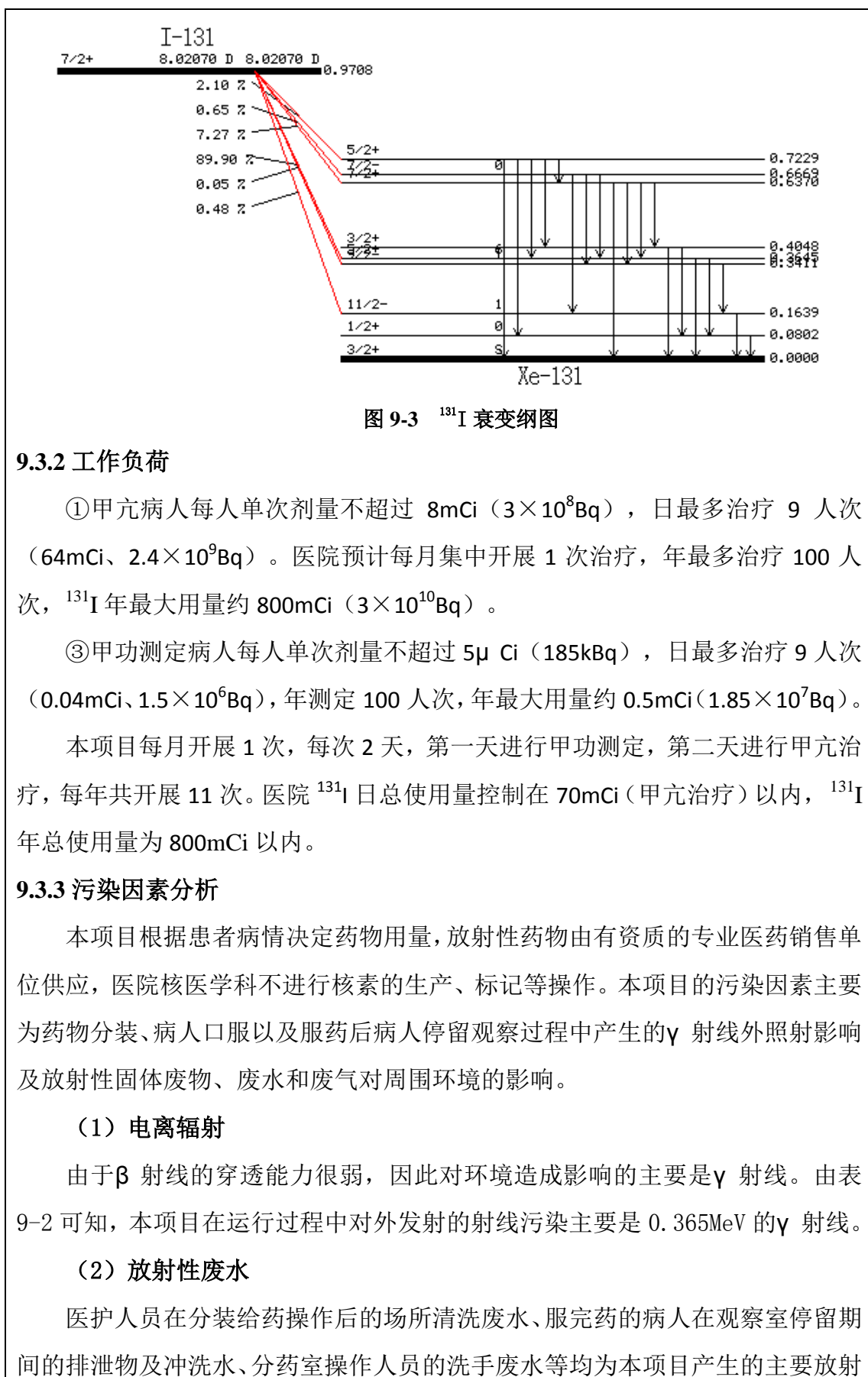


图 9-3 ¹³¹I 衰变纲图

9.3.2 工作负荷

①甲亢病人每人单次剂量不超过 8mCi (3×10^8 Bq)，日最多治疗 9 人次 (64mCi、 2.4×10^9 Bq)。医院预计每月集中开展 1 次治疗，年最多治疗 100 人次，¹³¹I 年最大用量约 800mCi (3×10^{10} Bq)。

③甲功测定病人每人单次剂量不超过 5 μ Ci (185kBq)，日最多治疗 9 人次 (0.04mCi、 1.5×10^6 Bq)，年测定 100 人次，年最大用量约 0.5mCi (1.85×10^7 Bq)。

本项目每月开展 1 次，每次 2 天，第一天进行甲功测定，第二天进行甲亢治疗，每年共开展 11 次。医院 ¹³¹I 日总使用量控制在 70mCi (甲亢治疗) 以内，¹³¹I 年总使用量为 800mCi 以内。

9.3.3 污染因素分析

本项目根据患者病情决定药物用量，放射性药物由有资质的专业医药销售单位供应，医院核医学科不进行核素的生产、标记等操作。本项目的污染因素主要为药物分装、病人口服以及服药后病人停留观察过程中产生的 γ 射线外照射影响及放射性固体废物、废水和废气对周围环境的影响。

(1) 电离辐射

由于 β 射线的穿透能力很弱，因此对环境造成影响的主要是 γ 射线。由表 9-2 可知，本项目在运行过程中对外发射的射线污染主要是 0.365MeV 的 γ 射线。

(2) 放射性废水

医护人员在分装给药操作后的场所清洗废水、服完药的病人在观察室停留期间的排泄物及冲洗水、分药室操作人员的洗手废水等均为本项目产生的主要放射

续表 9 项目工程分析与源项

性废水。

医院拟增加核医学科医护人员共 4 人，预计核医学科工作人员用水 60L/人·d，核医学科诊疗每月开展 2 天，每天最多接待病人约 9 人，假定病人在核医学科平均停留时间为 3 小时，排泄 1 次，厕所冲洗及洗手用水 15L/次。排污系数按 0.9 计，本项目核医学科放射性用水、排水情况见表 9-3。由于甲功测定过程中核素使用量很小，用排水量小，病人也不会一直留在医院内，因此仅计算每月甲亢治疗的用、排水。由表 9-3 统计结果可得，本项目医院核医学科用水量为 0.43 m³/d，4.73 m³/a；排水量为 0.387 m³/d，4.26 m³/a。

表 9-3 核医学科放射性用、排水情况一览表

用水类别		用水定额	用水规模	用水量 (m ³ /d)	排水量 (m ³ /d)	去向
核医 学科	医护人员	60L/人·d	4 人	0.24	0.216	进入衰变池暂 存 10 个半衰期 后作为一般医 疗废水进入医 院污水处理站 处理。
	门诊病人	15L/人·d	8 人	0.12	0.108	
	清洁用水	0.5L/m ² ·次	58.3m ²	0.03	0.027	
	未预见用水量（按以上水量的 10%计）			0.04	0.036	
总计				0.43	0.387	

(3) 放射性废气

医护人员在进行药物分装稀释时会有少量 ¹³¹I 挥发至空气中，分装过程在通风橱进行，含有 ¹³¹I 的放射性废气通过通风橱进入专用通风管道排放至医院楼顶。放射性浓度小于或等于“公众导出空气浓度”DAC（公众）的气载废物为非放射性废气，可以直接排放。

(4) 放射性固废

在 ¹³¹I 治疗项目运行过程中，会有沾有 ¹³¹I 药物的手套、擦拭纸、服药杯等固废产生，医院每月定量购药，几乎不会产生剩余的核素溶液，可忽略不计。服药后的空杯 ¹³¹I 残余量约 1~2μCi，每月产生约 50g；分装用的手套、擦拭纸 ¹³¹I 残余量约 2~3μ Ci，每月产生量约为 50g，医院核医学科产生放射性固体废物量约 1.2kg/a。放射性固废暂存于核医学科分药室内的含铅固废桶中，暂存衰变 2 个月（7.5 个半衰期）后，经医院配备的放射性活度计检测放射废物比活度 ≤ 2 × 10⁴ Bq/kg 后，转运至医疗垃圾间，暂存 1 个月后作为一般医疗固废处理，放射性固废在医院内暂存共计 11 个半衰期。

综上，本项目营运期污染物情况统计汇总表见表 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-4 本项目主要污染物情况统计汇总表

场所	污染物	主要污染因子	产生量
核医学科	电离辐射	γ 射线、 β 表面污染	γ 射线: 0.036~0.364 MeV β 射线: 0.61~1.49MeV
	废水	病人排泄物、清洗用水等	8.52m ³ /a
	废气	少量含 ¹³¹ I 放射性废气	/
	固体废物	医生手套、擦拭纸、病人服药用的一次性纸杯等	1.2kg/a

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局

(1) 核医学科分区

为了更好地贯彻《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006），方便于核医学工作场所的管理需要，应对核医学科进行分区。

把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围，本项目控制区包括分药室、服药室、观察室和服药后病人专用卫生间；

核医学科内未被定为控制区的区域划分为监督区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价，本项目监督区包括甲吸室、诊断室和卫生通过间等。本项目核医学科分区见图 10-1。

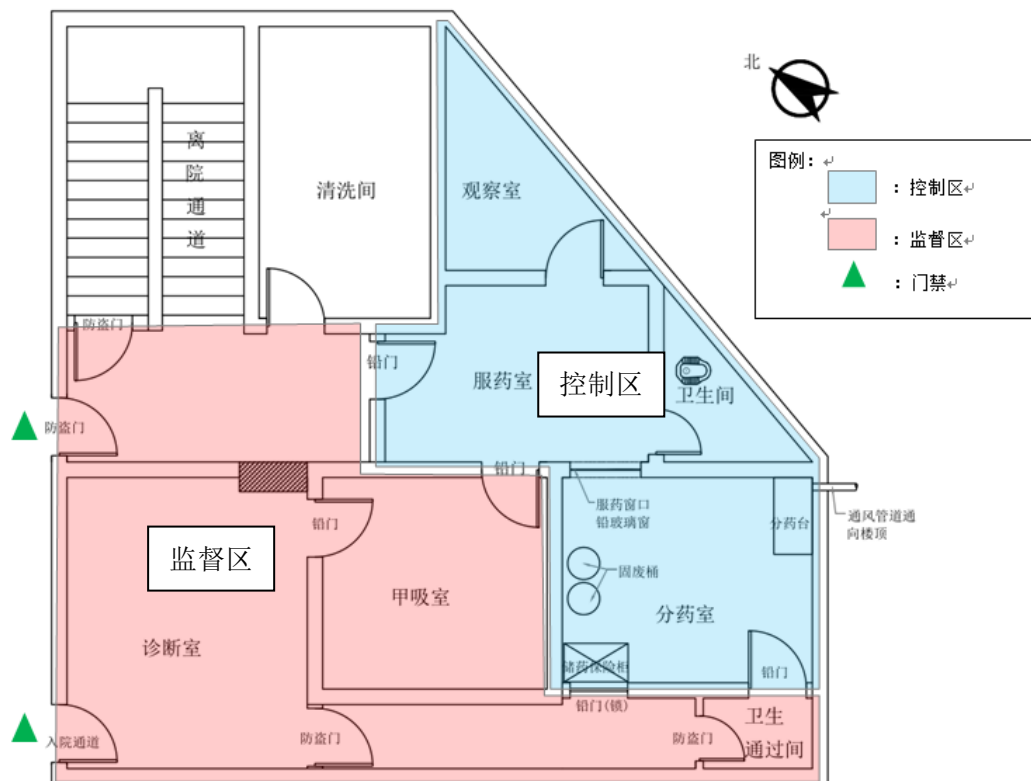


图 10-1 核医学科分区图

(2) 人流、物流

1) 医护人员通道：医护人员从诊断室前的入院通道进入核医学科，门诊医生在诊断室坐诊；甲吸医生通过诊断室进入甲吸室；负责药物分装的医护人员由

续表 10 辐射安全与防护

入院通道进入卫生通过间，更换衣物后进入分药室。

2) 病人通道：病人由入院通道进入诊断室候诊，然后进入甲吸室进行甲功测定，测定完成后进入服药室，通过服药窗口领取分装好的药物，在医护人员的辅助指导下进行服药。病人服药后进入观察室观察 1~3 小时，无不良反应后通过“观察室—服药室—离院通道”离开医院。

3) 放射性药物及放射性废物运输通道：放射性药物在每月开展 ^{131}I 诊疗前，在下班时间由医生入院通道运至核医学科分药室储药保险柜内；放射性废物在下班时间从分药室固废桶取出后通过服药窗口递至服药室，经病人离院通道运输送至医疗垃圾间。

(3) 出入管理控制系统（门禁）的设置

为了减少放射性污染的扩散和相互影响，控制不必要的交叉污染，在部门重点出入口设置出入管理控制系统（门禁）。包括：核医学科诊疗区大门设置门禁，由护士控制核医学诊疗区域良好的就医秩序，控制仅对需要进行核医学科放射性核算诊疗的病人进入；分药室与服药室设置视频对讲装置，及时了解病人需要；在核医学科出、入口设置监控装置、 α - γ 剂量率检测仪，规范就医流程。

(4) 其他

卫生通过间干湿分区、出入口设置表面污染检测仪器，内设置更衣柜、淋浴设施。核医学科所有医生在工作期间佩戴个人剂量计，进、出工作区通过卫生通过间清洗后经检测合格后方可离开，控制区与监督区应有明显的标识，工作人员、病人通道应有明显指示标识，病人在就医前给予就医流程的指导，进入诊疗区各房间内应有注意事项。

综上，从核医学科整体布局来看，医院新核医学科基本按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求进行了分区，设立有服药病人专用卫生间，医生专用洗手池、卫生通过间、服药病人候诊区及观察室。从核医学科工作流程来看，有效避免了服用过放射性药物的病员对就诊病员和工作人员的辐射影响。设置的放射性药物和废物运输专用通道，采用运输时间与其他人员活动时间错开的措施，避免了对公众的影响，整体布局较为合理。核医学科布局及分区情况见附图 4。

10.1.2 非密封放射性物质工作场所分级、分类、分区

(1) 非密封放射性物质工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）附录 C 中提供的临床核医学科工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作规程方式修正因子}}$$

放射性工作场所因操作放射性物质的毒性组别和操作量的不同，产生的放射性危害的机率也不同，为了便于管理，非密封性工作场所按所用放射性核素最大等效日用量并考虑操作因素分为三级。根据医院提供的核医学科核素 ^{131}I 的用量，可以计算本项目使用的各放射性同位素日最大等效操作量见表 10-1。

表 10-1 非密封源工作场所分级

核素名称	物理形态	计划日最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式	操作修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	使用场所
^{131}I	液态	2.5×10^9 (70mCi)	0.1	简单操作	1	2.5×10^8	医院 1 楼核医学科

根据该项目使用的放射性核素 ^{131}I 的毒性组别、用量及操作因子，算出日最大等效操作量 $2.5 \times 10^8 \text{Bq}$ 。根据非密封放射源工作场所的分级，核定万州区友好医院核医学科分药室为乙级非密封放射源工作场所。

(2) 临床核医学工作场所分类

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006），对临床核医学工作场所进行分类，具体计算结果详见下表 10-2。

表 10-2 核医学科工作场所分类计算

核素名称	日操作最大活度 (Bq)	核素毒性权重因子	操作性质修正因子	操作最大量放射性核素的加权活度 (Bq)
^{131}I	2.5×10^9	100	1	2.5×10^{11}

本评价按核医学科所使用的全部核素加权活度作为分类依据，由表 10-2 的计算结果显示，核医学科分药室操作最大量放射性核素的加权活度为 $2.5 \times 10^5 \text{MBq}$ ($>5000 \text{MBq}$)，因此该场所属于 I 类工作场所，其室内表面及装备基本放射防护要严格按照《临床核医学放射卫生防护标准》（GB120-2006）的要求实施。

表 10-3 核医学科工作场所室内表面及装备结构设计防护与标准对照表

项目	设计方案	II 类标准	是否符合标准要求
地面	地面采用光滑、防水、易清洗去污、防渗透、受辐射后	易清洗且不易渗透	是

	不易老化和对污染物吸附性差的地板胶铺设		
表面	墙壁外壁采用光滑、不易渗透、易清洗瓷片或涂料	易清洗	是
通风橱	分药室内设有通风橱，通风风速大于 1m/s，药物分装在通风橱内进行，排气口位于建筑楼顶	需要	是
室内通风	分药室以外的工作场所采用排风扇通风	有较好通风	是
管道	采用耐腐蚀的排污管道并包裹 5mm 铅皮	一般要求	是
清洗及去污设备	配备吸水纸、EDTA 肥皂、消毒液等	需要	是

(2) 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

拟建项目核医学科工作场所已经做了明确的划分如下：1) 包括分装室、服药室、观察室、病人专用卫生间等，这些区域划为控制区。2) 包括甲吸室、诊断室、卫生通过间等，这些区域划分为监督区。以上工作场所的分区管理是可行的。

严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区应用红色警示线划分；定期检查监督区的辐射剂量，监督区应用黄色警示线划分。

根据院方提供的资料，拟建核医学科能合理布局其核医学工作场所，将其划分为控制区和监督区，使其成为相对独立的诊疗环境，并设有病人专用的进口与出口。拟建项目的核医学用房按照《临床核医学放射卫生防护标准(GBZ120-2006)》中相应类别工作场所的标准来进行设计和施工。

10.2 拟采取的污染防治措施

根据设计资料及院方提供的资料，医院对拟建的核医学科采取的污染防治措施如下：

(1) 拟建核医学科主要用房屏蔽措施见下表 10-3，根据后文核算，核医学科用房屏蔽能力能够满足辐射防护要求。

表 10-4 拟建核医学科主要功能用房屏蔽措施一览表

名称	屏蔽材料及墙体厚度	防护门铅当量 mmPb	取药窗铅当量 mmPb
----	-----------	----------------	----------------

分药室、甲吸室、 诊断室、服药室、 观察室、过道	墙面 24cm 实心页岩砖+4cm 钡水泥； 顶棚 15cm 混凝土+3 层 9.5mm 防潮石 膏板吊顶+4cm 钡水泥； 地面 15cm 混凝土+防护涂料	3	3
--------------------------------	--	---	---

(2) 分药室内设储药保险柜，由专人负责看管，以确保放射性药品的安全。贮存的放射性物质及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等；

(3) 医院拟配备污物贮存桶，铅衣、铅手套、铅围脖、铅眼镜、铅帽、铅围裙、铅内裤、个人剂量计、表面污染监测仪和 x-γ 辐射监测仪等个人防护用品和监测设备；

(4) 核医学科工作场所设置电离辐射警告标志，设置工作警示灯；

(5) 设置卫生通过间，工作人员操作后离开放射性工作场所前洗手和进行表面污染监测，如其污染水平超过规定值要求，采取相应的去污措施。工作人员进入核医学科工作场所顺序为：医生通道入口→脱家常衣服→穿现场工作服→工作场所；工作场所→脱现场工作服→清洁→剂量测量（全身污染测量）→穿家常衣服→医生通道出口；

(6) 设置病人专用卫生间，供病员使用；其冲厕水、洗手水均进入衰变池衰变；排水管道采用防腐材料，并在管道外包有铅皮；

(7) 衰变池位于-1F 医院污水处理站旁，为地埋式，采用水泥混砖结构并做防渗处理，衰变池设置 4mm 铅板盖住（可防止人员掉入），排污水管外包 5mm 铅皮，能满足屏蔽防护要求，衰变池出口设置有排污口标识和采样口，衰变处理后总β 小于 10Bq/L 后排入医院污水处理站作为一般医疗废水处理。

(8) 核医学科设置有摄像系统，实时监控放射性同位素；在重要出口等设置监控探头，在控制区及监督区设置多个密码门，防止病人乱走；

(9) 分药室内设置放射性固废暂存桶，放射性废物的管理应按照危险废物管理进行，实行联单管理制度，做好台账管理；

(10) 核医学科通风换气应做到空气流向为病人出口向受检室流动，排风口设置于医院所在大楼（9F）楼顶，排气口高于楼顶 5m；

(11) 医院对所有能产生贯穿辐射的污染源采取辐射屏蔽措施，包括操作放射性同位素的职业工作人员穿戴防护用具等；

(12) 各辐射工作场所均设置电离辐射警告标志；

(13) 在分药室设置放射性固废专用收集桶，放射性废物收集桶应有一定屏蔽能力并设置放射性标志；

(12) 医院核医学相关的各项规章制度、操作规程、应急处理措施必须齐全，并张贴上墙；

(15) 加强对服药后病人的管理，在服药室及观察室张贴醒目的“病人须知”。

表 10-5 拟建核医学科计划配置防护设施一览表

序号	名称	位置	用途	数量
1	通风橱	分药室	药物分装在通风橱内进行，放射性气体通过抽风机排放至大楼楼顶	1
2	含铅固废桶		放射性废物暂存	2
3	储药保险柜		保存放射性核素药品	1
4	铅衣、铅手套、铅围脖、铅眼镜、铅帽、铅围裙、铅内裤	卫生通过间、分药室	工作人员操作时穿戴的个人防护用具	各 2 件
5	个人剂量计	工作人员随身佩戴	监测工作人员个人累积剂量	4
6	α 、 β 表面沾污仪	卫生通过间	自主监测设备	1
7	多功能辐射监测仪	分药室		1
8	放射性活度计	分药室		1

10.3 放射性三废的处理

10.3.1 废水治理措施

核医学科放射性废水主要来自于工作人员操作过程中手部可能受到微量核素溶液污染的洗手水、清洗室内地面、工作台和工作人员操作结束后的清洗用水以及病人的排泄物。分药室废水排入衰变池内经过 10 个半衰期后，进入医院污水管网，最终进入医院污水处理站处理后达标排放。对已购置但未用完的其它 ^{131}I （称为废液），医院要严格控制其产生量，根据病人的实际或预计使用量，根据最优化原则预定放射性药品量。本项目拟在-1F 医院污水处理站旁修建衰变池，有效容积约 1.2m^3 。根据污染源分析，本项目核医学科放射性废水排放总量约为 $0.387\text{m}^3/\text{d}$ （ $4.26\text{m}^3/\text{a}$ ）。

核医学科产生的放射性废水衰变池处理达标后，进入医院污水处理站作为一般医疗废水处理，处理后达标排放。衰变池采用砖混结构，衰变池设置 4mm 铅板盖住（可防止人员掉入），放射性废水排水管外包铅皮，并采取防腐蚀措施；能满足

屏蔽防护要求，衰变池设置标准化的排污口并便于采样。衰变池设警示标识，池壁能够防渗、防漏。

10.3.2 废气治理措施

^{131}I 则是挥发性核素，会产生少量的放射性气体。医院拟在分药室设置专用通风橱，核素的分装操作均在通风橱内进行，不存在食入、吸入等内照射影响。药物分装过程中产生的少量放射性气溶胶或气载放射性物质可以通过通风橱的排风管道排至室外，通风橱在半开的条件下风速不小于 1m/s ，排气口设置于本建筑物 9F 屋顶，排气口高于屋顶 5m 。

10.3.3 固废治理措施

(1) 严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理。应力求控制和减少放射性废物产生量。

(2) 放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

(3) 供收集的专用固废桶应具有外防护层并贴有电离辐射标志。固废桶放置点应避开工作人员作业和经常走动的地方。

(4) 放射性废物在固废桶间内衰减至排放限值后，转运至医疗垃圾暂存间作为一般医疗垃圾处理。

(5) 放射性废物袋装时应不超过 20kg ，放射性废物运输时表面的固定污染所引起的辐射水平应不超过 $5\mu\text{Sv/h}$ ，表面 β 辐射应不大于 0.4Bq/cm^2 。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主要为房间改造和装修。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。项目建设过程中，医院的医疗服务工作仍将正常进行。施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对医院自身环境以及周围的环境带来一定影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

(1) 扬尘影响及防治措施

主要为房间的建设及改造时机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘。其工程量小，且为室内施工，影响有限。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，应进行适当的加湿处理。

(2) 废水影响及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水管网。不会对环境产生影响。

(3) 噪声影响及防治措施

主要来自于核医学科用房装修及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作，且不再午休期间和夜间施工，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

(4) 固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

运营阶段对环境的影响

11.1 辐射环境影响分析

(1) 核素使用情况

核医学科放射性核素 ^{131}I 每月根据病人需要进货一次，日最大操作量 $2.5 \times 10^9\text{Bq}$ ，因此核医学科 ^{131}I 分药室储药保险柜中的放射性药物常年持有量最大在 $2.5 \times 10^9\text{Bq}$ 左右。在诊断、治疗过程中，患者 ^{131}I 使用量一般为 $2.5 \times 10^9\text{Bq}$ 。

表 11 环境影响分析

(2) 计算公式

有用射线（主射线）所致的墙体屏蔽厚度和墙体外 30cm 处的瞬时剂量率计算公式如下：

$$\dot{D}_o = \frac{A \times \Gamma \times 8.76 \times 10^{-3}}{R^2}$$

$$Ks = \frac{\dot{D}_o}{p}$$

$$\Delta s = TVL \times \log(Ks)$$

式中：R—考查点到 γ 源的距离（m）；

\dot{D}_o —距源 R 米处的空气比释动能率（Gy/h）；

A—源的活度（Ci）；

Γ —照射量率常数， $R \cdot m^2/h \cdot Ci$ （ ^{131}I 为 0.22）；

8.76×10^{-3} —转换系数（Gy/R）；

Δs —屏蔽厚度（cm）；

p—墙体外 30cm 处剂量控制值（ $2.5 \mu Gy/h$ ）；

TVL—屏蔽材料的十值层厚度（ ^{131}I 的混凝土十值层厚度为 10cm，页岩砖的十值层厚度为 12cm）

(3) 核算参数

项目分药室墙体屏蔽按照该房间持有量最大的核素进行核算参数见表 11-1。

表 11-1 计算参数表

核素名称	房间名称	最大核素持有量	Γ ($R \cdot m^2/h \cdot Ci$)	混凝土十值层厚度 (cm)	铅十值层厚度 (cm)
^{131}I	分药室	$2.5 \times 10^9 Bq$ (0.07Ci)	0.22	10	0.76

(4) 计算结果

核医学科分药室各墙体屏蔽防护效能核实结果见表 11-2。

表 11-2 核医学科墙壁屏蔽防护效能核实结果表

房间名称		参考距离 (m)	核算厚度 (cm)	设计厚度 (cm)	是否满足要求	墙体外瞬时剂量 ($\mu Sv/h$)
分药	墙体	东	1.0	20.8	是	1.34
		西	3.0	9.3	是	0.15

表 11 环境影响分析

室		南	3.5	7.7		是	0.11
		北	1.0	20.8		是	1.34
	顶棚		4.0	5.3	15cm 砧+3 层 9.5mm 防潮石膏板 吊顶+4cm 钡水泥	是	0.27
	地板		1.5	13.8	15cm 砧+防护涂料	是	1.90

结果表明：经过墙体屏蔽后分药室外辐射水平低于 2.5 μ Sv/h，对相邻区域的工作人员及其他人员均是安全的，其他房间用药量更少更分散，墙外受照剂量更小。

事实上，上述结果仅只是考虑了墙体对射线的屏蔽作用，没有考虑附加的一些防护设施的屏蔽作用：例如：盛装放射源铅罐的屏蔽作用，以及其它附加防护设施（铅衣等）的屏蔽作用。实际上分药室外的辐射水平由于各种屏蔽物的屏蔽作用，远比理论计算的辐射水平低很多。

但必须指出的是：工作人员在进行放射性药物分装时，由于是近距离操作，有可能受到较大剂量的照射，由于分装台和放射性固废桶都在分药室，所以分药室内工作人员受照剂量较大，工作时应严格按照要求佩戴铅衣、铅帽等防护装备并配戴个人剂量计。

(9) 剂量估算

1) 工作人员

A、估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 1 \times 10^{-6} (mSv)$$

其中：H_{E,r}：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

D_r：X 或 γ 射线空气吸收剂量率，nGy/h；

t：X 或 γ 射线照射时间，小时；

1：剂量换算系数，Sv/Gy。

B、估算结果

医院 ¹³¹I 核素应用每月开展 1 次，每月 2 天，第一天进行甲功检测，第二天进行甲亢治疗。年操作 22 天，每年预计年治疗甲亢病人约 100 例。

甲功检测：单次药物分装操作活度约 0.005mCi，药物分装稀释需 2min，发放给病人 1min，甲功检查 2min。

表 11 环境影响分析

甲亢治疗：单次药物分装操作活度约 8mCi，药物分装稀释需 2min，发放给病人 2min。

放射工作人员所受的附加年有效剂量的估算结果见表 11-3。

表 11-3 放射工作人员年有效剂量估算结果表

序号	核素名称	操作内容	操作距离 (m)	单次操作活度 (mCi)	受照时间 (min)	单次有效剂量 (mSv)	年有效剂量 (mSv)
1	¹³¹ I	甲功检测	0.3	0.005	5	7.14×10^{-6}	7.14×10^{-4}
2	¹³¹ I	药物分装	0.2	8	4	0.032	3.2

注：分装为一次性分装需要的最大操作量；

由表 11-3 可以看出，核医学放射工作人员在操作 ¹³¹I 对甲亢病人进行诊疗时，在不采取任何屏蔽防护措施的情况下，受照剂量偏高，但能满足本评价的辐射工作人员剂量控制限值（5mSv/a）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。

假定核医学科全部工作由一个放射工作人员全权负责，由表 10-3 可以看出，该辐射工作人员所受的年附加剂量约为 3.2mSv，小于本评价提出的放射工作人员的附加年剂量管理限值 5mSv/a，和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

在实际操作过程中，每部分操作不止 1 名人员，并且在分装药物过程中全程在通风橱内进行，工作人员在采取穿戴铅防护服、戴铅防护眼镜和铅手套等防护措施后，辐射工作人员受到的年有效剂量将小于环评估算的剂量。

2) 公众成员

根据本环评的估算，核医学科分药的屏蔽防护墙体外的周围剂量当量率均低于本环评要求的控制限值 2.5μSv/h，且与环境本底的水平相差不大，因此对周围公众成员的影响是可接受的。核医学科工作场所是相对封闭的区域，科室有严格的分区管理制度，公众成员不会到达控制区与监督区，不会受到额外的辐射照射，可以保证周围公众的安全，公众所致的年有效剂量能满足年有效剂量控制限值 0.25mSv 要求以及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。

11.2.3 放射性废水环境影响分析

根据前节工程分析，本项目核医学科的放射性废水主要来源于工作人员操作

表 11 环境影响分析

过程中手部可能受到微量 ^{131}I 液污染的洗手水；清洗室内地面、工作台的清洗水；购置未用完而报废的放射性核素溶液；病人排泄物以及专用厕所的厕所冲洗废水。本项目放射性废水中的核素主要为 ^{131}I ，则放射性废水 10 个半衰期约为 80.4 天（ ^{131}I 半衰期为 8.04 天），约 3 个月，期间医院开展 3 次核素诊疗。根据前文工程分析计算，医院核医学科每天产生的放射性废水量约为 0.387m^3 ，10 个半衰期产生的放射性废水量为 1.16m^3 。

根据万州友好医院提供的资料，医院现有废水处理站 1 座，位于-1F，设计处理能力为 $40\text{m}^3/\text{d}$ （ $14600\text{m}^3/\text{a}$ ）。医院目前总排水量为 $31\text{m}^3/\text{d}$ （ $11315\text{m}^3/\text{a}$ ）。万州友好医院拟在-1F 污水处理站旁新增 1 个三级推溢式衰变池，总有效容积约 1.2m^3 ，可贮存核医学科 90d 的放射性废水，衰变池立面图见附图 7。核医学科产生的放射性废水排入衰变池内衰变 10 个半衰期后排入医院污水处理站作为普通医疗废水处理，处理达标后再排入城市污水管网。

拟建核医学科新增放射性废水排水量 $0.387\text{m}^3/\text{d}$ （ $4.26\text{m}^3/\text{a}$ ），新增废水不会超过医院废水处理站的设计处理能力。衰变池位于污水处理站旁边，排水管连接医院污水主管道，主管道流量即为医院污水总排放量 $31\text{m}^3/\text{d}$ ，大于 10 倍放射性污水排放流量，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道”的控制要求，达标排放。综上所述，项目废水经衰变处理达标后进入医院现废水处理站处理是可行的。

11.2.4 放射性固体废物环境影响分析

本项目产生的放射性固体废物主要是核医学科产生的医护人员手套、擦拭纸、病人服用的一次性纸杯等，产生量约 $1.2\text{kg}/\text{a}$ 。

服药后的空杯 ^{131}I 残余量约 $1\sim 2\mu\text{Ci}$ ，每月产生约 50g；分装用的手套、擦拭纸 ^{131}I 残余量约 $2\sim 3\mu\text{Ci}$ ，每月产生量约为 50g。

本项目拟在 ^{131}I 分药室内设置 2 个专用固废桶，容积 35L，防护厚度为 10mmPb。放射性废物产生后，先存放在 1#铅桶中，1 个月后转移至 2#铅桶，再存放 1 个月。放射性废物在分药室内的固废桶中存放 2 个月（约 7 个半衰期）后，放射性活度降至 $9\mu\text{Ci}$ 以下（低于豁免水平），可用普通塑料袋封存，转移至位于核医学科旁的医疗垃圾暂存间，存放一个月后作为普通医疗垃圾处理。医院现有医疗垃圾暂存间位于拟建核医学科入口对面，运输较方便，衰变后的放射性废

表 11 环境影响分析

物运送至医疗垃圾暂存间的措施可行。

放射性废物的管理应按照危险废物管理进行,实行联单制度,做好台账管理。本项目放射性固废产生量小,在严格执行固废处置和管理措施后对环境影响小。

核医学科新增门诊产生的普通医疗垃圾存放在医疗废物暂存间后交由有资质的单位处理,生活垃圾统一收集后交环卫部门处理。

11.2.5 放射性废气环境影响分析

核医学使用的离子型的¹³¹I放射性药物,在空气中易氧化析出¹³¹I(单质碘),单质碘在常温下易挥发,产生放射性气溶胶。但是鉴于¹³¹I药品是离子形水溶液,药品运到后放置时间不会太长,碘离子受氧化析出单质碘的可能性小;且药品是成品,不需要(加热一类方法进行)再加工,稀释即可使用,所以能够产生放射性气溶胶的可能性较小。本项目¹³¹I核素药物为医护人员手动分装,分装操作全程在通风橱进行,产生的放射性气体通过通风橱排气管道排放至楼顶。同时取药过程中可能存在洒出污染危险,服药过程中也会产生少量放射性气体污染空气。

根据《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)规定:操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风橱内进行,采用机械抽风,以保证室内空气流通,将室内含少量放射性废气的空气排出室外。核医学科其他用房如服药室、观察室、甲吸室等也可能含有少量放射性废气,通过排风扇将气体排放至分药室,统一通过通风橱机械抽风排至室外。通风橱保证在半开的条件下抽风风速在1m/s以上,排放口位于医院所在建筑物(9F)楼顶,并高于楼顶5m。满足《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120—2006)的要求。

根据医院及周边建筑的布局及区域主导风向(北风),其下风向的敏感目标为居民楼及少量商户,本项目放射性核素诊疗一月开展一次,并且使用量较少,因此产生放射性废气量很少,对周边敏感目标影响较小。

11.3 依托可行性分析

本项目医院可承接日门诊量约100人次,根据统计,医院目前实际日门诊量约20人次,核医学科建设后,每月新增门诊量9人次,在医院接待能力范围内。根据11.2.3、11.2.4的分析内容,新增门诊废水、固体废物的处理依托医院污水处理站、医疗废物暂存间可行。

11.4 产业政策符合性分析

表 11 环境影响分析

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 21 号《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 修订）第一类——鼓励类。项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

11.5 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

放射性同位素的应用在医疗诊断、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。放射性核素诊疗项目营运以后，将为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

因此，该医院射线装置对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.6 选址合理性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，国家有关标准和文件对拟建项目的择址未加明确限值。

从辐射环境影响分析来看，本项目拟建核医学科位于医院所在的商业楼 1F 东南部一端，不与大楼内其他商户直接相连；通过预测分析，核医学科墙体厚度均满足屏蔽要求，且平面布局不存在交叉污染情况；综上所述，本项目开展的放射性核素诊疗、诊断科室与其他功能科室相对独立，有利于辐射防护，总体来看，

表 11 环境影响分析

本项目选址合理。

11.7 事故风险分析及对策

11.7.1 辐射潜在事故风险分析

核医学科主要可能出现的辐射事故是：①由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故；②由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面。

(1) 由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故。

应急对策：为杜绝该事故的发生，医院应加强管理，严格按《放射性药品管理办法》制订“放射性药品的保管制度”。

(2) 由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面。

应急对策：发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

(3) 操作容易产生放射性气溶胶的药物，不按规定在通风橱内进行，使工作场所空气受到污染。手部有伤未带手套仍从事放射性物质操作，可能造成内污染；违反管理规定在操作场所内吸烟、进食，可能吸入和食入放射性物质造成人员内照射；工作人员未认真核对姓名、药物名称、种类、给药途径、用量，致使他人误用或用量过量而造成照射；放射性药物未做标记乱甩、乱放造成误食或撒泼；显视设备灵敏度低病员不得不注射或服用较大剂量的放射性药物，而受到不必要的照射。

工作人员没有经过专业知识培训，有不良工作习惯，对自身的防护不重视，一次性手套、擦拭纸乱扔，使室内受到污染，辐射水平增高。

表 11 环境影响分析

应急对策：以上所涉及到的潜在照射都是不按规定操作引起的，医院必须制定严格的规章制度，工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，了解应当做什么，怎么做，避免犯普通错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

11.7.2 事故剂量估算

本项目放射性核素单次最大操作量为 8mCi ($3 \times 10^8\text{Bq}$)，假设工作人员操作不慎将分装好的药物泼撒至地面，药物 ^{131}I 含量为 8mCi ，事故发生后工作人员应立即进行处理以防止污染扩散。事故状态下工作人员单次受照剂量及放射性废气浓度估算如下：

假设清理时间为 8min ，根据 11.1 的公式计算，工作人员受到的照射剂量为 0.064mSv （单次有效剂量）。

假设对泼撒的药物进行清理后，有 10%的放射性核素挥发至空气中， ^{131}I 总量为 0.8mCi ($3 \times 10^7\text{Bq}$)。此时将通风橱抽风机打开，分药室关门密闭，密闭后的容积约为 35m^2 ，则分药室内放射性废气浓度为 $8.6 \times 10^5\text{Bq}/\text{m}^2$ 。

11.7.3 风险防范措施

发生在非密封源工作场所的放射事故主要是污染事故，导致人员的照射方式主要是内照射。应急措施从以下几个方面体现：

(1) 人员

①尽快消除有害因素，使受照人员尽快撤离现场，检查人员受害程度，采取措施，同时向上级部门报告。

②对疑有污染人员，应进行体表污染监测，确有污染应进行去除污染处理，防止污染进一步扩散；疑有吸入或食入者，应尽早选择适当的促排剂进行促排。

(2) 污染控制

放射事故一般处理原则是：控制事故源，防止蔓延。控制事故处理时限，把危害降低到最低限度，控制事故影响。

①控制污染，禁止无关人员出入现场，以防扩大污染范围，在采取控制污染措施时，要注意保护好现场。

表 11 环境影响分析

②发生场所、地面、设备污染事故时，在确定同位素、范围、水平后，尽快地采取相应的去污措施去污。

③发生放射性液体、气体、气溶胶污染空气事故时，要根据监测数据采取相应吸附、过滤、通风等除污净化措施。

④当人员皮肤、伤口被污染时要迅速除去污染和医学处理。

⑤发生被盗、丢失、遗弃等事故，应立即上报公安及环保部门，积极配合侦破，尽快找回放射源，减少环境辐射污染及人员受照事故。

11.7.4 辐射事故应急

医院应制定《核医学科放射事故处理应急预案》，内容包含核医学科发生的辐射事故、事故分级、事故处理措施、上报原则和电话。

事故报告程序：发现者报告给管理领导小组成员，由其向市环保局、区环保局报告，并同时向市环保局辐射处核安全科及公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

为认真贯彻执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求及国家的有关规定，加强建设单位内部管理，项目运营期医院须组建辐射防护工作领导小组，负责医院的辐射防护相关工作。

根据调查了解，医院已成立了辐射安全与环境管理领导小组，负责全员全院辐射安全环境保护管理领导工作，指导和督促从事放射诊疗活动的科室和人员做好辐射安全放射防护工作。其成员组成如下：

组 长：向小琴

副组长：贺传章

成 员：熊选民、付益家、李小林、常小琴

医院制定了各成员的职责，做到分工明确、职责分明。从医院拟配置的辐射领导小组人员信息看，专兼职人员有 2 名为本科以上学历，有一定的管理能力。本项目开展后，目前医院的管理人员能满足配置要求。

12.1.2 职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划

医院计划安排的 4 名辐射工作人员从事 ^{131}I 治疗工作，均已取得了辐射安全与防护培训合格证。辐射工作人员情况见下表 12-1。

表 12-1 现有辐射工作人员配置情况

序号	姓名	性别	学历	职称	辐射工作安全防护培训证号	个人剂量档案	备注
1	贺传章	男	本科	副主任医师	C20140898	已建立	新聘用
2	付益家	男	本科	医师	A20140413	已建立	从友谊医院调配
3	李小林	男	大专	医师	50022096	新入职待建立	新聘用
4	熊选民	男	本科	主治医师	50022110	已建立	从友谊医院调配

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：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。环境保护部令第 18 号第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。因此，本环评要求医院在本项目运营前，新增工作人员必须参加辐射安全培训，并取得合格证。取得培训合格

续表 12 辐射安全管理

证的人员，医院应每四年组织一次复训。对此，医院已制定了《放射工作人员培训计划》（详见附件 5）。

12.1.3 辐射工作人员的健康管理及个人剂量监测管理

根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号中对工作人员个人剂量的要求，医院应为每名工作人员配置个人剂量计，每 3 个月组织工作人员进行个人剂量监测，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

友好医院计划对本项目核医学科拟配置的 4 名工作人员进行职业健康体检，体检结果合格方可从事相关放射性工作；医院还计划建立这 4 名工作人员的个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并安排专人负责管理。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或停止放射工作 30 年。医院对核医学科工作人员进行身体健康体检并形成制度，保存好检验报告，发现有工作人员超出本评价提出的年有效剂量管理目标值，应立即停止放射工作。

12.2 辐射安全管理

12.2.1 医院辐射环境管理工作

为认真贯彻执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求及国家的有关规定，加强医院内部管理，万州友好医院制定了《辐射事故应急处理预案》、《核医学科安全管理制度》、《辐射安全防护监测方案》、《核医学 ^{131}I 甲功测定、甲亢治疗安全操作规程》、《核医学科放射性同位素的使用登记制度》、《 ^{131}I 治疗工作岗位职责》、《核医学科交接班制度》等辐射防护管理制度。

以上制度和管理措施考虑到了放射性核素的使用和安全防护以及放射性工作人员的管理，具有可行性。

但为了满足新增放射性核素应用项目辐射环境管理工作的需要，本环评要求医院增加《核医学科放射性污染的紧急处理方法》、《核医学放射性工作场所清洁及废物处理制度》、《放射性药物管理制度》、《放射性药物管理台账》等有效的制度。项目运行后，医院必须严格按照各项管理、规章制度执行。

续表 12 辐射安全管理

12.2.2 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》(国务院第 449 号令)等相关法规和标准,必须对放射性同位素使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测,开展常规的防护监测工作。

医院必须配备相应的监测仪器,或委托有资质的单位定期对医院核医学科周围环境进行监测,按规定要求开展各项目监测,做好监测记录,存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所外环境的监测。

12.2.3 个人剂量监测

医院应对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计,并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量检测资质的单位进行。个人照射累积剂量每 90 天为一监测周期,如发现异常可加密监测频率。

12.2.4 工作场所内外环境监测

医院目前已配备 α 、 β 表面沾污仪(型号: Inspector)、INSPECTOR 多功能辐射监测仪 RADIATION MONITOR(型号: IA-V2)、放射性活度计(型号: RM905a)等自主监测设备,对核医学科控制区及监督区定时进行监测,发现问题及时整改。监测数据每年年底向市环境保护局上报备案。医院自行的日常监测要求如下表 12-2 所示。

表 12-2 医院常规监测内容一览表

监测地点	监测项目	监测频率	限值要求
周围环境	空气比释动能率	一年一次	2.5 μ Gy/h
工作场所	β 表面污染	定期	控制区<40Bq/cm ² 监督区<4Bq/cm ² 其他<0.4Bq/cm ²
衰变池排放口	总 β 放射性	排放前	<10Bq/L
放射性固废	废物包装外表面	每次处理前	β <0.4Bq/cm ²

续表 12 辐射安全管理

12.4 辐射事故应急

12.4.1 辐射事故应急响应机构

医院核医学科及放射科成立放射事故应急处理领导小组，负责对核医学科内突发放射事故应急处理的统一指导，统一指挥。

12.4.2 事故应急方案与措施

发生在非密封源工作场所的放射事故主要是污染事故，导致人员的照射方式主要是内照射，应急措施从以下几个方面体现：

(1) 人员

①尽快消除有害因素，使照射人员尽快撤离现场，检查人员受害程度，采取措施，同时向上级部门报告。

②对已有污染人员，应进行体表污染检测，确有污染应进行去除污染处理，防止污染进一步扩散；疑有吸入或食入者，应当尽早选择适当的促排剂进行促排。

(2) 污染控制

放射事故一般处理原则是：控制事故源，防止蔓延；控制事故处理时限，把危害降到最低程度；控制事故影响。

①控制污染，禁止无关人员出入现场，以防扩大污染范围，在采取控制污染措施时，要注意保护好现场。

②发生场所、地面、设备污染事故时，在确定同位素、范围、水平后，尽快地采取相应的去污措施去污。

③发生放射性液体、气体、气溶胶污染空气事故时，要根据监测数据采取相应吸附、过滤、通风等除污净化措施。

④当人员皮肤、伤口被污染时要迅速除去污染并作医学处理。

⑤发生被盗、丢失、遗弃等事故，应立即上报公安及环保部门，积极配合侦破，尽快找回放射源，减少环境辐射污染及人员受照事故。

(3) 应急预案

医院制定了《辐射事故应急处理预案》（详见附件），内容包括应急处理领导机构职责、应急救援原则、应急处理程序等。

(4) 应急报告程序

续表 12 辐射安全管理

一般报告程序为：发现者报告给管理领导小组成员，由其向市环保局、区环保局报告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

医院 24h 电话：023-57682126

市环保局 24 小时值班电话：12369

重庆市辐射环境监督管理站：15998981300

万州区环保局：58142578

万州区公安局：58293149

万州区卫生局：58815205

医院应根据人员受照剂量，判定事故类型和级别，提出控制措施及救治方案，迅速安排受照人员接受医学检查、救治和医学监护。具体处理方法按《核与放射事故干预及医学处理原则》（GBZ113-2006）和《辐射损伤医学处理规范》（卫生部、国防科委文件卫法监发[2002]133 号）进行。

发生照射事故时，人员接受医学检查或在指定的医疗机构救治，并在 2 小时内向市环保局和卫生行政部门报告。

12.4 竣工验收

项目建成后运行前业主单位应尽快自主组织完成环境保护竣工验收工作，验收要求见表 12-3。

表 12-3 环境保护验收一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告。	齐全
2	环境管理制度	有专人负责，各项制度齐全并张贴上墙；建立分药室日巡查记录，有放射性废物处理记录等。	齐全
3	环保措施	辐射工作场所警示标识张贴正确；核医学通道悬挂走向指示牌，地面设人流走向标志；设有衰变池，防渗、防漏、防腐；设放射性固废桶 2 个，具有辐射屏蔽作用；设通风橱，具有抽风功能；配备个人剂量计、铅衣、铅手套等；配备自主监测设备	齐全
4	管理人员	持证上岗，4 年进行 1 次复训	环境保护部令第 3

续表 12 辐射安全管理

			号、环境保护部令 第 18 号
5	电离辐射	剂量 限制	工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ 公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$ GB18871-2002 及 环评批复
		墙体外 剂量率 控制	分药室顶棚、地板、四周墙外、防护门外 剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ GBZ130-2013 GBZ/T180-2006
		表面 污染	控制区的表面污染控制水平 $< 40\text{Bq/cm}^2$ ，监 督区的表面污染控制水平 $< 4\text{Bq/cm}^2$ ，其他的 表面污染控制水平 $< 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。 GB18871-2002
6	放射性废水	核医学科分药室衰变池总排口设置采样口： 总 β 放射性 $< 10\text{Bq/L}$ GB18466-2005	
7	放射性废气	通风橱收集废气，经专用管道排放至楼顶，排气口高 于楼顶屋脊 GBZ120-2006	
8	放射性固废	废物包装外表面： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ ，有废物处理台账。 GBZ133—2009	

表 13 结论及建议

13.1 结论

(1) 项目概况

重庆万州区友好医院拟在重庆市万州区静园路 41 号医院 1F 建设核医学科（乙级工作场所），使用放射性同位素 ^{131}I 进行诊疗。项目总投资 70 万元，其中环保投资 8 万元，占总投资 11.4%。评价单位通过现状监测和环境影响预测，得出如下评价结论和建议：

(2) 产业政策符合性

项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 9 号《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 修正）中第一类——鼓励类，符合国家产业政策。

(3) 辐射环境现状

本项目所在地的地表 γ 剂量率的监测值为 68nGy/h（未扣除宇宙射线），与重庆市 2016 年环境地表 γ 辐射剂量率平均测量值 93.7nGy/h（未扣除宇宙射线）相比较在正常波动范围内。项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

(4) 选址合理性

从辐射环境影响分析来看，本项目位于医院 1F 东南角走廊尽头，不与建筑内其他商户直接相连，与其他功能科室相对独立，有利于辐射防护，本项目选址较为合理。

(5) 辐射防护

①本项目核医学科基本按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求进行了分区，控制区、监督区布局合理。

②本项目核医学科用房设计足够厚度的屏蔽体，可保证房间屏蔽体外周围剂量当量率满足辐射防护的要求。

③操作放射性同位素的职业工作人员须穿戴防护用具，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，每三个月送至卫生防疫部门进行检测，并建立个人剂量档案。

建设单位拟采取的辐射安全与防护措施落到实处后，项目的建设能够满足辐射防护和管理的要求。

(5) 年有效剂量

通过评价核算，本项目核医学科辐射工作人员、其他科室非辐射工作人员和

续表 13 结论及建议

公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理限值的要求（工作人员 5mSv/a，非辐射工作人员和公众人员 0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求

（6）放射性“三废”污染防治措施

核医学科产生的放射性废水、废液经-1F 衰变池衰变至排放标准后排入医院医疗废水处理站；放射性废气通过通风橱排放至医院所在大楼 9F 楼顶，采用机械抽风，保证在半开的条件下抽风风速在 1m/s 以上，排气口高于大楼楼顶 5m。本项目开展规模小，产生废气量小，排放浓度能够满足相关要求；产生的放射性废物在具有屏蔽功能的固废桶中暂时贮存，待衰变至排放限值后，作为一般医疗废物处理。放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

（7）辐射环境管理

医院成立了放射防护领导小组，制定了相关就医流程、操作、管理及辐射防护制度、人员培训、工作场所监测等制度并制定了应急预案。本环评建议配备相关应急物资并定期开展应急演练。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，在完善相应的污染防治措施和管理措施后，万州友好医院医院的 ^{131}I 核素应用项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。医院完善并认真落实相应管理制度，在项目运行中，只要严格落实各项污染防治措施和环境保护措施，按照有关法规和安全操作的要求进行，不会对公众造成影响。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

13.2 反馈意见

- 1、拟建项目应加强对工作人员和公众成员辐射防护知识的宣传教育，提高其自身安全防护意识，防止事故发生。
- 2、落实环评提出的各项辐射防护管理措施和技术措施，根据拟建新院的具体情况，在原有各项管理制度的基础上，制定和完善各项制度。
- 3、每年至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，监测数据定期上

续表 13 结论及建议

报环保局备案。

- 4、项目投入运行后应尽快自主组织环境保护竣工验收。

附录

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目周围环境示意图

附图 3 医院 1、2F 平面布置图

附图 4 核医学科平面布置及分区图

附图 5 核医学科人流、物流走向图

附图 6 核医学科排水管网图

附图 7 衰变池剖面图

附图 8 项目所在地及周边环境现状照片

附件

附件 1 医院环评批准书

附件 2 现有辐射安全许可证

附件 3 项目背景监测报告

附件 4 医院现有辐射防护工作制度和应急预案