

编号：B2022030FS

核技术利用建设项目

河津市人民医院新增乙级  
非密封放射性物质工作场所  
环境影响报告表

(报审本)

河津市人民医院

2022年7月

核技术利用建设项目

河津市人民医院新增乙级  
非密封放射性物质工作场所  
环境影响报告表

建设单位名称：河津市人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：河津市延平街与永兴路交汇处东侧

邮政编码：043300

联系人：卫芳

电子邮箱：472748179@qq.com

联系电话：13835967800

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号			
建设项目名称	河津市人民医院新增乙级非密封放射性物质工作场所		
建设项目类别	172、核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	河津市人民医院		
统一社会信用代码	12141082408480511W		
法定代表人（签章）	刘俊		
主要负责人（签字）	陈创升		
直接负责的主管人员（签字）	卫芳		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	山西大地晋新环境科技研究院有限公司		
统一社会信用代码	91140100MA0HK3F3XR		
三、编制人员情况			
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
路呈祥	2016035140352015146005000122	BH004693	
2.主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
路呈祥	项目基本情况、保护目标与评价标准、现状调查、工程分析、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论。	BH004693	

姓名: 路呈祥  
 Full Name: 路呈祥  
 性别: 男  
 Sex: 男  
 出生日期: 1977-07  
 Date of Birth: 1977-07  
 发证日期: 2016-1-23  
 Approval Date: 2016-1-23



持证人签名:  
 Signature of the Bearer

管理号: 201603514035  
 File No. 201603514035

天津市人民医院放射线科

本证书持有者经人力资源和社会保障部、环境保护部核准，具备从事放射性物质密封场所环境影响评价工作的资格。

This is to certify that the holder of this Certificate has been approved & authorized by the Ministry of Human Resources and Social Security and the Ministry of Environmental Protection to engage in the work of Environmental Impact Assessment for sealed radioactive material sites.

approved & authorized by  
 Ministry of Human Resources and Social Security  
 The People's Republic of China

approved & authorized by  
 Ministry of Environmental Protection  
 The People's Republic of China

编号: HP00019098  
 No. HP00019098

表 1 项目基本情况

建设项目名称		河津市人民医院新增乙级非密封放射性物质工作场所				
建设单位		河津市人民医院				
法人代表	刘俊	联系人	卫芳	联系电话	13835967800	
注册地址		河津市延平街与永兴路交汇处东侧				
项目建设地点		门诊医技楼一层				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	1986.0	项目环保投资 (万元)	248.0	投资比例(环保投资/总投资)	12.5%	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )	383
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类			
	其他					
	<b>1 项目概述</b>					
<b>1.1 医院概述</b>						
<p>河津市人民医院成立于 1949 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健等功能为一体的三级综合医院，位于河津市延平街与永兴路交汇处东侧，占地 130 亩，建筑面积 5.54 万 m<sup>2</sup>，包含住院楼、门诊门诊医技楼、感染楼、后勤服务楼及附属用房。</p> <p>2016 年 9 月，医院由山西省人民医院托管，并挂牌山西省人民医院医疗集团河津医院。2018 年 4 月被原山西省卫计委评审核定为三级综合医院，是全省 119 家县级医院中成功入围的七家医院之一。2018 年 11 月通过了山西医科大学实习医院评审、评估，成为了山西医科大学实习医院，2019 年 9 月成为山西医科大学教学医院。现床位编制 501 张，实际开放 601 张，职工 755 人，其中硕士研究生 35 名，是山西省县级医院中拥有研究生最多的医院。</p> <p>医院设有科室 52 个，其中临床科室 22 个，医技科室 11 个，有全市一流的 ICU 病房、层流洁净手术室、血液透析室、影像中心、检验中心、内镜中心，可为全市医疗机构提供服务。心血管内科、神经内科是全省县级临床重点专科，中西医结合科是省级中医重点专科，骨科是运城市市级重</p>						

点专科。2019年，年门诊量 295636 人次，住院 19234 人次，手术 4028 台次，其中，三四级手术 1980 台次，外科腔镜手术 858 台次，危重病人数 3940 人次，医疗收入突破 2 亿元。

## 1.2 项目建设规模

本次核医学科拟使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  四种非密封放射性核素，配有 SPECT/CT 机 1 台，详细情况见下表。

表 1.1 非密封放射性物质性能及使用参数一览表

核素名称	半衰期	理化性状	射线类型	单人用量 (Bq)	日最大接诊(人)	日最大操作量 (Bq)	频次	年最大操作量 (Bq)
$^{99m}\text{Tc}$	6.02h	液态	$\gamma$	$9.25 \times 10^8$ (25mCi)	20	$1.85 \times 10^{10}$	300d	$5.55 \times 10^{12}$
$^{131}\text{I}$	8.04d	固态	$\gamma$ 、 $\beta$	$3.7 \times 10^5$ (10 $\mu$ Ci)	20	$7.4 \times 10^6$	300d	$2.22 \times 10^9$
$^{125}\text{I}$	59.4d	固态	$\gamma$ 、 $\beta$	$1.10 \times 10^3$	100	$1.10 \times 10^5$	300d	$3.30 \times 10^7$
$^{89}\text{Sr}$	50.5d	液态	$\beta$	$1.48 \times 10^8$ (4mCi)	2	$2.96 \times 10^8$	300d	$8.88 \times 10^{10}$

医院核技术利用项目工程组成表见下表。

表 1.2 核技术利用项目工程组成一览表

位置	项目	建设内容
门诊医技楼一层核医学科	主体工程	1、建设内容：源库、 $^{99m}\text{Tc}$ 药物淋洗间、分药室、注射室、卫生通过间、缓冲间、运动负荷室、SPECT/CT 机房、注射后候诊室、留观室、洁具室等相功能用房、甲功测量室、放免室。 2、源项： ①SPECT/CT 机、SPECT/CT 显像： $^{99m}\text{Tc}$ ； ②甲功测定： $^{131}\text{I}$ （固态胶囊）； ③放免实验分析： $^{125}\text{I}$ （固态粉末）； ④骨转移瘤治疗： $^{89}\text{Sr}$ 。
	辅助工程	办公室、控制室、预约登记室、候诊区等。
	公用工程	供配电、视频监控和对讲广播、通讯等。
	环保工程	屏蔽防护设施、移动铅屏风、废水衰变系统、放射性废物桶及储源柜、放射性废气净化设施、个人防护用品、通风柜、辐射监测仪器、注射窗、注射器铅套等。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》、《建设项目环境影响登记表备案管理办法》，本次核医学科拟使用的 1 台 SPECT/CT 已在“建设项目环境影响登记表备案系统（山西省）”完成备案，备案号为 202214088200000075。因该 SPECT/CT 机为核医学科的一部分，操作时会产生一定的 X 射线，故列入本次评价内容，在机房辐射屏蔽预测评价时进行叠加预测计算。

### 1.3 目的和任务的由来

#### 1.3.1 评价目的

(1) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令 20 号），对该医院核技术利用建设项目进行环境影响评价，以掌握其辐射工作场所周围的辐射水平。

(2) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(3) 满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

#### 1.3.2 任务由来

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）等有关规定，河津市人民医院新增乙级非密封放射性物质工作场所须进行辐射环境影响评价，编制环境影响报告表。受建设单位河津市人民医院的委托，山西大地晋新环境科技研究院有限公司承担该项目的环评工作。山西大地晋新环境科技研究院有限公司组织了专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照《辐射环境管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了该项目的辐射环境影响报告表。

## 2 项目选址及周边情况

河津市人民医院位于河津市延平街与永兴路交汇处东侧（具体见附图 1 项目地理位置图），本次新增乙级非密封放射性物质工作场所位于门诊医技楼一层核医学科。该场所楼上为外科门诊，楼下为土层，核医学科东侧为医院户外、道路，南侧为体检科、西侧为门诊大厅、急诊，北侧为机房、户外通道及介入中心等。

本项目周围环境及项目四邻关系详见附图 2、附图 3。

## 3 核技术利用及辐射安全管理现状

#### (1) 核技术利用基本情况

河津市人民医院现有 17 台射线装置。其中，II 类射线装置 2 台，III 类射线装置 15 台，其中 1 台直线加速器于 2020 年 12 月 1 日取得山西省生态环境厅环评批复，现正在进行设备安装，1 台大孔径模拟定位 CT 机（XHCT-16）正在安装调试，1 台 C 型臂（WFC50）已报废，目前正在办理辐射安全许可证销项，其余射线装置均已通过山西省生态环境厅的审批或在山西省建设项目环境影响

登记表备案系统完成备案，且均已完成竣工环境保护验收，处于正常使用状态。

河津市人民医院于 2017 年 7 月 26 日重新领取了辐射安全许可证，证书编号：晋环辐证【01264】，有效期至 2022 年 07 月 25 日。登记的种类和范围为：使用 II、III 类射线装置。

本次乙级非密封放射性工作场所，于 2014 年 2 月 28 日取得原山西省环境保护厅的环评批复，批复文号晋环函【2014】257 号，拟使用核素为  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{125}\text{I}$ 。医院在取得环评批复并按照原环评要求进行了建设，但建设完成后医院一直未开展核医学诊疗项目。现拟开展核医学科项目，因距离原批复时间超过 5 年，根据《中华人民共和国环境影响评价法》，项目需要重新进行环境影响评价审批。

#### (2) 辐射安全管理情况

医院已设立了以院长为组长的辐射安全监督领导管理机构，由具有本科及以上学历的技术人员专职负责辐射安全工作，并以红头形式下发至各相关部门。

医院已制订了完善的规章制度，且分解到各个涉及核技术利用科室具体执行，主要包括《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置操作规程》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员和辐射工作场所监测制度》、《放射工作岗位职责》、《射线装置安全和防护应急预案》、《质量控制与质量保证方案》等，并在日常工作中得到了较好的落实。

#### (3) 辐射安全与防护培训

据统计，该院目前现有辐射工作人员 46 人，该 46 人已参加了辐射安全与防护培训，并取得了培训合格证书。本次新增 5 名辐射工作人员，该 5 人均已参加了辐射安全与防护培训，并取得了培训合格证书。

#### (4) 年度评估报告

医院已于每年年底编制完成了年度评估报告，并于次年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统进行了填报。

#### (5) 辐射安全事故情况

河津市人民医院核技术利用项目在实际运行过程中，各科室辐射工作人员较好的遵守了医院建立的各项安全管理规定，未发生辐射安全事故。

### 4、项目辐射防护及环保措施投资



表1.3 辐射防护及环保措施投资一览表

项目	具体措施		投资 (万元)
辐射安全和防护措施	屏蔽措施	各机房射线屏蔽措施、储源防护柜、通风橱等。	120.0
	安全措施	机房设置门机联锁装置、辐射报警灯和声音报警、辐射剂量监测与门联锁；辐射工作场所外张贴警示标志、安装工作指示灯和急停按钮；防护门内、外设置固定式剂量监测探头；机房内外设视频监控等。	
	通风设施	设机械通风设施，使用专用通风管道引致楼顶排放，排气筒高出建筑，并设置活性炭等过滤装置等。	
	排水设施	设置独立排水设施、衰变池等。	
人员配备	个人防护用品	配备 5 套防护铅衣、铅防护眼镜、铅橡胶手套等。	50.0
	个人剂量监测	辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期送检（最长不应超过 90 天），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	10.0
监测仪器和防护用品配备	监测仪器	场所固定剂量监测仪 1 套、便携式X、 $\gamma$ 剂量仪 1 台、表面污染检测仪 2 台等。	15.0
	个人剂量计	个人剂量率仪每人一个、个人剂量报警仪 5 套等。	5.0
辐射管理	辐射监测	日常自主检测及委托有资质单位监测。	20.0
	环保手续	环境影响评价及竣工环境保护验收。	28.0
合计			248.0

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
1	<sup>192</sup> Ir	3.7×10 <sup>11</sup> ×1	III类	使用	治疗	肿瘤放射治疗楼 后装机室	后装机房	晋环审批函 【2020】483号； 尚未开展

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	备注
1	<sup>99m</sup> Tc	液体、低毒 T <sub>1/2</sub> =6.02h	使用	1.85E+10	1.85E+07	5.55E+12	SPECT/CT 显像	很简单操作	核医学科	核医学科分药室 通风厨内	本次评价
2	<sup>99m</sup> Mo 母体	液态、中毒 T <sub>1/2</sub> =2.75d	使用	2.96E+10	2.96E+07	7.40E+12	淋洗 <sup>99m</sup> Tc	贮存	核医学科分药室 通风厨内	核医学科分药室 通风厨内	本次评价
	<sup>99m</sup> Tc 子体	液体、低毒 T <sub>1/2</sub> =6.02h	使用	1.85E+10	1.85E+08	5.55E+12	淋洗 <sup>99m</sup> Tc	简单操作	核医学科分药室 通风厨内	核医学科分药室 通风厨内	本次评价
3	<sup>131</sup> I	固态、中毒 T <sub>1/2</sub> =8.02d	使用	7.40E+06	7.40E+05	2.22E+09	诊断 (甲状腺碘吸收率测验)	简单操作	核医学科 甲功测量室	甲功测量室 储源防护柜	本次评价
4	<sup>125</sup> I	固态、中毒 T <sub>1/2</sub> =59.4d	使用	1.10E+05	1.10E+04	3.30E+07	诊断 (放免分析)	很简单操作	门诊医技楼一层 核医学科放免室	核医学科放免室	本次评价
5	<sup>89</sup> Sr	液体、中毒 T <sub>1/2</sub> =50.53d	使用	2.96E+08	2.96E+06	8.80E+10	治疗	很简单操作	核医学科	核医学科源库	本次评价

注：日等效最大操作量和操作方式来源于《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

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	剂量率 (cGy/min)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	/	电子	X 射线: 10MV 电子线: 15MeV	600	治疗	肿瘤放射治疗楼直线加速器室	晋环审批函 【2020】483 号

(二) 医用 X 射线机。

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	数字减影血管造影 X 线机 (DSA)	II	1	Allura Xper FD20	125	1250	诊断	介入中心: 12 号机房	环评批复 晋环函【2014】257 号; 2018.2 医院自主验收
2	X 线电子计算机断层扫描装置 16 排(CT)	III	1	Optima 540	140	440	诊断	CT 室: 6 号机房	
3	X 线电子计算机断层扫描装置 64 排(CT)	III	1	Ingenuity CT	140	650	诊断	CT 室: 7 号机房	
4	悬吊平板式数字化 X 线摄影系统 (双板 DR)	III	1	YSio	150	800	诊断	放射科: 1 号机房	
5	平板数字乳腺 X 线机	III	1	Selenia Dimensions	49	200	诊断	放射科: 3 号机房	
6	口腔多功能数字化三维影像诊断系统	III	1	Planmeca ProMax 3D	90	15	诊断	放射科: 4 号机房	
7	平板数字胃肠机	III	1	Luminos dRF Max	150	1000	诊断	放射科: 2 号机房	
8	移动平板式数字化 X 线摄影系统 (单板 DR)	III	1	Optima XR220amx	125	300	诊断	感染科: 9 号机房	2017-06-22 备案, 备案号: 201714088200000024 2017.8 医院自主验收
9	多功能平板数字化高频 X 射线机	III	1	KD-850	150	800	诊断	体检科: 8 号机房	

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
10	骨密度仪	III	1	Discovery Ci	140MV	10	诊断	放射科：5号机房	2017-06-22 备案，备案号： 20171408820000024 2017.8 医院自主验收
11	C型臂	III	1	HIMC-160型	120	200	诊断	手术室：10号机房	
12	牙片机	III	1	2LY-G	60MV	8	诊断	口腔科：13号机房	
13	C型臂	III	1	WFC50	90	160	诊断	手术室：11号机房	已报废，正在办理销项
14	体外冲击波碎石机	III	1	JDPN-VC型	110	125	诊断	功能科：14号机房	2018-06-28 备案，备案号： 20181408820000016 2017.11 医院自主验收
15	X射线计算机体层摄影设备 (CT)	III	1	uCT528	140	350	诊断	感染科：9号机房	2021-09-07 备案，备案号： 20211408820000117
16	大孔径模拟定位 CT 机	III	1	XHCT-16	140	500	诊断	肿瘤放射治疗楼模拟定位 CT 机房	2020-07-29 备案，备案号： 20201408820000442
17	SPECT/CT	III	1	Symbia Intevo	130	345	诊断	核医学科：SPECT/CT 机房	2022-06-24 备案，备案号： 20221408820000075 (本次核医学科)

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源。

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 ( $\mu$ 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	
	无												

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
放射性固废（操作手套、口罩、棉签、试管等）	固体	<sup>99m</sup> Tc	/	25kg	300kg	暂存超过 30 天	分类、分期收集于放射性废物桶中，转移至核医学科废物库衰变贮存。	达到清洁解控水平后当普通医疗废物处理。
		<sup>89</sup> Sr	/	2.5kg	30kg	$\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$		
		<sup>131</sup> I		25kg	300kg	暂存超过 180 天		
废旧活性炭及失效过滤器	固体	<sup>99m</sup> Tc	/	/	20kg/a	$\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$		
报废的发生器	固态	<sup>99</sup> Mo- <sup>99m</sup> Tc 发生器	/	/	50个/年	/	专用容器固废间暂存	厂家回收处理
含放射性核素的废水	液体	<sup>99m</sup> Tc <sup>89</sup> Sr	/	6.75m <sup>3</sup>	81m <sup>3</sup>	总 $\beta$ <10Bq/L	衰变池	经专用管道收集于衰变池内进行衰变，衰变 31d 后排出至医院污水处理系统。
剩余放射性药物残液	液体	<sup>99m</sup> Tc <sup>89</sup> Sr	/	/	/	$\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$	密封贮存专用容器内，转移至废物间贮存衰变。	达到清洁解控水平后按医疗废物处理
核医学科废气	气态	<sup>131</sup> I <sup>99m</sup> Tc	/	/	/	/	/	经高效活性炭过滤装置处理后引至门诊医技楼顶排放。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）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）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 修订）（2019 年 3 月 2 日）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修订）（2021 年 1 月 4 日）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(7) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理报告制度的通知》，原国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》2021 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(9) 《放射性废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起实施；</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 5 日；</p> <p>(11) 《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；</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 号文；</p> <p>(13) 《山西省辐射事故应急预案》山西省人民政府办公厅，晋政办发[2021]23 号，2021 年 2 月 26 日；</p> <p>(14) 《运城市辐射事故应急预案》运政办发【2021】58 号；</p> <p>(15) 《河津市辐射事故应急预案》。</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) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(4) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(7) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(9) 《表面污染测定第 1 部分<math>\beta</math>发射体（<math>E_{\beta\max}0.15\text{MeV}</math>）和<math>\alpha</math>发射体》（GB/T 14056.1-2008）；</p> <p>(10) 《放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范》（GB/T16148-2009）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 河津市人民医院环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 河津市人民医院提供的辐射防护设计图；</p> <p>(3) 辐射安全手册--潘自强--2011.11；</p> <p>(4) 《山西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，《辐射防护》，第 10 卷第 6 期，1990.11</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》HJ10.1-2016 的规定，乙级非密封源放射性物质工作场所的评价范围半径为 50m，根据现场实地勘查及项目特点确定评价范围为：以核医学科四周墙体边界外 50m 区域范围。评价范围示意图如下：



图 7.1 本项目评价范围示意图

### 7.2 保护目标

河津市人民医院位于河津市延平街与永兴路交汇处东侧，本次核技术利用项目位于门诊医技楼一层核医学科。该场所楼上为外科门诊，楼下为土层，核医学科东侧为医院户外、道路，南侧为体检科、西侧为门诊大厅、急诊，北侧为机房、户外通道及介入中心等。

本项目核医学科边界外 50m 评价范围内分布人员主要是院内及楼内各科室的医院工作人员、前来就诊的病患、陪护人员。故该项目环境保护目标为：评价范围内的工作人员和公众成员（不包括开展核技术利用项目的患者）。



表 7.1 本项目评价范围内环境保护目标一览表

辐射工作场所	方位	周围场所及距离 (m)	保护目标	数量 (人)	
核医学科	场所内	钨-99 淋洗、分装、注射 质控、服药监控指导等	辐射工作人	3	
		SPECT/CT 控制室	辐射工作人	2	
	场所周围	东侧	医院户外环廊、道路 (0~50m)	/	/
		南侧	体检科 (0~25m)	公众成员	15
			医院户外环廊、道路 (25~50m)	(体检科工作人员)	
		西侧	门诊大厅 (0~36m)	公众成员	50
			急诊 (36~50m)	(急诊工作人员)	
	北侧	户外通道 (0~16m) 介入中心 (16~32m) 中心供应 (32~50m)	公众成员 (介入中心、中心供应工作人员)	25	
	屋顶	二层外科门诊 (0-4.8m) 三层口腔科 (4.8-9.6m) 屋顶天空 (9.6m-50)	公众成员 (口腔科工作人员)	20	

### 7.3 评价标准

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002、《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)等,并按照辐射防护最优化原则,项目职业人员、公众成员有效剂量约束值及周围剂量当量率等控制目标值表 7.2。

表 7.2 本项目有效剂量约束值及周围剂量当量率控制目标值一览表

场所	职业人员有效剂量约束值及周围剂量当量率控制目标值	评价指标	
核医学科	有效剂量约束值	职业人员	≤5mSv/a
		公众人员	≤0.1mSv/a
	四面屏蔽墙及房顶外 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值		≤2.5μSv/h
	β表面污染	(工作台、设备、墙壁、地面) 控制区	40Bq/cm <sup>2</sup>
		(工作台、设备、墙壁、地面) 监督区	4.0Bq/cm <sup>2</sup>
		(工作服、手套、工作鞋) 控制区	4.0Bq/cm <sup>2</sup>
		(工作服、手套、工作鞋) 监督区	4.0Bq/cm <sup>2</sup>
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4Bq/cm <sup>2</sup>	

续表 7.2 本项目有效剂量约束值及周围剂量当量率控制目标值一览表

场所	项目名称	评价指标																			
核医学科	放射性固体废物	<p>根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），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，<math>\beta</math>表面污染小于 <math>0.8\text{Bq}/\text{cm}^2</math> 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：</p> <p>a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；</p> <p>b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；</p> <p>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。</p> <p>根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），每袋废物的表面剂量率应不超过 <math>0.1\text{mSv}/\text{h}</math>，质量不超过 20kg。废物包装盒外表面的污染控制水平：<math>\beta &lt; 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2</math>。</p> <p>本项目固体废物外表面的污染控制水平执行：<math>\beta &lt; 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2</math>。</p>																			
	放射性废水	<p>对于槽式衰变池贮存方式：</p> <p>a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；</p> <p>b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总<math>\beta</math>不大于 <math>10\text{Bq}/\text{L}</math>、碘-131 的放射性活度浓度不大于 <math>10\text{Bq}/\text{L}</math>。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"><math>^{99}\text{Tc}^{\text{m}}</math></td> <td style="text-align: center;">一次排放活度</td> <td style="text-align: center;"><math>8.62 \times 10^8 \text{Bq}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">月排放总活度</td> <td style="text-align: center;"><math>8.62 \times 10^9 \text{Bq}</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"><math>^{89}\text{Sr}</math></td> <td style="text-align: center;">一次排放活度</td> <td style="text-align: center;"><math>2.56 \times 10^7 \text{Bq}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">月排放活度</td> <td style="text-align: center;"><math>2.56 \times 10^8 \text{Bq}</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"><math>^{131}\text{I}</math></td> <td style="text-align: center;">一次排放活度</td> <td style="text-align: center;"><math>9.09 \times 10^5 \text{Bq}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">月排放活度</td> <td style="text-align: center;"><math>9.09 \times 10^6 \text{Bq}</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"><math>^{125}\text{I}</math></td> <td style="text-align: center;">一次排放活度</td> <td style="text-align: center;"><math>1.33 \times 10^6 \text{Bq}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">月排放活度</td> <td style="text-align: center;"><math>1.33 \times 10^7 \text{Bq}</math></td> </tr> </table>	$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$	一次排放活度	$8.62 \times 10^8 \text{Bq}$	月排放总活度	$8.62 \times 10^9 \text{Bq}$	$^{89}\text{Sr}$	一次排放活度	$2.56 \times 10^7 \text{Bq}$	月排放活度	$2.56 \times 10^8 \text{Bq}$	$^{131}\text{I}$	一次排放活度	$9.09 \times 10^5 \text{Bq}$	月排放活度	$9.09 \times 10^6 \text{Bq}$	$^{125}\text{I}$	一次排放活度	$1.33 \times 10^6 \text{Bq}$	月排放活度
$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$	一次排放活度	$8.62 \times 10^8 \text{Bq}$																			
	月排放总活度	$8.62 \times 10^9 \text{Bq}$																			
$^{89}\text{Sr}$	一次排放活度	$2.56 \times 10^7 \text{Bq}$																			
	月排放活度	$2.56 \times 10^8 \text{Bq}$																			
$^{131}\text{I}$	一次排放活度	$9.09 \times 10^5 \text{Bq}$																			
	月排放活度	$9.09 \times 10^6 \text{Bq}$																			
$^{125}\text{I}$	一次排放活度	$1.33 \times 10^6 \text{Bq}$																			
	月排放活度	$1.33 \times 10^7 \text{Bq}$																			

表 7.3 本项目机房面积及最小单边长要求

项目	机房面积 ( $\text{m}^2$ )	机房最小单边长 (m)
SPECT/CT 机房	30	4.5

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置

河津市人民医院位于河津市延平街与永兴路交汇处东侧，地理位置图见附图 1。

### 8.2 评价区环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率现状监测

为评价本项目评价区的辐射环境质量，2022 年 6 月 28 日，由山西大地晋新环境科技研究院有限公司对本次环评对象所在场所及评价区内环境 $\gamma$ 辐射剂量率进行检测（见附件三）。

#### 8.2.1 监测内容

评价区内环境辐射剂量率。

#### 8.2.2 监测的环境条件及工况

环境温度 31℃；相对湿度 55%；天气 晴。

#### 8.2.3 监测仪器

仪器名称：辐射检测仪/环境级辐射探测 AT1117M/BDKG-11。

能量响应：50keV~3MeV；量程：10nGy/h~100 $\mu$ Gy/h。

校准有效期：2021 年 8 月 25 日-2022 年 8 月 24 日。

检定机构：中国辐射防护研究院。

#### 8.2.4 监测方法

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021 中提供的方法。

#### 8.2.5 监测布点

核医学科及相邻场所。

监测布点详见检测报告中检测点位图。

#### 8.2.6 质量保证措施

- （1）使用的仪器经中国辐射防护研究院检定，确保监测数据的准确、可靠。
- （2）严格按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录，专人负责质量保证及核查检查工作。
- （3）监测数据处理按《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》要求进行。

#### 8.2.7 辐射环境质量现状评价

监测结果见表 8.1。

表 8.1 评价范围内周围 $\gamma$ 辐射收剂量率监测结果

序号	房间	监测点位	本底监测值 (nGy/h)
1	门诊医技楼一 层核医学科	核医学科病人洁净走廊内 (1#)	88
2		核医学科注射准备室/注射室之间 (2#)	87
3		核医学科运动负荷室内 (3#)	85
4		核医学科分药室内 (4#)	85
5		核医学科污物间内 (5#)	87
6		核医学科二更区 (6#)	84
7		核医学科控制室 (7#)	88
8		核医学科 ECT 机房内 (8#)	88
9		核医学科病人沾污走廊 (9#)	86
10		核医学科 VIP 候诊室 (10#)	87
11		核医学科注射后候诊室 (11#)	87
12		核医学科留观室 (12#)	87
13		核医学科甲功测量室 (13#)	85
14	门诊医技楼核 医学科周围	核医学科上方二层外科诊室 (14#)	86
15		核医学科上方三层走廊内 (15#)	86
16		核医学科南侧体检科内 (16#)	90
17		核医学科西侧门诊大厅 (17#)	89
18		核医学科西侧急诊 (18#)	89
19		核医学科西侧输液大厅 (19#)	88
20		核医学科西侧 120 急救 (20#)	87
21		核医学科西北侧影像科 (21#)	87
22		核医学科北侧介入中心 (22#)	89
23		核医学科中心供应 (23#)	87
24		核医学科东侧户外 (24#)	67

备注：表中检测结果均已扣除宇宙射线。

由检测结果可知，河津市人民医院核医学科及周围 50m 范围内场所周围 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 (67~90) nGy/h 之间，与运城市原野道路天然 $\gamma$ 辐射剂量率本底水平 (42.4-76.0) nGy/h 及建筑物室内 $\gamma$ 辐射剂量率 (75.2-119.1) nGy/h 相比为正常辐射本底水平(《山西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，《辐射防护》，第 10 卷第 6 期，1990.11)。

### 8.3 评价区土壤放射性现状监测

为评价本项目评价区的土壤放射性环境质量，2022年6月17日，委托中国辐射防护研究院核工业太原环境分析测试中心对本次环评对象所在场所内土壤进行采样检测。

#### 8.3.1 监测内容

土壤中本项目应用核素

#### 8.3.2 采样日期

2022年6月16日

#### 8.3.3 采样布点

布点方法：因核医学科主体结构均已建成，本次仅为部分隔墙改造及配套设施改造，结合本项目现场实际情况，因此本次土壤采样点布设于门诊医技楼外侧周围区域，共在5个位置采样，分别河津市人民医院门诊医技楼东侧布置2个采样点，其他三侧各布置1个采样点，每个点在10m×10m范围内，采取0~10cm的表层土。

采集方法：

- (1) 对选定的取样点编上系列号，去除散在表面上的植物，杂草石等。
- (2) 把土壤采样器垂直于取样点表面放置，用锤子把采样器冲打到10cm。
- (3) 用铁锹把采集器冲打的深度回收上来，同时去除其外围的土壤。把采集器内采集到的土壤放入聚乙烯口袋内。

样品预处理：

将采集的土壤样品平铺在塑料布上去除石块、草根等杂物，现场混合后取3kg样品，装在双层塑料袋内密封，再置于同样大小的布袋中保存。

采样布点情况如下：



图 8.1 本项目土壤监测采样布点图

### 8.3.4 监测依据

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

《土壤中放射性核素的γ能谱分析方法》GB/T 11743-2013；

### 8.3.5 土壤中应用核素监测结果

该医院核医学科及评价范围内土壤中各应用核素监测结果见下表。

表 8.2 评价范围内土壤中放射性核素监测结果

序号	检测项目	分析结果（Bq/kg）	备注
1	$^{99m}\text{Tc}$	<0.45	/
2	$^{131}\text{I}$	<0.44	/
3	$^{125}\text{I}$	<6.8	/
4	总β	803	/

由分析结果可知，采样土壤总β分析测量值为 803Bq/kg，属于正常天然本底水平。采样土壤中各应用核素均低于探测下限。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工艺设备和工艺分析

### 9.1.1 乙级非密封放射性物质工作场所

本次核技术利用项目位于门诊医技楼一层核医学科。该场所楼上为外科门诊，楼下为土层，核医学科东侧为医院户外、道路，南侧为体检科、西侧为门诊大厅、急诊，北侧为机房、户外通道及介入中心等。门诊医技楼一层核医学科平面布置见附图 4。

### 9.1.2 核医学科辐射工作场所分级

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）“4.2 辐射工作场所应按照 GB 18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A。”

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日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：

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

核医学常用放射性核素毒性组别修正因子根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 D、《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 号文选取，核医学常用放射性核素毒性组别修正因子见表 9.1，核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子见表 9.2。

表 9.1 核医学拟用放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	常用核素名称	毒性组别修正因子
中毒	<sup>32</sup> P、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>153</sup> Sm	0.1
低毒	<sup>18</sup> F、 <sup>99m</sup> Tc、	0.01

表 9.2 核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
发生器淋洗	母体（液态）	贮存	100
	子体（液态）	简单操作	1
医疗机构使用	<sup>18</sup> F、 <sup>99m</sup> Tc（液态）	很简单操作	10
	<sup>125</sup> I 籽源（固态）	很简单操作	100
放射性药品生产	分装、标记（液体）	简单操作	1
	分装、标记（固体）	简单操作	10
核素治疗	<sup>131</sup> I（液态）	简单操作	1

结合环办辐射函【2016】430号的规定：常见的放射性药品生产、使用场所日等效操作量核算中操作因子的选取：1、利用钼得发生器淋洗<sup>99m</sup>Tc放射性药物时，<sup>99</sup>Mo的操作视为“贮存”。2、放射性药品生产中，分装、标记等活动视为“简单操作”。3、医疗机构使用<sup>18</sup>F、<sup>99m</sup>Tc、<sup>125</sup>I-粒子源相关活动视为“很简单的操作”，使用<sup>131</sup>I核素相关活动视为“简单操作”。因此，本项目所使用的核素除<sup>131</sup>I为简单操作外，其它核素均按“很简单操作”考虑。

根据建设单位提供的日最大操作量，并考虑所有核素同一天内均使用的情况下，确定核医学科使用的放射性同位素日最大等效操作量见下表。

表 9.3 医院核医学科使用的放射性同位素日最大等效操作量

序号	核素及状态	日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量合计 (Bq)	场所等级
1	<sup>99</sup> Mo 母体 (液态)	2.96E+10	0.1	贮存	100	2.96E+07	5.18E+07	乙级
2	<sup>99m</sup> Tc (液态)	1.85E+10	0.01	很简单操作	10	1.85E+07		
3	<sup>131</sup> I (固态)	7.40E+06	0.1	简单操作	1	7.40E+05		
4	<sup>125</sup> I (固态)	1.10E+05	0.1	很简单操作	10	1.10E+04		
5	<sup>89</sup> Sr (液态)	2.96E+08	0.1	很简单操作	10	2.96E+06		

根据本项目使用的放射性核素的毒性组别、用量及操作因子，算出日最大等效操作总量为： $5.18 \times 10^7$  Bq，属于乙级非密封源工作场所 ( $2.7 \times 10^7 \sim 4.0 \times 10^9$ ) Bq。

### 9.1.3 核医学科使用的放射性核素特性

本项目使用的放射性核素特性参数见下表。

表 9.4 核医学科使用的放射性同位素特性一览表

序号	核素	半衰期	衰变方式	β最大能量 MeV	光子能量 MeV	周围剂量当量率常数 (裸源) $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$	毒性分组	用途	来源
1	<sup>99</sup> Mo	2.75d	β-	1.214	0.074	6.01E-18 (Gy.m <sup>2</sup> /Bq.s)	中毒	<sup>99m</sup> Tc 制备	<sup>99</sup> Mo- <sup>99m</sup> Tc 发生器制备
2	<sup>99m</sup> Tc	6.02h	同质异能跃迁	—	0.140	0.0303	低毒	SPECT 显像	
3	<sup>131</sup> I	8.02d	β-	0.602	0.284~0.637	0.0595	中毒	甲功测定	外购
4	<sup>89</sup> Sr	50.53d	β-	0.5846	—	3.16E-21 (Gy.m <sup>2</sup> /Bq.s)	中毒	治疗	外购
5	<sup>125</sup> I	59.4d	EC	—	0.027~0.036	0.0165	中毒	放免	外购

备注：EC 表示轨道电子俘获，“—”表示无值。上表数据主要来源于《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020 及《辐射防护手册》潘自强。



### 9.1.4 核医学科 SPECT/CT 显像

#### (1) SPECT/CT 工作原理

SPECT/CT 是一种利用放射性核素的检查方法。SPECT 成像的基本原理：放射性药物引入人体，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，将探测到这些差异，通过计算机处理再成像。SPECT 成像是一种具有较高特异性的功能显像和分子显像，除显示结构外，注重提供脏器与病变组织的功能信息。SPECT 的显像方式十分灵活，能进行平面显像和断层显像、静态显像和动态显像、局部显像和全身显像。CT 则是利用体外的 X 射线穿透人体而获得三维解剖图像的断层成像技术。SPECT/CT 是一台将 CT 扫描仪和 SPECT 显像仪同时安装在同一个机壳里的多模态影像摄影装置，它在检查时可以一次获得反映精细解剖结构的 CT 扫描信息及反映功能代谢的 SPECT 影像，或复合型 SPECT/CT 融合显像。SPECT/CT 显像使用的核素为： $^{99m}\text{Tc}$ 。

#### (2) $^{99}\text{Mo}$ ~ $^{99m}\text{Tc}$ 淋洗分装

SPECT 显像药物  $^{99m}\text{Tc}$  由医院根据预约病人数量购买钼锝 ( $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ ) 发生器在钼锝淋洗室内的通风橱中进行淋洗，使用时需要根据实际情况进行分装。

操作流程如下：打开钼锝 ( $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ ) 发生器顶部的铅屏蔽盖，在发生器的一端插上生理盐水作淋洗液，另一端插上真空瓶，由于负压作用，即能淋洗出  $^{99m}\text{Tc}$  液。本项目通风橱侧面安装有活度计，与真空瓶相连接，淋洗液经活度测定后，工作人员根据当日患者用药情况转移所需体积的淋洗液至盛有标记物试剂瓶内，由工作人员从钼-99 淋洗室传递窗口转移药物至 SPECT 注射窗口供病人静脉注射使用。 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器见图 9.1。

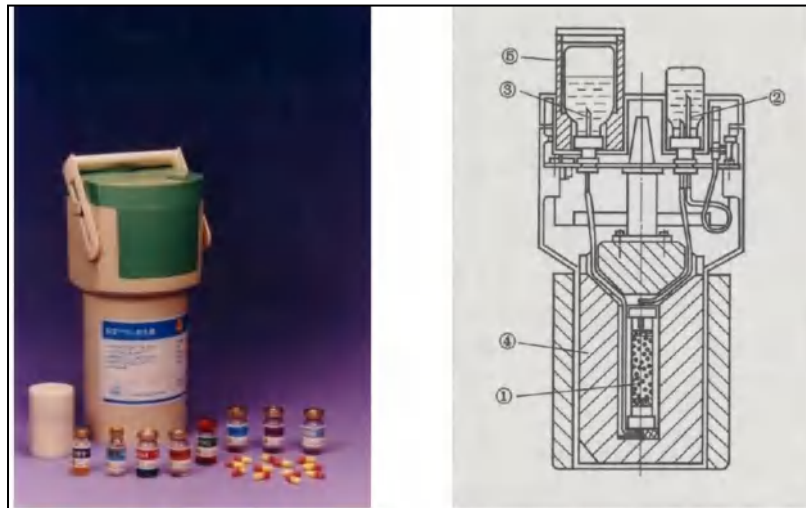


图 9.1  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器图

#### (3) 工艺及操作流程

①预约登记：根据医生的指导意见，需要接受显像检查的患者提前通过预约方式进行预约登记，

确定用量。

②药物淋洗、分装：工作人员根据当日患者用药情况在钼-99 淋洗室通风橱内完成药物淋洗、分装，做好注射前的各项准备。

③药物注射：准备好的受检者听从指引通过专用患者通道到达注射窗口，注射人员取出准备好的药物通过注射窗口给患者注射，一次性操作最大活度为 25mCi，每次注射时间平均约 1min/每人。

④注射后候诊：注射后的受检者按提示进入注射候后诊室候诊，待放射性药物在机体内有一定程度的代谢，在不同器官及组织形成分布。

⑤扫描准备：患者根据提示进入 SPECT/CT 机房，在技师的指导下进行摆位，做好扫描前的各项准备。技师一般通过机房与控制室连接的对讲设备邻室指导患者摆位，特殊情况下需进入机房内现场指导摆位，现场指导摆位时技师需穿戴铅衣防护。每位患者摆位的时间平均约为 2min，机房内辅助病人摆位工作人员为 2 人，轮流操作。

⑥SPECT/CT 扫描：技师进入 SPECT/CT 控制室，关闭机房防护门，在控制室操控设备，进行扫描，得到扫描结果。由医师对扫描图像进行分析，作出诊断报告并签字。

⑦患者留观：扫描结束后，患者根据提示进入留观室留观，在此时间内，医师对患者的扫描结果进行评估，如需要做延迟显像的患者需在初次扫描结束后 1~1.5h 再次局部延迟扫描，采集时间约 5~10 min。

⑧离开：医生认为图像符合要求后，通过广播通知患者离开。

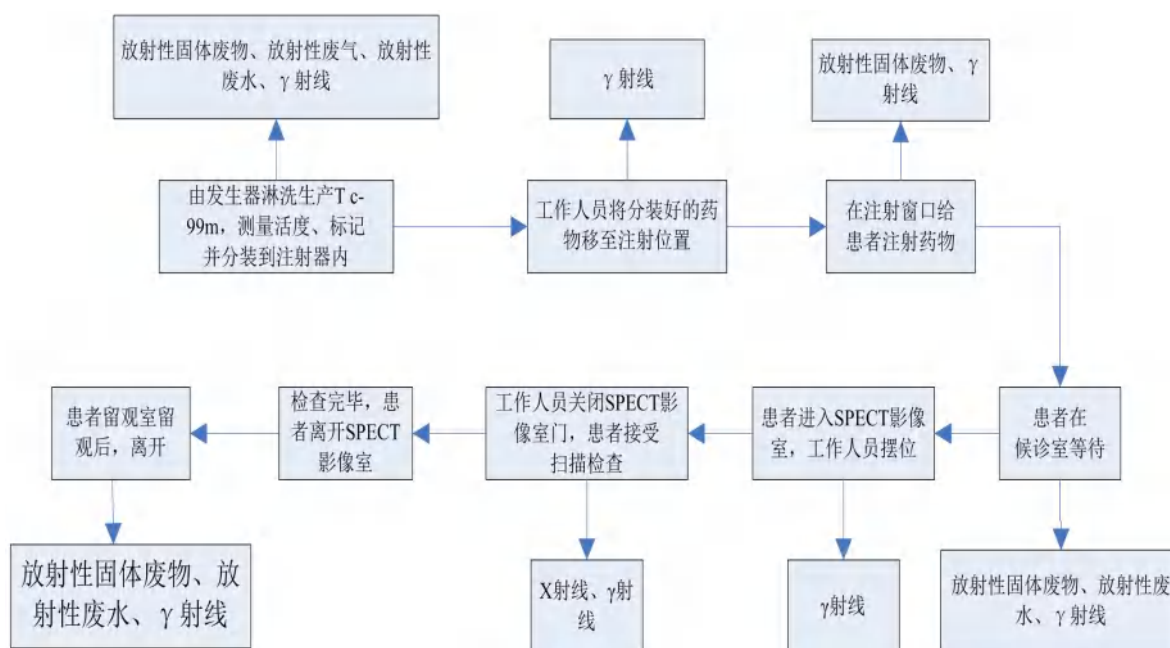


图 9.2 SPECT/CT 显像诊断流程图

#### (4) 药物操作及转移流程

医院根据病人预约情况提前向有资质的放射性药物供货商每周购买 800mCi (29.6GBq) 钼铇 ( $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) 发生器一次, 由专用放射性药物运输车辆送达医院门诊医技楼一层核医学钼铇淋洗室的通风橱内, 放射性药物的淋洗及分装在通风橱 (20mmPb) 中进行。每天淋洗一次, 每次淋洗、质控时间约 20min, 药物分装每人分装时间按 1min。

分装完成后由注射护士在注射窗口给病人注射 (注射器防护套 10mmPb),  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  注射台安装有 10mmpb 的铅玻璃注射窗, 每次注射时间约 1 分钟。病人注射后在 SPECT 注射后候诊室候诊, 待药物充分代谢后, 进入 SPECT/CT 扫描室, 由摆位人员指导病人摆位, 摆位时间不超过 2min, SPECT/CT 的扫描时间约 20 分钟。扫描完成后, 病人离开扫描室至 SPECT 留观室留观, 留观无碍后由病人通道离开。

#### (5) 产污环节

根据工艺流程可知,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记药物作 SPECT/CT 诊断对工作环境造成的影响主要是  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器本身、洗脱出来的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记溶液和注射标记液后的病人对工作人员的  $\gamma$  射线外照射、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  洗脱液操作过程中对工作台面、地面等造成表面污染。用药后的病人在候诊室及留观室产生的排泄物属于放射性废水。当使用 SPECT/CT 检查时, CT 开机会产生的 X 射线。

因此, 污染因子主要有  $\gamma$  射线、 $\beta$  表面污染及 X 射线。

### 9.1.5 核医学科应用 $^{131}\text{I}$ 甲状腺功能测定

#### (1) 原理

甲状腺吸碘功能测定简称为甲吸。甲状腺具有选择性摄取和浓聚碘的功能, 其摄碘的速度和数量以及碘在甲状腺的停留时间, 均取决于甲状腺的功能状态。食物中的碘为  $^{127}\text{I}$ , 而  $^{131}\text{I}$  为其同位素, 具有相同的理化性质, 但  $^{131}\text{I}$  具有放射性, 在其衰变时发出  $\gamma$  射线。因此, 给检查者口服一定量的  $^{131}\text{I}$  后, 即被甲状腺所摄取, 在体外用特定的  $\gamma$  射线探测仪就可测得甲状腺对  $^{131}\text{I}$  的吸收情况, 从而判断甲状腺的功能状况。

#### (2) 工艺流程及产污环节

甲状腺吸碘功能测定检查流程如下:

- ①接收患者, 告知患者诊断过程存在的辐射危害;
- ②医生根据病情确定使用核素的剂量, 向药品供应商进行订购;
- ③工作人员将购买回来的碘 ( $^{131}\text{I}$ ) 化钠胶囊储存与储存甲功测量室储源防护柜内, 患者在甲功测量室服药, 服药量为 1 粒 (10 $\mu\text{Ci}$ )。

④患者分别于服药后自行由核医学入口离开，待 2h、4h、6h、24h 时进入甲功测量室进行吸碘率的测定，然后打印报告，检查结束。患者服药后由东南侧出入口离开，不进入核医学科内患者通道，等检测时间到后患者进入甲功测量室进行测量，每次测量约 1min。

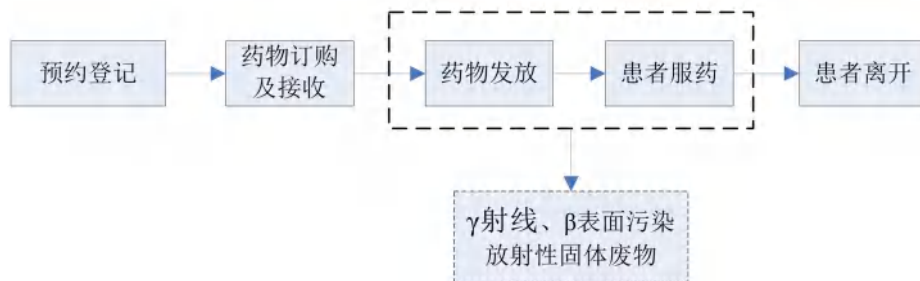


图 9.3 <sup>131</sup>I 甲吸测定治疗工艺流程及产污环节示意图

### (3) 药物操作及转移流程

医院根据病人预约情况提前向有资质的放射性药物供货商订药，由专用放射性药物运输车送达医院门诊医技楼一层甲功测量室储源防护柜内。患者按预约时间抵达后，进入甲功测量室听医生指挥取药，服药。甲亢病人服药后至甲亢留观室观察约 10min 后，如无异常情况，可离开医院。甲测患者服药后由患者入口直接离开。

### (4) 产污环节

<sup>131</sup>I 衰变过程中，有β和γ射线，其中γ射线是主要的污染因子。因该院使用的药物为固态胶囊，因此不会产生放射性气溶胶，病人在服药后即可离开，无排泄物等产生，因此不产生放射性废水。在整个流程中，储存、取药、服药等过程，可能造成手套、水杯等β表面沾污，因此会产生放射性固体废物（水杯、手套等）。

## 9.1.6 核医学科放免实验分析

放免实验分析法是指利用放射性核素标记的抗原与未标记的待测抗原同时与限量抗体发生竞争性抑制反应的放射性同位素体外微量分析方法，又称竞争性饱和分析法。一般试剂主要包括：抗体、标记抗原、标准品、质控品、分离试剂或材料及缓冲液。

本项目放免分析使用的核素是 <sup>125</sup>I，来源为外购，放免实验在核医学科入口放免室内进行。

放免实验分析的工作流程及产污环节如下：

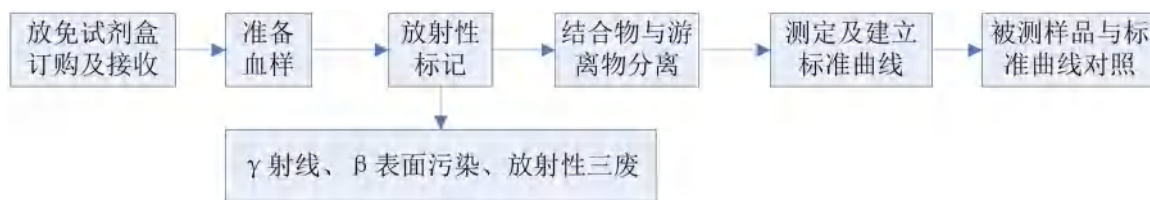


图 9.4 放免实验分析的工作流程及产污环节示意图

由放免实验分析的工作流程可知，主要污染源项为 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 表面污染及放射性“三废”。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）“6.2.8 规定，为体外放射免疫分析目的而使用含  $^{125}\text{I}$  核素的放射免疫分析试剂盒可在一般化学实验室进行”，因此无需专门防护。

### 9.1.7 $^{89}\text{Sr}$ 缓解骨转移癌疼痛

#### (1) 工作原理

在常见的恶性肿瘤中，肺癌、乳腺癌和前列腺癌等常发生骨转移。它们发生骨转移时，肿瘤细胞释放破骨激活因子，后者刺激破骨细胞对骨质的吸收，导致骨溶解破坏的发生。同时，肿瘤细胞能分泌一些治病介质，如前列腺素、乳酸等，导致顽固性疼痛。

$^{89}\text{Sr}$  主要用于骨转移癌的治疗，通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素或其标记物所发射出的射程很短的 $\beta$ 粒子，对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。骨转移瘤治疗的工作流程及产污环节如下：

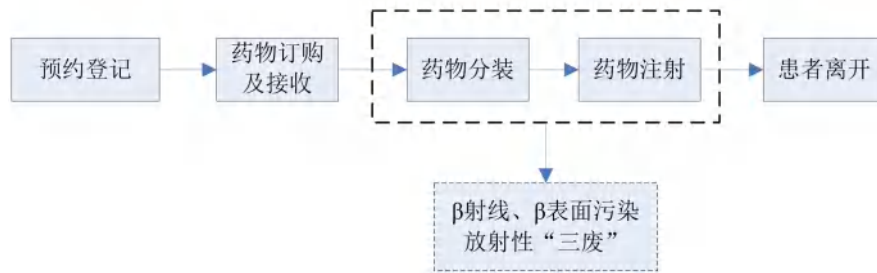


图 9.5 骨转移瘤治疗的工作流程及产污环节示意图

注射  $^{89}\text{Sr}$  开展骨转移瘤治疗的患者，提前由医师确定其治疗的用药量并约定治疗时间。在药物抵达并在分装、准备区工作台上进行药物分装，分装完成完成后，护士按要求在注射室给患者注射。注射药物后的患者无异常反应即可沿专用患者通道离开。

使用  $^{89}\text{Sr}$  开展骨转移瘤治疗的主要污染源项为药物衰变产生的 $\beta$ 射线、对工作台面地面等造成的表面污染，及放射性“三废”。

## 9.2 污染源项描述

表 9.5 本项目营运期主要污染因子一览表

污染源	主要污染因子	
乙级非密封放射性物质工作场所	电离辐射	X 射线、 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 表面污染
	固体废物	报废的发生器、废旧活性炭过滤装置、废药瓶、注射器、棉签、棉球、手套等放射性废物。
	废气	放射性药品配制和给药过程中产生的微量放射性气溶胶
	废水	病人排泄物和放射性药品操作过程的放射性去污洗涤液

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 项目布局

本项目核医学科位于门诊医技楼一层，该场所楼上为外科门诊，楼下为土层，核医学科东侧为医院户外、道路，南侧为体检科、西侧为门诊大厅、急诊，北侧为机房、户外通道及介入中心等。本项目核医学科边界外 50m 评价范围内分布人员主要是院内及楼内各科室的医院工作人员、前来就诊的病患、陪护人员。

核医学科主要包括源库、<sup>99m</sup>Tc 药物淋洗分药室、注射室、卫生通过间、缓冲间、运动负荷室、SPECT/CT 机房、注射后候诊室、SPECT/CT 留观室、洁具室等相功能用房、甲功测量室、放免室等功能用房。核医学科平面布置图见下图。



图 10.1 核医学科平面布置图（详图详见附图 4）

本项目核医学科走廊出入口防护门拟设置有门禁系统，满足 GBZ120-2020 “5.1.2 c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射”的要求。

本项目核医学科的分装和给药室医生出入口设有更衣、冲淋、缓冲间、并配备有检测仪器，满足 GBZ120-2020 “5.1.2 d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。”

本项目核医学科和其他工作区域相邻，但不相通，与四周及上下方的非放射性工作场所完全隔开。核医学科设有独立的出入口，可避免无关人员任意出入而受到不必要的辐射照射或扩大污染范围。

综上所述，本项目核医学科选址及布局符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）核医学科工作场所平面选址及布局的要求。

### 10.1.2 人流和物流的路径规划

为了减少交叉沾污，分别设置了医生通道和病人通道，医生出入口、病人入口、病人出口。乙级非密封放射性物质工作场所人流物流布置图见下图。



图 10.2 核医学科人流物流路径规划图（详图详见附图 7）

#### (1) 医护人员路径

①控制室医生由核医学科南侧通道通过医生办公室进入控制室，最后沿原路离开核医学科。

②分装、注射的医生由核医学科西侧门诊大厅经过一更、二更、缓冲间、进入源库、分药室、注射准备室、注射室，完成操作后沿原路经缓冲、二更、一更经卫生通过间检测合格后离开核医学科。

③甲功测量医生由核医学科东侧入口进入甲功测量室，最后沿原路离开。

#### (2) 患者路径

①<sup>99m</sup>Tc 患者---核医学科东侧入口---病人洁净走廊---病人入口（单向门）---注射室---注射后候诊室---SPECT/CT 机房---留观室---病人出口（单向门）出核医学。

②<sup>89</sup>Sr 患者---核医学科东侧入口---病人洁净走廊---病人入口（单向门）---注射室---病人专用走廊---病人出口（单向门）出核医学。

③<sup>131</sup>I 患者---核医学科东侧入口---甲功测量室---原路返回。

#### (3) 药物通道

<sup>99m</sup>Tc 药物由核医学科东侧入口进入分药室通风橱→注射准备室→注射室。

<sup>89</sup>Sr 药物由核医学科东侧入口进入源库→分药室→注射准备室→注射室。

<sup>131</sup>I 药物在每天上班之前由核医学科东侧入口直接运至甲功测量室储源防护柜内。

(4) 放射性废物通道：在污物间的废物桶内集中储存，需要运出的废物经药物通道运出。

核医学科出入口防护门拟设置有门禁系统，满足 GBZ120-2020 “5.1.2 c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射”的要求。

核医学科的人流、物流、药流均设置有单独路线，通过时间错位管理，互不交叉，满足 GBZ120-2020 “5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展”。

综上所述，本项目核医学科流线路径符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）核医学科工作场所平面布局的要求。

### 10.1.3 辐射屏蔽及相邻场所情况

核医学科各相关场所屏蔽情况见下表。

表 10.1 核医学科各相关场所屏蔽情况

序号	场所	方位	相邻场所	屏蔽材料及厚度
1	源库/污物间	东	缓冲间	300mm 钢筋混凝土
		南	男更	300mm 钢筋混凝土
		西	门诊大厅	300mm 钢筋混凝土
		北	新风机房	300mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科门诊候诊区	150mm 混凝土+3mmpb 铅板
		防护门	药物通道	6mmpb 手动平开防护门
2	分药室	东	注射准备室 运动负荷室	240mm 钢筋混凝土
		南	控制室 SPECT/CT 机房	240mm 钢筋混凝土
		西	缓冲间	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		北	药物通道	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室、走道	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护门	缓冲间	5mmpb 手动平开防护门
		防护窗	注射准备室	5 个铅当量铅玻璃



续表 10.1 核医学科各相关场所屏蔽情况

序号	场所	方位	相邻场所	屏蔽材料及厚度
3	注射准备室	东	注射室	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		南	SPECT/CT 机房	240mm 钢筋混凝土
		西	分药室	240mm 钢筋混凝土
		北	运动负荷室	240mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室、走道	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护窗（机房侧）	SPECT/CT 机房	5 个铅当量铅玻璃
		注射窗（注射室）	注射室	5 个铅当量铅玻璃
		防护门（北）	运动负荷室	5mmpb 手动平开防护门
		防护门（东）	注射室	5mmpb 手动平开防护门
4	注射室	东	病人走廊	240mm 钢筋混凝土
		南	SPECT/CT 机房	240mm 钢筋混凝土
		西	注射准备室	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		北	运动负荷室	240mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室、走道	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护门	病人走廊	5mmpb 手动平开防护门
5	运动负荷室	东	放免室	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		南	注射准备室、注射室	240mm 钢筋混凝土
		西	分药室、药物通道	240mm 钢筋混凝土
		北	室外	240mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护门（南）	病人走廊	5mmpb 手动平开防护门
		防护门（西）	药物通道	5mmpb 手动平开防护门
6	SPECT/CT 机房	东	VIP 候诊室、病人走廊	300mm 钢筋混凝土
		南	走廊	300mm 钢筋混凝土
		西	控制室	300mm 钢筋混凝土
		北	注射准备室、注射室	300mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室	150mm 混凝土+3mmpb 铅板
		防护窗	控制室	5 个铅当量铅玻璃
		防护门（病人）	病人走廊	5mmpb 电动门机联锁防护门
		防护门（医生）	控制室	5mmpb 手动平开防护门

续表 10.1 核医学科各相关场所屏蔽情况

序号	场所	方位	相邻场所	屏蔽材料及厚度
7	VIP 候诊室	东	注射后候诊室	240mm 钢筋混凝土
		南	走廊	240mm 钢筋混凝土
		西	SPECT/CT 机房	240mm 钢筋混凝土
		北	病人走廊	240mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护门	病人走廊	5mmpb 手动平开防护门
8	注射后候诊室	东	留观室	240mm 钢筋混凝土
		南	走廊	240mm 钢筋混凝土
		西	VIP 候诊室	240mm 钢筋混凝土
		北	病人走廊	240mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护门	病人走廊	5mmpb 手动平开防护门
9	留观室	东	新风机房	240mm 钢筋混凝土
		南	走廊	240mm 钢筋混凝土
		西	注射后候诊室	240mm 钢筋混凝土
		北	洁具间、甲功测量室	240mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	外科诊室	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护门（北）	病人走廊	5mmpb 手动平开防护门
		防护门（东）	出口	3mmpb 手动平开防护门
10	洁具间	东	甲功测量室	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		南	留观室	240mm 钢筋混凝土
		西	病人走廊	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		北	走廊	240mm 钢筋混凝土
		地板	土层	/
		顶板	走廊	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
11	甲功测量室	东	卫生间	370mm 实心砖+15mm 硫酸钡水泥
		南	留观室	240mm 钢筋混凝土
		西	洁具间	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡
		北	走廊	370mm 实心砖+15mm 硫酸钡水泥
		地板	土层	/
		顶板	走廊	150mm 混凝土+2mmpb 铅板
		防护门	病人洁净走廊	3mmpb 手动平开防护门

备注：表中的 2mmpb 硫酸钡为等效 2mm 铅当量。

### 10.1.4 通风设施

根据医院提供的设计资料，核医学科内设有独立的通风换气系统，保证工作场所内的通风良好。

送风系统：设有 1 组送风系统，由核医学科西侧通过送风管道输送新风到核医学科内各个功能室内。

排风系统：设计有机械排风系统 1 组，排风管道由东向西、由低活区至高活区分别顺序连接着甲功测量室、洁具间、留观室、注射后候诊室、VIP 候诊室、病人专用走廊、SPECT/CT 机房、注射室、注射准备室、分药室、通风橱、缓冲间、更衣室、污物间，通风橱装有排风装置（半开状态下排气风速应不小于 1m/s），排风管道引至源库西北角排风井，沿着排风井至门诊医技楼顶后，经高效活性炭过滤装置过滤后排放，排风口高于本建筑屋脊。

每组排风支管均安装止回阀，不存在回流现象，所有裸露管道包裹 3mm 铅皮，排风口高于本建筑屋顶 3m，并安装锥型防雨风帽。

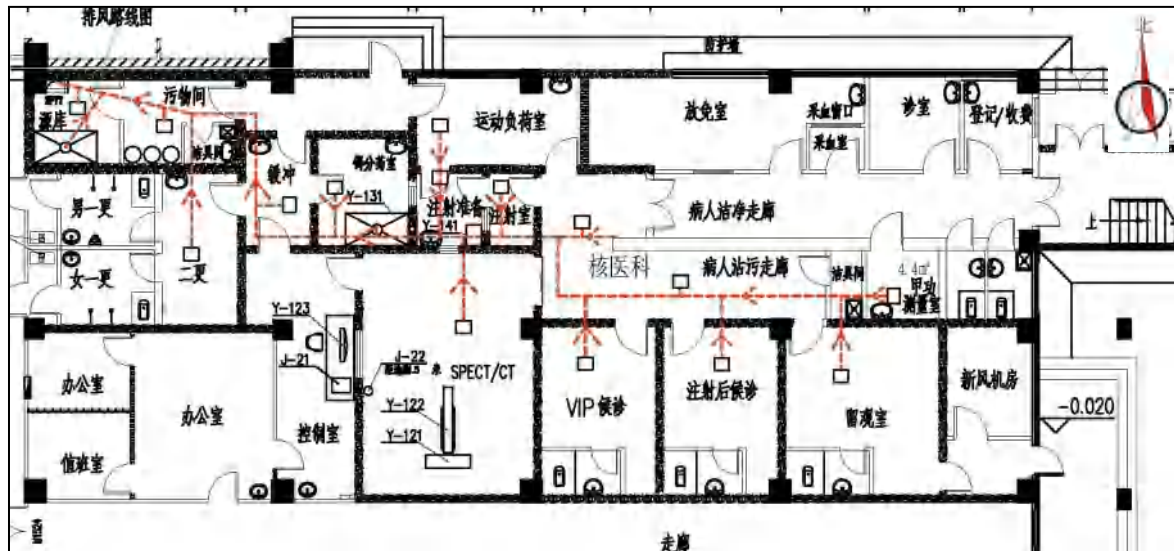


图 10.3 核医学科排风系统图（详图详见附图 9）

核医学科单独设置了 1 套排风系统，排风管道单独设置，排风经过活性炭吸附过滤后排放至竖井内专用排风管道，楼顶安装引风机，排至该楼的房顶上排放，且放射性药物合成、分装室设置有单独的专用排放系统，风速大于 1.0m/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

6.3 密闭和通风及 GBZ120-20205.2.3：核医学工作场所的通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。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。

### 10.1.5 排水设施

根据建设单位提供的资料，核医学科相应各个房间（甲功测量室、留观室、注射后候诊室、VIP候诊室、洁具间、运动负荷室、注射准备室、分药室、更衣、缓冲间、设置地漏及下水设施，经专用管道达到专用放射性污水处理系统进行衰变，放射性废水经过衰变池衰变后排入集水井然后接入医院总排水管网。

根据排水管道设计，各功能室放射性废水排水管汇集到排水总管后由南向北经患者专用走廊、穿过运动负荷室后进入室外衰变池。放射性废水管道位于一层室内，全部走地下，不外漏管道。室内的放射性废水管道敷设在地面下 750mm~950mm 深，上层密实覆土并地面铺装，裸露排水管设计采用 3mm 铅皮包裹或具备同等铅当量的铸铁管道。排水管道考虑到患者一次排出废液核素的总活度仅为服药量的一小部分，排出废液中的少量核素因受到马桶/便池的冲洗稀释，短时间流经某一固定区域时，废水中的放射性经过防护设计铅当量屏蔽后或覆土屏蔽后，对管道上方人员辐射剂量影响很低，因此核医学科排水管道对周围公众人员影响可以忽略不计。

核医学科放射性废液排放流向示意图见下图。

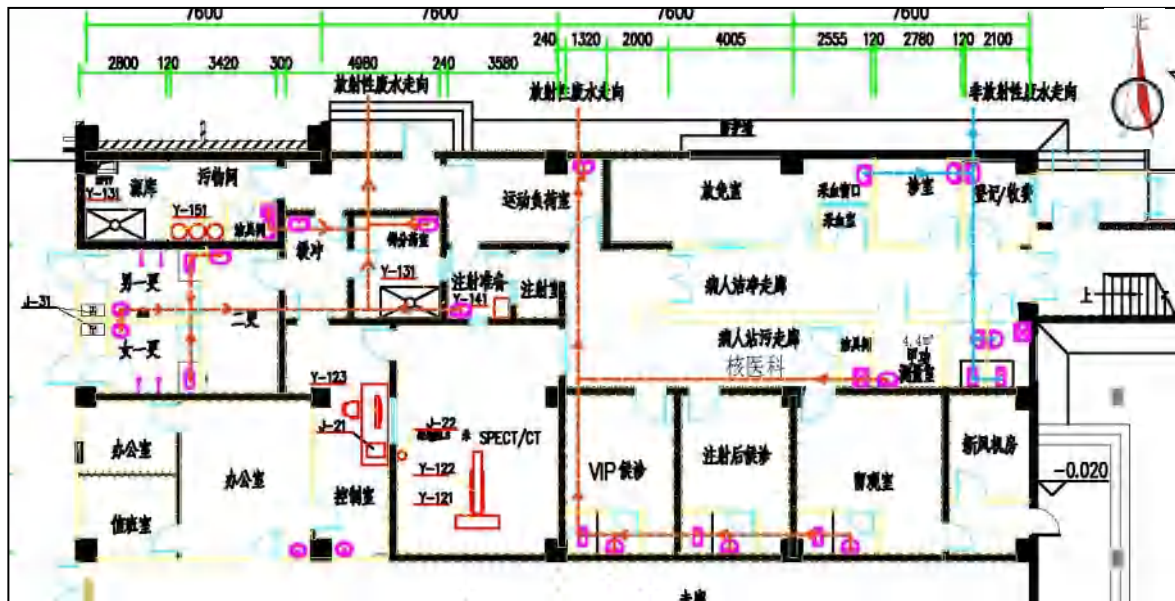


图 10.4 核医学科放射性废液排放流向示意图（详图详见附图 8-1）

放射性废水处理系统包括过滤池 1 个，衰变单元 3 个（单个净容积 21.875m<sup>3</sup>），排水单元 1 个（净容积 3.5m<sup>3</sup>）。

衰变池具体工作原理为：放射性区域废水流入集水坑，经 1#2#潜水泵打入过滤池，过滤池内的废水以自流形式流入衰变区域，此时 A1 电动阀打开，废水流入 1#衰变池，其内置液位计检测经检测达到预设高液位时经 PLC 处理信号此时关闭 A1 电动阀开始计时，同时开启 A2 电动阀，放射性废水流入 2#衰变池，依次循环自流入 3#衰变池，当 3#衰变池达到高液位时再次排入 1#衰变池

（此时为排空状态，若非排空则强制排空）完成进水一个循环。当 1#衰变池达到高液位后计时时间达到其衰变周期后 1#潜水泵开启，将衰变完成的废水排入集水井（集水井接入市政排水管网），同理 2#、3#衰减池排水过程。

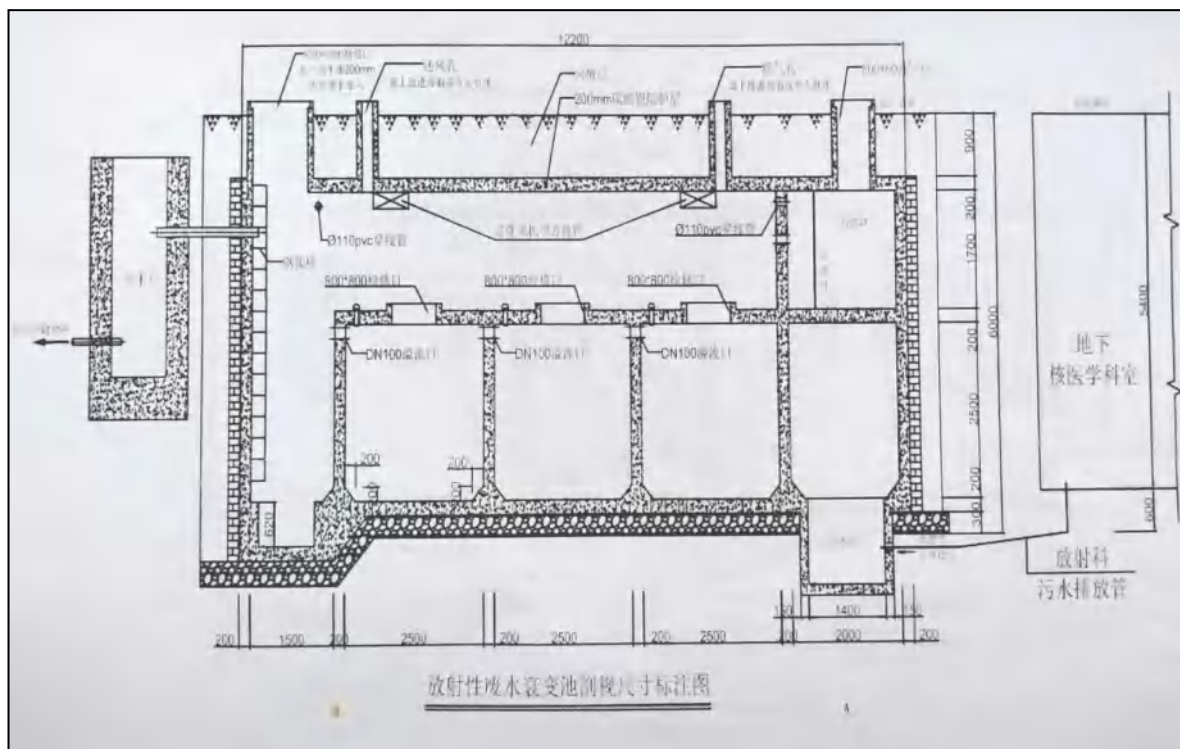


图 10.5 衰变池结构示意图（详图详见附图 8-2）

### 10.1.6 乙级非密封放射性物质工作场所的污染防治措施

#### 10.1.6.1 场所安全措施

（1）电离辐射警示标识：拟在核医学科入口（医生通道、患者通道）处、患者通道出口处、扫描室、通风橱、废物桶等位置设置电离辐射警示标志、标识和说明。

（2）SPECT/CT 机房内及控制室拟安装对讲和视频设备，门上安装工作指示灯。

（3）场所内应有明显的标识和文字说明，说明注药后的诊断流程和在通道内的走向。

（4）在核医学科内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

（5）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，室内地面与墙壁应采用易去污防渗的材料，地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。操作后及时对工作台、设施、地面等进行表面污染检查和去污工作。

（6）各功能场所的保洁用品不得重复使用，也不得相互交叉使用。

（7）加强对未注射药物病人的管理，避免与注射药物的病人发生交叉接触

（8）药物

①源库需具备防盗、防水、防火功能，并应有电离辐射标志。

②对放射性物质源库设置摄像监控报警系统，保证放射性药物存放必须安全，应专人负责，存取记录要详细、清晰。

③对未用完已没有医用价值的其它放射性药品（统称为废原液），医院要严格控制其产生，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。

④辐射工作人员应正确穿戴好所需要的个人防护用品，不允许用裸露的手直接接触药品。

⑤按需要量订购同位素，核医学科专门人员负责点对点接收同位素，清点数量，登记放射性药品台账。

#### （9）源库

①源库放射源贮存柜不得存放其他物品，实施双人双锁的严格管理。

②贮存的放射性物质应及时登记建档，放射性物质每次出入库应进行登记。并专人负责，存取记录要详细、清晰。

③场所应采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露的措施，应安装 24 小时摄像监控及防盗报警装置。

④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，每次提取放射性物质应只限于需用的部分。不再使用的放射性物质，应立即送回原地储存。

⑤放射性物质贮存室或存储柜应定期进行放射防护监测，并记录存档。

⑥对未用完已没有医用价值的其它放射性药品（统称为废液），医院要严格控制其产生，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。

⑦辐射工作人员操作放射性核素时，尽可能保持固定或移动的屏蔽状态，并正确穿戴好个人防护用品，不允许用裸露的手直接接触药品。

#### （10）场所分区标识

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，医院拟将核医学科辐射工作场所划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，防护分区见下图。

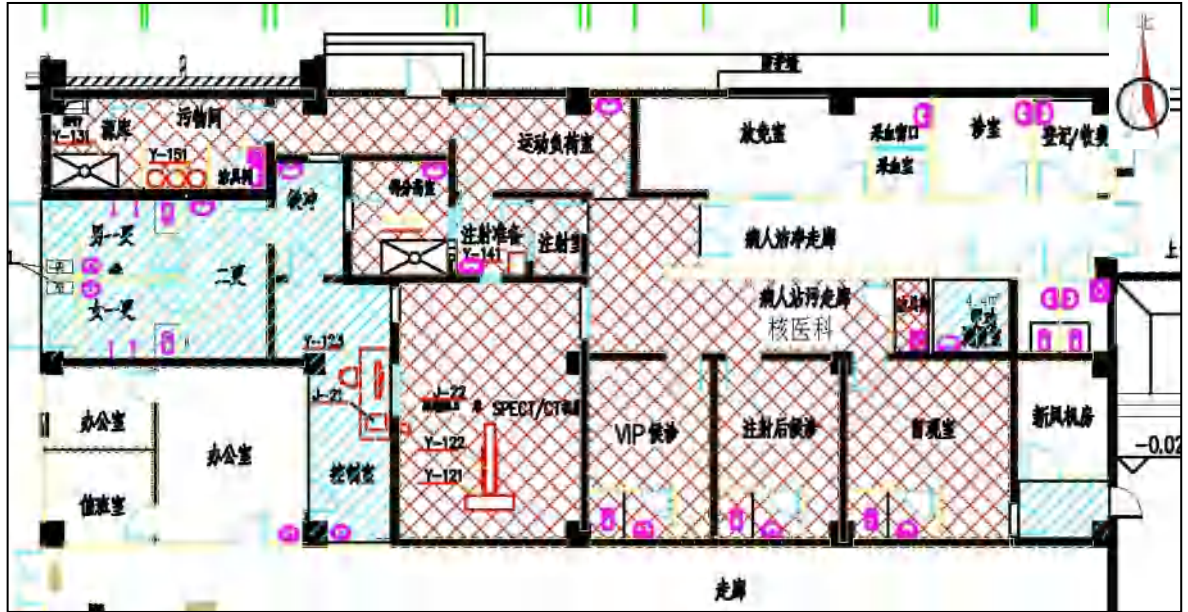


图 10.6 核医学科辐射工作场所辐射防护分区图（详图详见附图 5）

(11) 具体分区管理措施如下：

①严格限制无关人员进出控制区，在正常工作过程中，区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，患者也不应随便离开该区。

②控制区采用红色警示线划分，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

③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。

④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。

⑤在控制区去除任何物品均应进行表面污染水平检测，不超标方可带出控制区。

⑥在监督区入口处的适当位置设立表明监督区的标牌，定期检查监督区的辐射剂量，监督区采用黄色警示线划分。

(12) 衰变池划为控制区，衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。衰变池的排放口预留废液取样口，并在排放口设置标志牌。

(13) 放射性三废实行专人管理，建立台账，记录监测结果和排放时间并存档备案。

### 10.1.6.2 安全防护设施

核医学科拟配备防护设备具体见下表所示。

表 10.2 核医学科防护设备

序号	种类名称	设置场所	数量	铅当量
1	双联通风橱	分药室	1 个	20mmPb
2	通风橱（利旧）	源库	1 个	20mmPb
3	放射性废物存放桶	污物间	1 个	10mmPb
4	废物桶	源库 1 个、分药室 1 个、注射准备室 1 个、注射室 1 个、SPECT/CT 机房 1 个、注射后候诊室 2 个、VIP 候诊室 1 个、留观室 2 个、甲功测量室 1 个、运动负荷室 1 个、放免室 1 个、	13 个	10mmPb
5	注射器防护套	注射室	2 个	10mmPb
6	药物转运屏蔽盒	/	2 个	<sup>89</sup> Sr: 20mmPb; <sup>99m</sup> Tc: 10mmPb
7	移动式升降注射防护车	注射室/注射准备室	1 套	20mmPb
8	储源防护箱（保险柜）	甲功测量室	1 个	10mmPb
9	移动式铅屏风	SPECT/CT 机房	2 个	2mmPb
10	移动式铅屏风	注射后候诊室	3 个	4mmPb
11	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等	/	5 套	0.5mmPb
12	工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	/	按需购买	/
13	便携式辐射剂量监测仪	/	1 台	/
14	表面污染测量仪	/	2 台	/
15	活度计	分药室	1 个	/
16	个人剂量报警仪	/	5 个	/
17	热释光个人剂量计	/	每人配备	/

### 10.1.6.3 应急物资

- (1) 配备去污用品和试剂，且控制区、监督区的的洗刷用品应分别配备、分别使用。
- (2) 配置应急处理工具。
- (3) 配置必备的警示标志和标志线。
- (4) 配置合适的灭火器材。
- (5) 配置放射性药物应急包装容器。



## 10.2 三废的治理

### (1) 放射性固体废物

放射性固体废物主要有：病人注射使用后的空药瓶、产生的注射器、棉棒、一次性手套等。

#### ① 固体放射性废物收集

A、固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送废物间，并放入专用容器中贮存。废物桶应避开工作人员操作和经常走动的地方。

B、含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

C、放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h 或满足小于  $1 \times 10^5 \text{Bq/kg}$  的标准要求。 $\beta$ 表面沾污应不大于  $0.4 \text{Bq/cm}^2$ 。

D、依据废物的形态、可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集废物。对注射器和破碎的玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋中。

E、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。

F、收集的放射性固体废物存到专用废物桶内（铅桶），并规范张贴标签，存放到固废间内暂存。各类放射性固体废物暂存时间应满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求后，经检测合格后作为医疗废物处理。

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，并详细记录“放射性固废暂存、处置管理台账”，内容包括放射性固废种类、核素名称、重量、暂存起始时间、暂存截止时间、表面污染监测结果、辐射剂量率监测结果、是否符合解控要求、废物处置时间、处置操作人员、部门负责人审核、废物去向等，每袋放射性固废填写一行记录，详细跟踪固废的处理方式和最终去向，切实做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

#### ② 固体放射性废物贮存

A、放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

B、废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。

容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

C、废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

D、将放射性固体废物集贮存在固废间的污物桶内，废物经检测达标，其活度低于标准要求，可作为普通医疗废物处理。

E、另外，对未用完已没有医用价值的其它放射性药品（统称为废原液），医院要严格控制其产生，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，对于残余的微量余液，应注入存放在原容器内，按放射性固体废物经检测达标后处理。

## （2）放射性废水处理系统

### ①放射性废液收集

A、核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

B、核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

C、放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

D、核医学科注射药物后病人候诊室、留观室设置的病人卫生间，仅供给药后患者使用，其他人不得使用。病人卫生间下水及去污洗涤液排至衰变池。

### ②放射性废液贮存

A、经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

B、槽式废液衰变池由过滤池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为3组槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。在排放口设置标志牌。

### ③放射性废液排放

对于槽式衰变池贮存方式：

A、所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；

B、所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期，监测结果经审管部门认可后，按照 GB 18871 中 8.6.2 规定方式进行排放，总 $\beta$ 不大于 10Bq/L。

C、每次排放应将废水排至流量大于 10 倍排放量的普通下水道，每月排放总活度或每次排放活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限值要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。

D、放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

E、定期委托有资质的单位进行监测。

### (3) 医院放射性废气排放措施

①核医学工作场所应保持良好的通风，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。

②放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、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。

③通风橱应有足够的通风能力。通风橱的管道应为独立的管道且在半开状态下风速不小于 0.5m/s。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。

④进、排风口设计：高进低排，排风口靠近污染源，进风口远离污染源。

⑤为了保证本建筑排风顺利且保证房间的负压要求，设置机械补风系统的送风量小于等于排风量的 60%，送风系统单独采集分别配送至各个有排风要求的房间。

⑥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。更换滤材操作安排在停机 24h 后进行，并做好辐射监测和个人防护工作。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

核医学科使用的放射性同位素为非挥发性核素，分装、注射等均在负压条件下进行，操作简单，因此，放射性气体污染极低。本项目废气治理措施满足相关标准、规定要求，废气排放浓度极低，废气排放口设置在屋顶，不会对周围环境造成明显影响。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本次乙级非密封放射性工作场所，于 2014 年 2 月 28 日取得原山西省环境保护厅的环评批复，批复文号晋环函【2014】257 号。医院在取得环评批复并按照原环评要求进行了建设，但建设完成后医院一直未开展核医学诊疗项目。

本次改造仅为部分隔墙、设备改造等，建设期主要为非放射性影响，主要体现在：

- (1) 废气：场所改造过程中，拆除墙体、运输原材料产生的扬尘、废气。
- (2) 废水：施工过程中，主要为施工人员的生活污水。
- (3) 固体废物：施工过程中产生的拆除的建筑垃圾、材料边角料、废弃材料。
- (4) 噪声：施工过程中使用电钻等施工设备产生的噪声。

#### 11.1.1 废气

施工期大气污染物主要来源于施工扬尘。

施工产生的扬尘主要是在建筑垃圾与建材的装卸、搅拌、运输过程中，由于外力而产生的尘粒再悬浮而造成，其中施工及装卸车辆造成的扬尘最为严重。

#### 11.1.2 废水

施工过程产生的废水主要为施工人员生活污水，施工人员生活污水排入医院污水管网。

#### 11.1.3 固体废物

施工过程产生的固体废物：主要为建筑垃圾和生活垃圾，包括拆除现有建筑产生的弃渣、损坏或废弃的各类建筑装饰材料、废弃的混凝土、水泥和砂浆等，建筑垃圾也应定点存放集中处置。

要求项目将施工过程中产生的建筑垃圾倾倒时必须到环卫部门指定的弃渣场，不得随意倾倒。

#### 11.1.4 噪声

施工噪声主要来自于拆除过程和新建过程不同作业的机械产生的噪声和振动。

施工期声环境保护措施：施工现场合理布局，在施工过程中要合理安排施工时间，晚 10:00 以后至次日早晨 6:00 禁止施工。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 核医学各核素使用情况

- (1) 核医学科放射性核素参数及使用情况

表 11.1 核医学科放射性核素参数及使用情况一览表

核素名称	半衰期	理化性状	射线类型	单人用量 (Bq)	日最大接诊(人)	日最大操作量 (Bq)	频次	年最大操作量 (Bq)
<sup>99m</sup> Tc	6.02h	液态	γ	9.25×10 <sup>8</sup> (25mCi)	20	1.85×10 <sup>10</sup>	300d	5.55×10 <sup>12</sup>
<sup>131</sup> I	8.04d	固态	γ、β	3.7×10 <sup>5</sup> (10μCi)	20	7.4×10 <sup>6</sup>	300d	2.22×10 <sup>9</sup>
<sup>125</sup> I	59.4d	固态	γ、β	1.10×10 <sup>3</sup>	100	1.10×10 <sup>5</sup>	300d	3.30×10 <sup>7</sup>
<sup>89</sup> Sr	50.5d	液态	β	1.48×10 <sup>8</sup> (4mCi)	2	2.96×10 <sup>8</sup>	300d	8.88×10 <sup>10</sup>

(2) β射线影响分析:

β射线在物质中最大射程可由下式计算:

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\beta \max}$$

式中:  $d$ —最大射程, cm;  $\rho$ —防护材料的密度, g/cm<sup>3</sup>;  $E_{\beta \max}$ —电子最大能量, MeV。

<sup>89</sup>Sr 只发射β射线, 最大能量为 0.5846MeV。代入上述公式可知, β射线在混凝土 (2.35g/cm<sup>3</sup>) 的最大射程约为 0.124cm, 因此 <sup>89</sup>Sr 核素对周围环境影响十分轻微, 可忽略不计。

(3) 本项目放免分析实验使用 <sup>125</sup>I 核素, 在一般实验室即可满足其辐射屏蔽要求, 对周边环境的影响基本可以忽略不计。

本项目单个甲功测定患者 <sup>131</sup>I 用量最大仅为 10μCi (3.7×10<sup>5</sup>Bq), 远低于 <sup>131</sup>I 患者出院时 <sup>131</sup>I 体内放射性核素活度要求 400MBq (4.0×10<sup>8</sup>Bq), 不到 <sup>131</sup>I 患者出院时 <sup>131</sup>I 体内放射性核素活度要求的 1/1000, 服药后即可直接离开, 对环境影响较小。

本次主要针对 <sup>99m</sup>Tc 及甲功测量室进行计算分析。

## 11.2.2 γ辐射环境影响分析

### 11.2.2.1 辐射剂量率及屏蔽分析

辐射防护屏蔽计算公式

$$H_p = \frac{A \times \Gamma}{R^2} \times 10^{\frac{x}{\mu}}$$

式中:  $R$ ——考查点到γ源的距离 (m);

$H_p$ ——距离  $R$  米处的剂量率 (μSv/h);

$A$ ——源的活度 (MBq);

$\Gamma$ ——照射量率常数 (μSv·m<sup>2</sup>/MBq·h);

$x$ ——屏蔽厚度 (mm);

TVL——屏蔽材料的十值层厚度（mm）。

表 11.2 TVL 相关参数选取表

核素	周围剂量当量率常数 ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ )	铅 (mm) ( $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ )	砖 (mm) ( $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ )	混凝土 (mm) ( $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ )
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.0303	1	160	110
$^{131}\text{I}$	0.0595	11	240	170

核医学科控制区范围内，除辐射工作人员因诊断治疗需要偶尔进入，无受检患者以外的其他人员活动，且受检者均为用药后的患者，本身可视为移动放射源，因此根据距离屏蔽、防护屏蔽的原则，在对核医学科开展剂量分析时，主要考虑核医学科控制区边界功能用房对周边关注点的辐射影响。

核医学科正常运行时，药物的暂存等过程均在相应储源防护箱、通风橱等专用屏蔽设备内进行，运行过程中产生的放射性固体废物活度较小，均收集于专用铅桶内。相应屏蔽设备均具备足够的铅当量，且放置在固定的核医学科场所内屏蔽，对辐射工作场所外环境基本不产生影响，故本项目不再对源库、污物间、分药室、洁具间、污物间、缓冲间、铅桶等进行屏蔽计算。

本项目计算均将用药后的患者视作理想点源，点源距离地面的高度为 1m，位于房间中央位置考虑；墙体厚度按 0.3m 考虑；计算控制区边界功能用房对周边关注点的辐射影响时，一般选取四周屏蔽墙外 0.3m 处，楼上距离按上层顶棚地面上方 1m 处考虑计算。

#### 11.2.2.2 工作场所辐射水平分析及预测

##### (1) 候诊室、留观室

本项目核医学科拟 1 间注射后候诊室，1 间 VIP 候诊室，1 间留观室，均为  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  患者候诊。SPECT/CT 每次仅能扫描一个病人，对于  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  患者，病人注射药物经过一段时间的等待，药物活度已经小于  $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$  (25mCi)，偏保守的角度仍按单个病人  $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$  (25mCi)  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的点源计算。注射后候诊室按 4 个  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  病人同时等待或观察进行计算分析，VIP 候诊室按照 1 个  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  病人进行计算分析。根据医院提供信息，并非每个病人扫描后均需留观，病人扫描后根据实际情况，如有需要时才在留观室进行观察。因此留观室内按照 2 人同时留观考虑进行计算分析。

(2) 根据上述公式及相关参数，核医学科各工作用房屏蔽设计核算结果见下表。

表 11.3 核医学科各工作用房四周辐射剂量率计算结果

场所名称	屏蔽体	R (m)	屏蔽材料及厚度	关注点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	符合性分析
注射准备室 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $25\text{mCi}$	东墙体外 0.3m	1.7	120mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡	1.72E-02	符合
	其他墙体外 0.3m	1.6	240mm 钢筋混凝土	7.20E-02	符合
	防护门外 0.3m	1.7	5mmPb 手动平开防护门	9.70E-05	符合
	屋顶	4.8	150mm 混凝土+2mmPb 铅板	5.27E-04	符合
注射室 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $25\text{mCi}$	西墙体外 0.3m	1.3	120mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡	2.95E-02	符合
	其他墙体外 0.3m	1.3	240mm 钢筋混凝土	1.09E-01	符合
	防护门外 0.3m	1.3	5mmPb 手动平开防护门	1.66E-04	符合
	屋顶	4.8	150mm 混凝土+2mmPb 铅板	5.27E-04	符合
注射后 候诊 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $4*25\text{mCi}$	墙体外 0.3m	2.3	240mm 钢筋混凝土	8.20E-02	符合
	防护门外 0.3m	3.0	5mmPb 手动平开防护门	1.25E-04	符合
	屋顶	4.8	150mm 混凝土+2mmPb 铅板	2.11E-03	符合
VIP 候诊 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $25\text{mCi}$	墙体外 0.3m	2.3	240mm 钢筋混凝土	2.05E-02	符合
	防护门外 0.3m	3.0	5mmPb 手动平开防护门	3.11E-05	符合
	屋顶	4.8	150mm 混凝土+2mmPb 铅板	5.27E-04	符合
运动负 荷室 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $25\text{mCi}$	东墙体外 0.3m	1.9	120mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡	1.38E-02	符合
	其他墙体外 0.3m	1.9	240mm 钢筋混凝土	5.11E-02	符合
	防护门外 0.3m	1.9	5mmPb 手动平开防护门	7.76E-05	符合
	屋顶	4.8	150mm 混凝土+2mmPb 铅板	5.27E-04	符合
SPECT/ CT 机房 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $25\text{mCi}$	墙体外 0.3m	3.2	300mm 钢筋混凝土墙	5.13E-03	符合
	观察窗外 0.3m	3.2	5mmPb 铅玻璃	2.74E-05	符合
	患者防护门 外 0.3m	3.2	5mmPb 电动门机联锁防护门	2.74E-05	符合
	医生防护门 外 0.3m	3.2	5mmPb 手动平开防护门	2.74E-05	符合
	屋顶	4.8	150mm 混凝土+3mmPb 铅板	5.27E-05	符合
留观室 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ $2*25\text{mCi}$	墙体外 0.3m	3.2	240mm 钢筋混凝土	6.75E-02	符合
	防护门外 0.3m	3.2	5mmPb 手动平开防护门	5.47E-05	符合
	屋顶	4.8	150mm 混凝土+2mmPb 铅板	1.05E-03	符合

续表 11.3 核医学科各工作用房四周辐射剂量率计算结果

场所名称	屏蔽体	R (m)	屏蔽材料及厚度	关注点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	符合性分析
甲功测量室 $^{131}\text{I}$ $10\mu\text{Ci}$	东	1.6	370mm 实心砖+15mm 硫酸钡水泥	2.00E-04	符合
	南	1.6	240mm 钢筋混凝土	2.72E-06	符合
	西	1.6	120mm 实心砖+2mmpb 硫酸钡	3.33E-04	符合
	北	1.6	370mm 实心砖+15mm 硫酸钡水泥	1.26E-05	符合
	顶板	4.8	150mm 混凝土+2mmpb 铅板	6.38E-07	符合
	防护门	1.6	3mmpb 手动平开防护门	2.34E-03	符合

经核算，核医学科各功能房间屏蔽墙外的周围剂量当量率均能够满足 GBZ120-2020 中“在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”及 HJ1188-2021 中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。

### (3) SPECT/CT 机房 X 射线影响分析

#### ① 《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020 标准符合性分析

本项目放射性药物使用场所 PET/CT、SPECT/CT 机房在 CT 操作时会产生一定的 X 射线，拟采取的辐射防护措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求对比见下表所示。

表 11.4 SPECT/CT 机房的屏蔽防护铅当量及面积要求一览表

项目	铅当量 (mm)	有效使用面积 ( $\text{m}^2$ )	单边长度 (m)
标准要求	2.5	30	4.5
SPECT/CT 实际情况	墙体：300mm 钢筋混凝土 (>2.5mm 铅当量)； 防护门：5mmpb 铅门； (>2.5mm 铅当量) 观察窗：5mm 铅当量铅玻璃； (>2.5mm 铅当量) 顶棚：150mm 混凝土+3mm 铅板 (>2.5mm 铅当量)； 地面：土层。	38.27	5.2
符合性	符合	符合	符合

通过上表可知，SPECT/CT 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。因此，可推断 SPECT/CT 机房周围环境辐射水平能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。



②SPECT/CT 射线叠加影响

SPECT/CT 进行 CT 扫描时，场所周围存在 CT 散射与患者释放的 $\gamma$ 射线的叠加辐射贡献。本项目设备最大管电压 130kV，参考西门子厂家某 CT 在 140kVp 工况下 CT 周围的剂量率分布曲线，1 m 处的杂散辐射为 0.052 $\mu$ Gy/mAs（垂直）和 0.051 $\mu$ Gy/mAs（水平），CT 扫描通常不超过 300mA，故 1m 处的杂散辐射剂量率最高约 56.16mGy/h。其他型号设备的 CT 散射辐射水平也在相同量级。

表 11.5 PET/CT、SPECT/CT 机房叠加 CT 影响墙外剂量率估算

房间	部位	屏蔽	距离 (m)	X 射线剂量率贡献值( $\mu$ Sv/h)	$\gamma$ 射线剂量率贡献值( $\mu$ Sv/h)	合计 ( $\mu$ Sv/h)
SPECT/CT 机房	墙体外 0.3m	300mm 钢筋混凝土墙	3.2	<0.001	5.13E-03	<0.01
	观察窗外 0.3m	5mmpb 铅玻璃	3.2	<0.001	2.74E-05	<0.001
	防护门外 0.3m	5mmpb 防护门	3.2	<0.001	2.74E-05	<0.001
	屋顶	150mm 砷+3mmpb 铅板	4.8	<0.001	5.27E-05	<0.001

根据上表可知，本项目 SPECT/CT 机房屏蔽防护在 CT 散射与患者释放的 $\gamma$ 射线的叠加辐射影响，均满足小于 2.5 $\mu$ Sv/h 标准限值要求。

(4) 防护通风柜屏蔽效能核算

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、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 $\mu$ Sv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 $\mu$ Sv/h。

本项目使用  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器制备制备  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，发生器本身自带铅屏蔽，由送药单位送至医院核医学淋洗间通风橱内，主要辐射影响来自于核素发生器的使用（淋洗、稀释、标记、分装）。 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器淋洗以及分装过程中， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素衰变产生能量为 0.140MeV 的 $\gamma$ 射线，可能会对周围环境和工作人员产生辐射影响。本项目  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器的淋洗操作及药物分装均置于 $^{99}\text{Mo}$ -淋洗间的通风柜内进行， $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器通风柜防护铅当量为 20mmPb。操作时，工作人员距离发生器约 50cm， $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器每天最大淋洗药物量为  $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

本项目甲功测量，使用固态胶囊，每人 10 $\mu$ Ci，一天最大约 20 人。存放药物的储源防护箱是由铅及 304 不锈钢特制而成，内外双层不锈钢，带有方便快速打开或关闭的平开式防护门，配有双锁控制，用于安全暂存放射性源，铅屏蔽：10 mm Pb，尺寸：650mm(H) \*500mm(W) \*400mm(D)。

根据公式计算通风柜表面 0.3m 处、工作人员淋洗、分装操作位处剂量率，计算结果见下表。

表 11.6 通风橱表面及工作人员淋洗、转运处、储源防护柜表面剂量率

关注点		操作核素活度 MBq	周围剂量当量率常数 (裸源) $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	预测点与放射源的 距离 m	屏蔽厚度 mmPb	剂量率 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 通风橱	工作人员淋洗分装位置	18500	0.0303	0.3	20+0.25	3.50E-17
	通风橱 0.3m			0.6	20	1.56E-17
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	工作人员转运药物	925	0.0303	0.5	10.25	6.30E-09
$^{131}\text{I}$	储源防护箱	7.4	0.0595	0.5	10	0.11

$^{99\text{m}}\text{Tc}$  按照每天淋洗、分装一次估算。考虑工作人员穿戴 0.25mmPb 的防护用品。

根据上表核算， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  通风橱处周围剂量当量率满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的要求；

### 11.2.2.3 有效剂量分析

有效剂量估算公式为： $H=D\cdot T\cdot Q\cdot W_R\cdot W_T$

式中：H—射线所致有效剂量，Sv；

D—贯穿辐射剂量率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

T—受照时间，h；

Q—吸收剂量率转换成有效剂量当量率的转换因子，取  $1(\text{Sv}/\text{h}) / (\text{Gy}/\text{h})$ ；

$W_T$ —组织权重因数，偏安全考虑取 1；

$W_R$ —辐射权重因数，取 1。

#### (1) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 部分

① $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器淋洗制备、质控、分装  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、放射性药物转运及注射所致工作人员年附加有效剂量（由 1 位工作人员操作完成）

本项目  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器淋洗制备  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，根据医院提供的资料，本项目 SPECT/CT 显像检查使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  每天淋洗一次，一年共淋洗 300 次，每次淋洗、质控时间约 20min，全年淋洗、质控  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的时间约 100h，发生器淋洗在带有排风装置的通风柜内进行，淋洗过程中工作人员穿戴 0.25mm 铅当量的铅衣等防护用品，其操作位处的剂量率为  $3.50\times 10^{-17}\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，则  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗、质控过程中工作人员的年附加有效剂量为  $3.50\times 10^{-18}\text{mSv}/\text{a}$ 。

$^{99m}\text{Tc}$  药物由钼铯发生器制备完成后，需要在通风柜内进行分装，工作人员分装操作位处剂量率为  $3.50 \times 10^{-17} \mu\text{Sv/h}$ ，年检查患者 6000 人次，每人分装时间按 1min 计，年分装时间为 100h，则分装过程所致工作人员的年附加有效剂量为  $3.50 \times 10^{-18} \text{mSv/a}$ 。

$^{99m}\text{Tc}$  药物转运：本项目 SPECT/CT 使用  $^{99m}\text{Tc}$  药物进行显像检查，每天检查人数为 20 人次，全年检查人数 6000 人，药物转运时间均按 20s/人计，全年累计约 33.3h。每名患者最大药物用量为 925MBq，则可知距放射性药物 0.5m 处的辐射剂量率约为  $6.30 \times 10^{-9} \mu\text{Sv/h}$ 。则工作人员药物转运过程年附加有效剂量为  $2.09 \times 10^{-10} \text{mSv/a}$ 。

SPECT/CT 药物注射：注射  $^{99m}\text{Tc}$  药物时间均按 1min/人计，全年累计约 100h。每名患者最大药物用量为 925MBq，工作人员在不小于 8mm 当量的一体化注射窗后给患者注射后给患者注射药物，则屏蔽后剂量率为  $1.12 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$ 。则药物注射工作人员年附加有效剂量为  $1.12 \times 10^{-7} \text{mSv/a}$ 。

综上， $^{99m}\text{Tc}$  发生器淋洗制备、质控、分装  $^{99m}\text{Tc}$ 、放射性药物转运及注射所致工作人员年附加有效剂量为  $1.12 \times 10^{-7} \text{mSv/a}$ 。

#### ②SPECT/CT 显像检查所致工作人员年附加有效剂量（两人轮流操作完成）

$^{99m}\text{Tc}$  患者摆位：根据医院提供的资料，每天最多检查 20 人次。患者注射  $^{99m}\text{Tc}$  药物后，经候诊室候诊后，进入 SPECT/CT 显像检查室进行检查。此过程中，工作人员需穿戴防护用品（0.25mm 铅当量铅衣）指导患者进行摆位，每位患者摆位按 2min 计，一年最多 6000 位患者，则全年摆位时间为 200h（2 人轮流操作，每人 100h）。机房内用药后患者视为“点源”，按  $^{99m}\text{Tc}$  单次最大注射 25mCi（925MBq）进行预测，距离用药患者用药后体外 1m 处的  $\gamma$  辐射剂量率为  $15.76 \mu\text{Sv/h}$ 。则摆位所致辐射人员年附加有效剂量为  $1.57 \text{mSv/a}$ 。

SPECT/CT 显像检查过程，工作人员在控制室内进行操作，每人扫描时间约 20min，则全年扫描时间为 2000h（2 人轮流操作，每人 1000h）。保守考虑，注射  $^{99m}\text{Tc}$  药物的病人检查时，工作人员操作位置处剂量率取观察窗表面 30cm 处剂量率  $0.001 \mu\text{Sv/h}$  进行计算，则显像检查过程中所致工作人员年附加有效剂量为  $1.0 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

综上，SPECT/CT 显像检查所致工作人员年附加有效剂量为  $1.57 \text{mSv/a}$ 。

#### （2）甲功测定工作人员年附加有效剂量（1 人操作完成）

甲功测量患者服药后（ $10 \mu\text{Ci}$ ）直接离开核医学，等检测时间到后患者由核医学科入口进入甲功测量室进行测量，每天 20 人次，取药、服药指导每次约 1min，辐射剂量率取储源防护柜表面剂量率  $0.11 \mu\text{Sv/h}$ ，每次测量约 1min，每人测量 4 次，全年检查 6000 人，保守考虑，服药后患者视为“点源”，且不考虑药物衰变情况，按单次用药  $10 \mu\text{Ci}$ （ $0.37 \text{MBq}$ ）进行预测，距离用药患者用药后体外

0.5m 处的 $\gamma$ 辐射剂量率为  $0.0881\mu\text{Sv/h}$ 。则甲功测定所致辐射人员年附加有效剂量为  $0.046\text{mSv/a}$ 。

综上，本项目 SPECT/CT 显像检查及  $^{131}\text{I}$  甲功测定所致工作人员的剂量统计详见下表所示。

表 11.7 核医学科显像检查过程辐射工作人员附加剂量统计表

工作场所	工作岗位	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	全年累计工作时间 (h)	岗位人数 (人)	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
SPECT/CT 场所	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 淋洗、质控	$3.50\times 10^{-17}$	100	1	$1.12\times 10^{-4}$
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 分装	$3.50\times 10^{-17}$	100		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 转运	$6.30\times 10^{-9}$	33.3		
	注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.12\times 10^{-6}$	100	2	1.57
	摆位	15.76	200		
	扫描	0.001	2000		
$^{131}\text{I}$ 场所	取药、服药指导	0.11	100	1	0.046
	甲功测定	0.0881	400		

以上估算是在工作人员在最简单防护措施、且不考虑药物活度衰减情况下的计算结果，工作人员在实际工作中，采取穿戴铅防护眼镜、铅手套，正确佩戴个人剂量计等措施后，辐射工作人员受到的年有效剂量将小于环评估算的剂量。

### (3) 公众成员年附加有效剂量

根据表 10.1 中各功能用房周边相邻场所的用途可知，核医学科辐射工作场所外围四周公众活动的紧邻区域主要为室外、门诊大厅、体检科、介入中心，上层紧邻区域包括外科门诊、走廊。

核医学科四周及上层无长时间居留公众人员，为简化计算，按最不利情况考虑，关注点贯穿辐射剂量率均按照表 11.3 中墙体外最大剂量率取值计算。

上层公众人员各位置居留人员时间不同，因此各公众人员处关注点贯穿辐射剂量率按照表 11.3 中对应的计算结果取值。

根据医院提供信息，本项目场所 2 层外科门诊坐诊医生每周约 2 天，每天 8h，每年约 832h，体检科、急诊、介入中心医生每天 8h，每年工作 300 天，年总辐射工作时间为 2400h。公众年附加有效剂量的计算结果见下表。

表 11.8

公众成员所受年附加有效剂量计算结果

场所	相对位置	年总辐射时间 (h/a)	居留因子	最近距离 (m)	年受照时间 (h/a)	区域内最大辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年附加有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
体检科	核医学科南侧	2400	1	8	2400	根据表 11.3 计算结果, 核医学科四周最大辐射剂量率为 $8.20\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ , 经过距离及辐射路径建筑物阻隔衰减, 辐射源对敏感目标处的辐射剂量率贡献值 $<0.01\mu\text{Sv/h}$ 。	0.02
急诊	核医学科西侧	2400	1	36	2400		
介入中心	核医学科北侧	2400	1	16	2400		
外科门诊	核医学科上层	832	1	相邻	832	$2.11\text{E-}03$	0.002

备注：由于各机房影响范围主要为机房相邻场所，其它场所由于距离衰减及建筑阻隔等不会造成影响，故本次公众人员有效剂量仅对核医学科相邻场所工作人员进行估算。

由上表计算可知，周围公众成员年有效剂量满足公众成员  $0.1\text{mSv/a}$  的剂量约束值要求。

综上，本项目非密封放射性工作场所职业人员年有效剂量均小于管理目标限值  $5\text{mSv/a}$ ，所致公众人员年有效剂量均小于管理目标限值  $0.1\text{mSv/a}$ ，满足管理要求。

### 11.2.3 放射性废水环境影响分析

#### (1) 医院每天排水量估算

放射性废水主要来自核医学科显像检查患者注射后候诊及留观，辐射工作人员洗手及核医学科场所清洁产生的放射性废水。

骨转移瘤治疗的过程患者注射完药物即可离开，不在核医学科停留。甲功测量室患者服用固态胶囊，服用后即离开，待测量是返回甲功测量室，测量完即离开，停留时间仅几分钟，不产生放射性废水。放免分析实验不涉及患者及放射性废水，故本项目不作考虑  $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  正常诊疗放射性废水，仅考虑  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  事故遗撒状态下产生放射性废水。

医院核医学科医护人员涉及产生放射性废水的工作人员共 3 人，核医学科工作人员用水  $35\text{L}/\text{人}/\text{天}$ ，每年工作 300 天。核医学科门诊病人每日 20 人，门诊病人用水为  $6\text{L}/\text{人}/\text{天}$ 。（根据医院提供，每位患者注射后最多如厕 1 次，产生的冲洗废水约 6L），核医学科用水、排水量见下表。

表 11.9 核医学科用水、排水量汇总表

用水类别	用水定额	用水规模	日用水量 (m <sup>3</sup> /d)	排水量 (m <sup>3</sup> /d)	去向
医护人员	35L/人/d	3 人	0.105	0.084	进入衰变池处理后排入化集水井后进入医院污水管网。
门诊病人	6L/人/d	20 人	0.12	0.12	
地面清洗	2L/50m <sup>2</sup> /d	275m <sup>2</sup>	0.011	0.001	
未预见水量按以上水量的 10%计			0.024	0.02	
总计			0.26	0.225	

注：门诊病人排水量按照用水量 100%计算，其他排水量按用水量的 80%计算。

(2) 放射性废水中同位素的含量

根据医院实际调查情况做保守假设，假设在诊治过程中某次操作不小心，有 1/100 放射性同位素沾到台面等处，其中 90%转移固体废物中去（按操作规程，应先用药棉等先擦去），10%转移到清洗水中去，则这些废水中放射性同位素的含量见下表，一次误操作时的放射性同位素的含量（Bq）。

表 11.10 核医学科每种核素每例病人用量

序号	核素名称	每例病人需注射 (mCi)	废水中放射性同位素的含量 (Bq)	备注
1	<sup>99m</sup> Tc	9.25×10 <sup>8</sup> (25mCi)	9.25×10 <sup>5</sup> Bq	/
2	<sup>131</sup> I	3.7×10 <sup>5</sup> (10μCi)	3.7×10 <sup>2</sup> Bq	/
3	<sup>89</sup> Sr	1.48×10 <sup>8</sup> (4mCi)	1.48×10 <sup>5</sup> Bq	/

(3) 衰变池容积可行性分析及排放浓度、活度可行性分析

本评价按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，不得将放射性废液排入普通下水道，满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道：

(a) 每月排放的总活度不超过 10ALI<sub>min</sub>（ALI<sub>min</sub> 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者）；

(b) 每一次排放的活度不超过 1ALI<sub>min</sub>，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）5.1.1 款规定，使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 2×10<sup>7</sup>Bq 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗漏措施。

表 11.11 放射性废水排放方式表

	$^{99}\text{Tc}^m$	$^{131}\text{I}$	$^{89}\text{Sr}$
一次误操作时的含 (Bq)	$9.25 \times 10^5$	$3.7 \times 10^2$	$1.48 \times 10^5$
$\text{ALI}_{\min}$ (Bq)	$8.62 \times 10^8$	$9.09 \times 10^5$	$2.56 \times 10^7$
一次达标情况	达标	达标	达标
每月排放量 (未经衰变)	$9.25 \times 10^6$	$3.7 \times 10^3$	$1.48 \times 10^6 \text{Bq}$
$10\text{ALI}_{\min}$ (Bq)	$8.62 \times 10^9$	$9.09 \times 10^6$	$2.56 \times 10^8$
每月达标情况 (未经衰变)	达标	达标	达标

由估算可知, 不考虑暂存衰变时, 各核素一次排放和月排放均达标。医院设有一座槽式衰变池, 单个衰变池容积为  $21.875\text{m}^3$ , 单个衰变池单元存满废水需要约 97 天, 单个衰变池放射性废水储满后关闭, 后面 2 个衰变池分别储满放射性废水共需要 194 天, 满足含碘-131 核素的放射性废水暂存超过 180 天的要求, 经过 194 的衰变后,  $^{99}\text{Tc}^m$  已至少经过 773 个半衰期,  $^{131}\text{I}$  已至少经过衰变 24 个半衰期, 核素一次排放量已远 $<\text{ALI}_{\min}$ , 每月排放量远 $<10\text{ALI}_{\min}$ , 通过计算, 排放的放射性废水总 $\beta$ 远小于  $10\text{Bq/L}$ , 因此, 本项目衰变池容积及设计可以满足要求。

#### 11.2.4 放射性固体废物环境影响分析

##### (1) 放射性固体废物的产生

放射性固体废物包括: 由污染源分析可知, 放射性固体废弃物主要包括分装瓶、一次性注射器、手套、病人服药的一次性纸杯、废棉签、清洁用抹布等。

表 11.12 本项目核医学科放射性固体废物的年产生量估算表

核素名称	产生来源	产生量 (g/d/人)	日最大病人人数 (人)	日产生量 (kg/d)	年工作天数	年产生量 (kg/a)
$^{99m}\text{Tc}$	口罩、手套、药瓶以及口杯、擦拭纸巾、使用过的空药瓶以及生活垃圾等	50	20	1	300	300
$^{131}\text{I}$		50	20	1	300	225
$^{125}\text{I}$		5	100	0.5	300	150
$^{89}\text{Sr}$		50	2	0.1	300	30
合计		705kg/a				

##### (2) 放射性固体废物的收集

收集固体废物时应采取如下措施:

①严格区分放射性及非放射性废物, 不可混同处理, 放射性废物应按核素类别的不同分类存放。

②在注射区、用药后候诊区，就地放置小的放射性污物桶，医生嘱咐患者，按照规定将废物置于污物桶，再将污物桶内的固体废物连同垃圾袋存放到废物间，且按照核素种类进行标记，每次收集时贴上标签，每次收集时贴上标签，标明最后一天的收集时间。

### (3) 放射性固体废物的排放

当放射性固体废物集中暂存 10 个半衰期的要求后，废物经检测达标，其活度低于 GB18871 清洁解控水平后，并经审管部门确认后，作为普通医疗废物处理。

## 11.2.5 放射性废气环境影响分析

### (1) 放射性废气的产生

核医学科  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  核素药物均为简单湿法操作，且不是易挥发物质， $^{131}\text{I}$  为固态胶囊、 $^{125}\text{I}$  为固态粉末且贮存于瓶内，可能产生极微量的放射性物质，正常情况下一般不会造成工作环境的空气污染。

### (2) 放射性气体的排放

①拟建核医学科单独设置了 1 套排风系统，排风管道单独设置，排风经过活性炭吸附过滤后排放至竖井内专用排风管道，楼顶安装引风机，排至该楼的房顶上排放，且放射性药物合成、分装室设置有单独的专用排放系统，风速设置大于 0.5m/h。

②气流流向为从非放射性区域流向监督区，再流向控制区。

③为了保证本建筑排风顺利且保证房间的负压要求，送风系统单独采集分别配送至各个有排风要求的房间。进、排风口设计：高进低排，排风口靠近污染源，进风口远离污染源。

④设置的负压通风药品柜，通风橱的排风管道为独立的管道。

⑤设置污染排风的场所，换气次数要求为 6 次/h。

⑥为了保证本建筑排风顺利且保证房间的负压要求，设置机械补风系统的送风量小于等于排风量的 60%，送风系统单独采集分别配送至各个有排风要求的房间。

⑦定期检查维护通风设施工作的有效性和稳定性、通风柜的通风效能，定期更换滤芯，确保过滤效率满足要求，更换滤材操作安排在停机 24h 后进行，并做好辐射监测和个人防护工作。

医院应在取得环评批复以后，专业设计单位设计放射性气体通风排放系统施工图，并购置安装符合排风要求的高效过滤装置，保持室内有较好的通风。

## 11.3 事故影响分析

(1) 操作过程中，没有严格按照操作规程操作，溢漏、撒泼放射性物质或发生容器破碎、药物泼洒等意外事件，污染工作台面和地面等。



处理措施：

①立即通知辐射防护负责人，并由其直接监督清除。

②与溢出事件无关的人员立即离开这一区域。

③用吸收垫覆盖溢出区以阻止污染的扩散，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 $\beta$ 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 $\beta$ 表面污染小于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$  为止，擦拭的操作台的抹布应统一收集在污物桶内。

④当离开现场时，与溢出事件有关的人员都应该进行污染监测。

⑤如果衣服被污染，应该脱下并放进有“放射性”标志的塑料袋里。

⑥如果皮肤发生污染，应该立刻清洗污染区域，如果眼睛发生污染，应该用大量水清洗。

(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。

避免事故的策略：加强管理，严格制定放射性药品的保管制度。

(2) 由于误操作，导致较大放射性剂量给药的情况会给患者造成不该施加的照射。

避免事故的策略：

①进行安全评价，明确应急情形。

②加强教育和防护培训，包括岗前教育和培训。

③建立事故报告制度，包括发生时间、发生地点、发生原因等。

④加强业务培训，提供业务能力，并严格按照操作规程进行操作。

⑤医生、护士等人员做好患者的信息沟通，给药前对药物进行测量并核对。

(3) 手部有伤仍从事放射性物质操作，可能造成内污染；违反核医学科管理规定，在核医学科吸烟、进食，可能吸入和食入放射性物质造成人员内照射；核医学科管理规定将核医学科用品（包括清洁用具）带到其它非放射工作场所；放射性药物发放错误：放射性药物未做标记乱甩、乱放造成误食或撒泼；显示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，注射用棉签，一次性手套乱扔，使室内受到污染，辐射水平增高。另外也有一部分工作人员过于重视自身防护，让患者将注射用棉签自己扔掉，会对外环境造成污染。

处理措施：

①该医院应加强辐射工作场所的现场管理，辐射管理人员加强日常的巡逻，加强防护知识培训，

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。

②管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

(4) 服药患者随便出入各场所，很容易对公众造成不必要照射。

处理措施：控制区出入口设有单向门进入，张贴警示标志，警示服药患者正确走向，防止其他工作人员及公众成员进入控制区，也避免服药病人服药后外出。

(5) 放射性废气排放中过滤净化装置失效或功能减弱，造成环境空气污染。

采取措施：

①应立即通知辐射防护管理人员并进行更换工作。

②放射性废气总排放口预留监测或取样口，定期进行监测，并记录存档。

(6) 放射性废液贮存衰变池外溢或未达标排入医院污水处理设施，造成场所和设施的污染。

采取措施：

①应立即通知放射防护管理人员并进行检查工作；

②衰变池的排放口预留监测或取样口，定期进行监测，并记录存档；

③对被污染区或被污染设备设施进行及时去污和更换，更换设备设施按照放射性固废的管理方法进行处置。

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**

河津市人民医院已设立了辐射安全监督领导管理机构，由法人为组长，负责射线装置工作场所的安全和防护工作。该领导组由组长、副组长、成员等组成，并对该机构的人员规定相应的职责。领导小组的职责主要是：贯彻执行国家有关辐射工作的职业安全，负责制定医院辐射防护管理规定并监督执行；负责组织辐射工作人员培训；负责办理有关射线装置工作场所的手续。医院“辐射防护工作领导小组”组长由医院法定代表人担任，同时设置了具有大学本科学历的专职管理人员。

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：从事放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。

本次医院新增核医学科场所配备的辐射工作人员详细情况见下表。

表 12.1 本项目辐射工作人员明细表

场所	姓名	性别	专业	辐射人员上岗证号
核医学科 工作场所	李丽娟	女	核医学	FS21SX0300038
	张广伟	男	核医学	FS21SX0300047
	庞应珍	女	核医学	FS21SX0300102
	张 婷	女	核医学	FS21SX0300116
	柴 霜	男	核医学	FS20SX0200039

**12.2 辐射安全管理规章制度**

**12.2.1 现有的环境管理措施**

(1) 综合

已设立了辐射安全监督领导管理机构，由法人为组长，并由专人专职负责辐射安全工作。

(2) 场所设施

已制定《X 线受检者放射防护制度》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》。

(3) 监测

已制定《个人剂量、环境辐射监测方案》。

(4) 人员

已制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员培训再培训管理制度》。

(5) 应急

已制定《天津市人民医院辐射事故应急预案》，并与 2022 年 5 月进行了修订。

(6) 其它

每年编写辐射项目安全和防护年度评估报告，并于 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

天津市人民医院已制订了完善的辐射管理规章制度，且分解到各个涉及核技术利用科室具体执行，并严格按照规章制度执行。

天津市人民医院现有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托山西佰奥环辐科技有限公司承担，监测频度为每 3 个月检测一次。在岗的辐射工作人员均已按照规范佩戴了个人剂量计，3 个月由医院专人负责收集剂量计送检更换，并将每季度的个人剂量检测结果和每年度的个人剂量检测报告存档备案。

该院制定的辐射管理规章制度具有一定的可行性。

本环境影响报告表获得批复后，天津市人民医院应尽快到有关生态环境行政主管部门申请办理新的《辐射安全许可证》。

### 12.2.2 需完善的辐射环境管理措施

(1) 核医学科工作场所

- ①放射性药物管理规定。
- ②分区管理规定（含人流、物流路线图）。
- ③每种核素的安全操作规程（操作、贮存及包装等）。
- ③去污操作规程。
- ④SPECT-CT 机安全操作规程。
- ⑤保安管理规定。
- ⑥辐射安全和防护设施的维护与维修制度。

(2) 放射性物质

- ①非密封放射性物质的管理规定（购买、领用、保管盘存和运输）。
- ②物料平衡管理规定。
- ③岗位责任制度。
- ④应建立核素出入库登记制度。

### 12.2.3 其他

(1) 建立如下台帐

①核医学科相关台帐:

A、核医学科核素使用台帐，记录核素的名称、每次购买的量、购买时间等详细信息。

B、核医学科所有核素转让台帐。

C、核素管理台帐，记录每种核素的名称、每次购买的量、购买时间等详细信息。

②射线装置台帐，详细记录新增射线装置名称、类别、型号、管电压与管电流等参数、购买时间、安装时间、开始使用时间等详细信息。

(2) 完善建立如下档案

①完善辐射工作人员个人剂量档案及健康档案。

②完善《辐射工作人员培训再培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》。

③完善日常监测档案。

④针对每人、每个科室、每个机房配备的防护用品，建档管理，便于查询、统计。

⑤放射性废物处理档案。

⑥工作区域辐射水平测量档案。

⑦对核医学科配备的防护用品、监测设备建档管理，便于查询、统计。

(3) 该医院应根据要求每年编写射线装置安全和防护年度评估报告，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并登录全国核技术利用辐射安全申报系统 (<http://rr.mee.gov.cn>) 填写相关内容。同时写入申报系统的信息还包括：①辐射工作人员培训的时间、证号等相关信息；②辐射工作人员个人有效剂量年度监测结果。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。安全和防护年度评估报告应当包括下列内容：

①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；

②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；

③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育初级培训情况；

④核技术利用项目的台帐；

⑤场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

⑥辐射事故及应急响应情况；

⑦核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；

⑧存在的安全隐患及其整改情况；

⑨其他有关法律、法规规定的落实情况。

(4) 依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，完成环评审批后变更辐射安全许可证。许可证有效期为 5 年，应当于许可证有效期届满 30 日前，向原发证机关提出延续申请。

(5) 该医院辐射项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告，建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。

#### 12.2.4 竣工环境保护验收

本工程竣工环境保护验收见表 12.2。

表 12.2 本工程项目竣工环境保护自主验收一览表

序号	验收对象	验收内容
1	相关批复文件	环评批复文件是否齐备。
2	相符性	辐射工作场所位置、布局、机房屏蔽、设备参数与环评及环评批复是否一致。
		核医学科运行的核素的使用量是否满足辐射安全许可证许可的范围。
3	达标排放	核医学科控制区外四周墙壁外表面 0.3m、铅窗、操作台前、电缆及管道出入口各检测点周围剂量当量率满足限值要求。
		对辐射工作人员的辐射剂量贡献值是否满足<5mSv/a；公众成员<0.1mSv/a 的标准要求。
		核医学科废水排放是否满足标准要求，废气排放、固废是否按本报告要求进行。
4	日常监测	核实医院是否按照环评要求开展日常监测。
5	辐射环境管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。
6	事故应急	辐射事故应急预案应符合工作实际，明确应急处理组织机构及职责、应急人员的组织、培训，辐射事故分级及应急措施、辐射事故的调查、报告和处理程序等。
7	辐射安全防护措施、防护用品或检测仪器	按照本报告内表 10 中所列的辐射防护措施及防护用品、检测仪器，是否均已落实到位。
8	人员要求	辐射工作人员取得上岗证书且均在有效期内。

### 12.3 辐射监测

#### 12.3.1 监测目的

通过对辐射项目周围剂量当量率和 $\beta$ 表面污染的监测，了解该项目对环境的影响程度；通过对个人有效剂量的监测，了解该项目对职业人员受照情况，为项目的安全管理防护措施改进及职业评价提供依据；通过对衰变池放射性废水的监测，保证放射性废水达标排放。

### 12.3.2 监测任务的承担单位

由本单位或委托有资质的单位承担。

### 12.3.3 监测方法

按照《辐射环境监测技术规范》HJ 61-2021 进行，个人有效剂量监测按照《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019 进行；核医学科表面污染按照《表面污染测定第一部分β发射体（最大β能量大于 0.15MeV）和α发射体》GB/T14056-2008 进行；放射性废水监测按照《水中总β放射性测定 蒸发法》（EJT900-1994）。

### 12.3.4 监测内容

场所监测内容主要是周围剂量当量率、β表面污染；个人剂量监测内容主要是辐射工作人员个人剂量的监测；放射性废水总β值。

### 12.3.5 监测点位置及频次

#### 12.3.5.1 工作场所监测

应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于下表的内容。

表 12.3 核医学工作场所辐射监测关注点位

监测内容	监测点位	监测频次
辐射水平	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面。	不少于 1 次/月
表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）

#### 12.3.5.2 环境监测

开展核医学相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。

#### 12.3.5.3 人员有效剂量监测

对放射工作人员进行个人照射累积剂量（铅衣外锁骨处剂量计、包括腕部剂量计）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。个人剂量监测交由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频次为 1 次/3 个月，4 次/年，并将监测结果及时填报至“全国核技术利用安全申报系统”。

#### 12.3.5.4 放射性废水监测

委托有资质的单位采样收集放射性废水衰变池出口的废水进行监测。监测频次（1次/次）。

发生事故时委托有资质的单位采样衰变池前池的废水进行监测。监测频次（1次/次）

#### 12.4 辐射事故应急

根据《运城市辐射事故应急预案》、《河津市辐射事故应急预案》及《河津市人民医院辐射事故应急预案》的相关要求，发生一般辐射事故时，医院立即启动本单位的辐射事故应急响应，采取必要措施，并在发生事故后30分钟内向当地生态环境部门，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，对造成或可能造成人员超剂量照射的情况，要在2小时内向当地生态环境部门和卫生健康和体育局报告。

医院已制定了辐射事故应急预案，并与2022年5月进行了修订。预案内容应包括：辐射事故分级；辐射事故的预防；辐射防护管理组织机构、职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；应急响应措施；应急响应、奖惩制度、事故责任处理、应急响应准备和事故应急演练；辐射事故的调查、报告和处理程序；辐射事故信息公开、公众宣传方案。

##### 12.4.1 辐射防护管理组织及防护职责

医院已成立辐射事故应急处理领导小组，当发生辐射事故时应立即启动应急预案，按照应急预案的应急处理程序进行处理。

辐射事故应急处理领导小组职责如下：

（1）组织制定医院辐射事故应急处理预案。

（2）负责组织协调辐射事故应急处理工作。

（3）组织辐射事故应急人员的培训。

（4）负责与上级主管部门和当地生态环境主管部门的联络、报告应急处理工作，配合做好事故调查和审定。

（5）负责辐射事故应急处理期间的后勤保障工作。

（6）采取各种快速有效措施，做好善后处理，最大限度地消除对医院的负面影响。

医院应对辐射事故应急处理小组成员进行完善，组员应更新各放射性同位素与射线装置使用科室等相关科室负责人，并列出一位成员的应急联系方式，确保发生辐射事故时可迅速取得联系。

##### 12.4.2 辐射事故应急预案

医院现有《辐射事故应急预案》中包括编制目的、编制依据、辐射事故分级、预案适应范



围、工作原则、辐射事故应急组织机构及职能、预防事故措施、应急处理措施、辐射事故报告、善后处理、预案管理等内容，结合本项目辐射事故应急管理需要，医院应对《辐射事故应急预案》进行完善，需完善的内容如下：

- (1) 在预案适应范围中增加放射性同位素丢失、失控的情况。
- (2) 在辐射事故应急组织机构及职能中增加相关科室人员及对应职责。
- (3) 在应急处理措施中增加核医学科可能发生辐射事故的应急处理程序相关内容。
- (4) 增加可能发生辐射事故的意外条件。
- (5) 增加辐射事故应急预案启动、终止的相关条件。
- (6) 增加应急救助的装备、资金保障情况。
- (7) 增加应急宣传与演练等内容。

#### **12.4.3 应急人员的培训演习计划**

- (1) 制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、人员等。
- (2) 进行合理的人员分工，成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。
- (3) 做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。
- (4) 认真开展实战演练，按照事先预定的方案和程序进行。
- (5) 演练完毕后及时进行总结归纳。

#### **12.5 从事辐射活动能力评价**

(1) 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定与河津市人民医院从事本项目辐射活动能力评价对照表见表 12.4。

(2) 根据《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）的规定与河津市人民医院从事本项目辐射活动能力评价对照表见表 12.5。

(3) 根据生态环境部（国家核安全局）非密封放射性物质医学应用场所监督检查技术程序（文件编号 NNSA HQ-08-JD-IP-030）的要求与河津市人民医院从事本项目辐射活动能力评价对照表见表 12.6~12.7。

表 12.4 项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条相关要求对照表

序号	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条相关	本单位拟落实情况
1	应当设有专门的辐射安全环境保护管理机构，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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射安全工作领导小组，法定代表人担任组长，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。
2	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。	从事辐射工作人员已全部参加环保辐射安全与防护培训和考核，合格后上岗。
3	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	拟完善相应的操作规程，人员出入口处拟设置电离辐射警告标志，设门禁系统，门机灯连锁装置等。
4	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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	拟配剂量监测仪、表面污染检测仪及个人剂量报警仪。配备防护衣、防护眼镜、围脖等防护用品。
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已制定相关制度及操作规程。
6	有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急处理预案。

表 12.5 项目执行“放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法”要求对照表

序号	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法	本单位拟落实情况
1	<p>第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。</p>	<p>机房门采取电动门，设置门灯连锁装置，门外设置电离辐射警告标志及配有“当心电离辐射”的中文警示说明；放射性工作场所出入口设置门禁系统及视频监控。</p>
2	<p>第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。</p>	<p>拟配备环境辐射监测仪、表面剂量监测仪进行自测，并定期委托有辐射水平监测资质的单位对辐射工作场所及其周围环境进行监督监测。</p>
3	<p>第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，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。</p>	<p>每年 1 月 31 日前向环保部门提交年度评估报告。</p>
4	<p>第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。</p>	<p>从事辐射工作人员已全部参加环保辐射安全与防护培训和考核，合格后上岗。</p>
5	<p>第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射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。</p> <p>生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。</p>	<p>已对所有从事放射性工作的人员配备个人剂量计，并安排专人负责个人剂量监测管理，同时建立辐射工作人员个人剂量档案。</p>
6	<p>第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。</p>	<p>委托有资质单位（中辐院）进行个人剂量监测（每季度 1 次）。</p>

表 12.6 项目执行“非密封放射性物质医学应用场所监督检查技术程序”  
关于辐射安全防护设施要求对照表

序号	检查项目		本项目拟落实情况
1	A 场所 设施	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	场所分区布局合理、拟设相应标识
2		电离辐射警告标志	拟配电离辐射警告标志
3		独立的通风设施	拟设独立的通风设施
4		治疗病房病人之间防护	拟配铅屏风
5		给药操作人员屏蔽	拟配铅衣、铅注射器等
6	A 场所 设施	易去污的工作台面	拟配专用注射柜
7		病人专用卫生间	设有病人专用卫生间
8		放射性核素暂存场所或设施	设有储存柜
9	B 监测 设备	表面污染监测仪	拟购表面污染监测仪
10		便携式辐射水平监测仪	拟购便携式辐射水平监测仪
11		个人剂量计	每人配备个人剂量计
12		个人剂量报警仪	拟购个人剂量报警仪
13	C 放射 性废 物	放射性废液处理排放系统及标识	设有废水衰变池
14		放射性固体废物暂存场所或设施	专用放射性废物桶
15	D 防护 器材	个人防护用品	拟配备铅衣、铅帽等防护用品
16		放射性表面去污用品、防污材料	拟配放射性表面去污用品

表 12.7 项目执行“非密封放射性物质医学应用场所监督检查技术程序”  
关于管理制度与执行情况对照表

序号	项目	检 查 项 目	本项目拟落实情况
1	A 综合	辐射安全与防护管理规定	已制定辐射安全与防护管理制度
2		放射性药物管理规定	拟制定放射性药物管理制度
3	B 场所	场所分区管理规定	拟进行场所分区管理规定
4		操作规程	拟制定非密封放射源操作规程
5		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定辐射安全和防护设施维护维修制度
6		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	无病房设置
7	C 监测	监测方案	已制定监测方案
8		监测仪表的使用管理制度	已制定监测仪表的使用管理制度
9	D 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定辐射工作人员培训/再培训管理制度
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定辐射工作人员个人剂量管理制度
11	E 应急	辐射事故/事件应急预案	已制定辐射事故/事件应急预案
12	F 三废	放射性“三废”管理规定	已制定放射性“三废”管理制度

以上分析可知，在采取环评规定措施情况下，该单位从事本项目辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

## 12.6 产业政策符合性分析与实践正当性分析

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录》（2019 年本，2022 年修订），属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 5 条“医疗卫生服务设施建设”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高医疗卫生水平，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

建设单位在放射性诊断过程中，对射线装置、非密封放射性物质的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理射线装置、非密封放射性物质的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 本次评价内容及污染途径

河津市人民医院新院本次评价的内容为：

乙级非密封放射性物质工作场所：拟使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{125}\text{I}$  四种非密封放射性核素，位于门诊医技楼一层核医学科；SPECT/CT 机 1 台，最大管电压为 130kV，最大管电流为 345mA，属于 III 类射线装置，拟安装于门诊医技楼一层核医学科 SPECT/CT 机房。

污染途径为  $\gamma$  射线外照射、 $\beta$  表面沾污及 X 射线外照射。

#### 13.1.2 辐射实践正当化

核医学科场所具有严格的布局、防护、通风、排水措施，对不同的病人有严格的用量控制。项目建成以后，医院将为病人提供一个优越的诊断环境，能在保障病人健康的同时为医院创造更大的经济效益。经理论计算，由本项目的给辐射工作人员和公众带来的有效剂量低于有效剂量管理约束值。综合分析，该医院非密封放射性核素的使用对受电离辐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。

#### 13.1.3 剂量率评价

##### 13.1.3.1 现状剂量率评价

（1）环境  $\gamma$  辐射剂量率：河津市人民医院核医学科及周围 50m 范围内场所周围  $\gamma$  辐射剂量率监测值在（80~86）nGy/h 之间（已扣除宇宙射线的响应值（13nGy/h））。根据生态环境部发布的“2020 年全国辐射环境质量报告”，山西省空气吸收剂量率为（79.0~92.4）nGy/h，因此本项目评价范围内的环境  $\gamma$  辐射剂量率属于正常的辐射本底水平。

（2）由分析结果可知，采样土壤总  $\beta$  分析测量值为 803Bq/kg，属于正常天然本底水平。采样土壤中各应用核素均低于探测下限。

##### 13.1.3.2 剂量率预测评价

核医学科各功能房间屏蔽墙外的周围剂量当量率均能够满足 GBZ120-2020 中“在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu$ Sv/h，宜不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”及 HJ1188-2021 中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu$ Sv/h”的限值要求。

根据计算结果可知。放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备满足 HJ1188-2021 中屏蔽设备外表面 30cm 人员操作位的周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

#### 13.1.4 有效剂量估算结果

通过计算，本项目按照设计施工建设，医院落实相关辐射安全与防护措施后，辐射工作人员的年附加有效剂量能满足  $5\text{mSv/a}$  的剂量约束值要求，公众成员的年附加有效剂量能满足  $0.1\text{mSv/a}$  的剂量约束值要求。

#### 13.1.5 选址的合理性

河津市人民医院新院位于河津市延平街与永兴路交汇处东侧，本次核技术利用项目位于门诊医技楼一层核医学科，不毗邻产科、儿科、食堂等部门，和其他工作区域相邻，但不相通，与四周及上下方的非放射性工作场所完全隔开，场所相对独立。核医学科设有独立的出入口，可避免无关人员任意出入而受到不必要的辐射照射或扩大污染范围。控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动。人流、物流、药流均设置有单独路线，通过时间错位管理，互不交叉，因此项目选址及整体布局合理。

因此，本项目选址可行。

#### 13.1.6 污染防治措施合理性

(1) 该院本次核技术应用项目中，通过计算，乙级非密封放射性工作场设计中提出的辐射屏蔽材料和厚度能够满足标准所要求的屏蔽要求。核医学科进行了分区管理，有清晰的人流物流方向图，避免了感染交叉，该项目在完善本报告提出的设置指示灯、配备相应的防护用品等污染防治措施后，该项目污染防治措施的设置方合理、全面。

(2) 核医学科设置有独立的放射性废水衰变池，衰变池的容积可以满足排放要求。放射性废水经衰变池衰变后能够得到有效处理，处理后废水再排入排水管网，定期对衰变池中的放射性废水进行监测，以满足达标排放的要求。废水的排放满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中 7.3.3.1 的规定的总 $\beta$ 浓度小于  $10\text{Bq/L}$  的排放要求及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》导出的核素排放限值要求。

(3) 放射性固体废物集中暂存于固废间的污物桶内，废物经检测达标后，可作为普通医疗废物处理。

(4) 拟建核医学科单独设置了 1 套排风系统，排风管道单独设置，排风经过活性炭吸附过滤后排放至竖井内专用排风管道，楼顶安装引风机，排至该楼的房顶上排放，且放射性药物合成、

分装室设置有单独的专用排放系统，风速按照本报告要求设置大于 0.5m/h，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求。

### **13.1.7 环境管理制度**

该院在严格落实本报告中从场所设施、监测、应急、人员方面提出的相应制度后，安全和防护环境管理措施能够满足开展本项目的环保要求。

### **13.1.8 建设单位从事辐射技术的能力**

通过与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《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）和生态环境部（国家核安全局）《非密封放射性物质医学应用场所监督检查技术程序》（文件编号 NNSA HQ-08-JD-IP-030）的规定比对，该单位严格执行本报告规定的措施后，具备从事辐射活动的技术能力。

### **13.1.9 总结论**

河津市人民医院新增乙级非密封放射性物质工作场所只要严格采取本评价所述的环境管理、环境监测、安全防护措施，严格落实本报告提出的环境保护要求，该医院的辐射防护设施完全可以达到环保和辐射安全的要求，对环境和公众安全，该项目是可行的。

## **13.2 建议**

- (1) 严格按照设计进行施工。
- (2) 严格按照本报告提出的污染防治措施和辐射管理要求进行完善。
- (3) 加强核医学科日常的管理和监督。



表 14 审批

下一级生态环境主管部门预审意见:

经办人

公 章

年 月 日

审批意见:

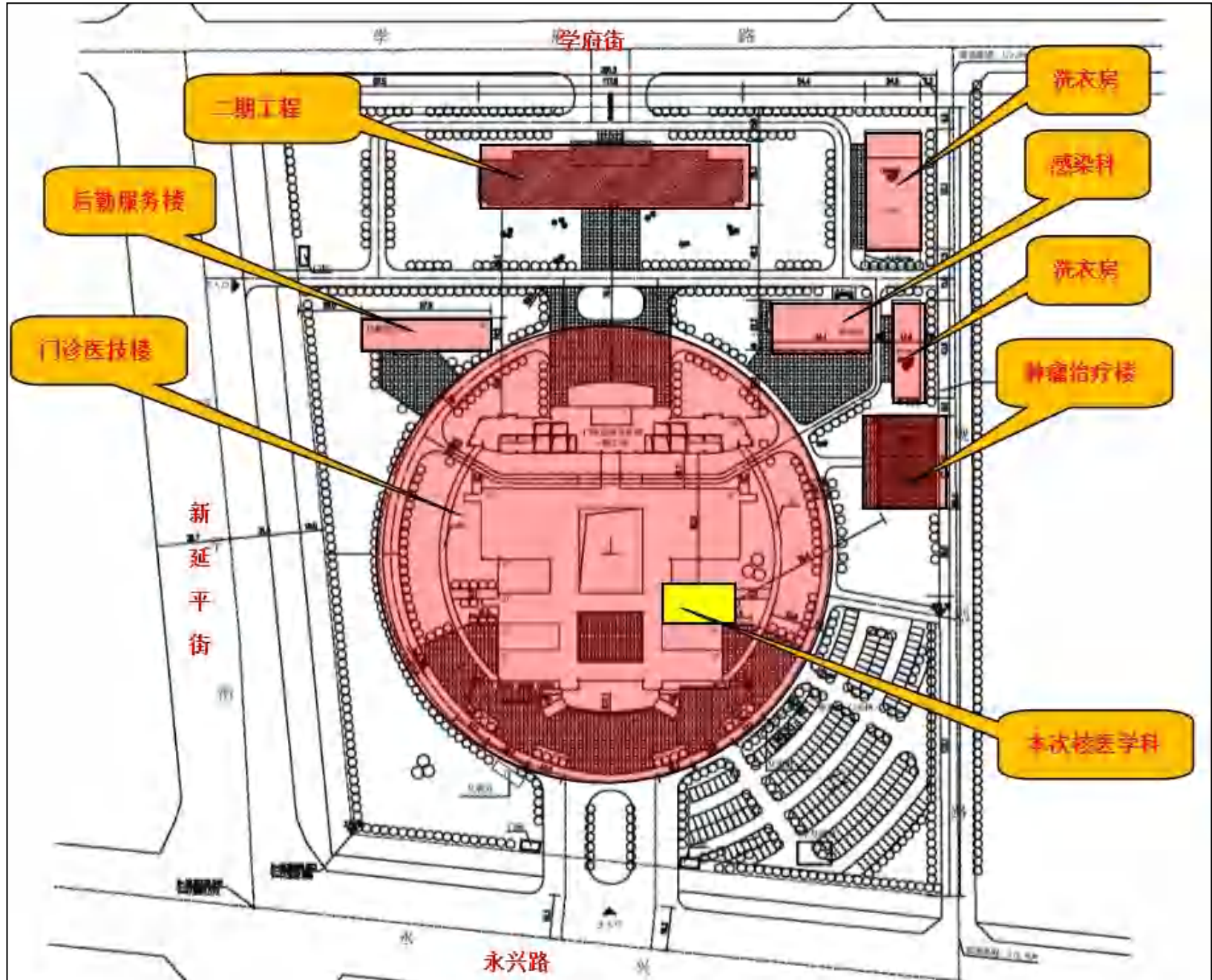
经办人

公 章

年 月 日



项目地理位置图



河津市人民医院总平面图



门诊医技楼一层平面布置图





核医学科改建辐射防护分区布置图<sub>100</sub>  
(辐射安全图)

说明:

1. 代表放射性工作场所，控制区。
2. 代表放射性工作场所，监督区。
3. 各房间的屏蔽门上或门旁边的墙上悬挂放射性工作场所标志牌。
4. ECT机房的屏蔽门上方设灯光警示，门灯连锁，即门关闭、射线装置开机、红色警示灯亮，反之门开或射线装置关机、灯灭。



核医学科改建工艺设备平面布置图100

说明:

1. ECT为固定设备, 设备基础作法、确切位置、安装和调试, 由设备厂家负责。
2. 存在辐射的房间的墙体、房顶、门窗用于辐射防护, 须严格保证材料的密度和数量, 施工须按防辐射工程施工方法进行。
3. 屏蔽门上或门旁边的墙上悬挂放射性工作场所标志牌。
4. ECT房的屏蔽门上方设灯光警示, 门灯连锁, 即门关闭、射线装置开机、红色警示灯亮, 反之门开或射线装置关机、灯灭。
5. 核医学科地面和墙面选择易去污材料。
6. 核医学科设的通风柜, 要求在半开状态下风速不小于1米/秒, 设有高效过滤装置, 排风口高于附近50米范围内建筑屋脊3米。

核医学科通风应设置机械通风, 室内换气通风保持4-6次/小时。下水管道耐腐蚀, 宜短。

9	J-31	表面污染测量仪		台	2	
8	J-22	报警装置探测器探头		台	1	配套设备
7	J-21	X7 辐射报警装置		台	1	
6	Y-151	放射性废物桶	10mpb	个	3	
5	Y-141	自动升降移动注射车		台	1	
4	Y-131	通风药品分装柜		台	2	防辐射
3	Y-123	ECT 机控制台		台	1	配套设备
2	Y-122	ECT 机治疗床		台	1	配套设备
1	Y-121	ECT 机		台	1	
序号	编号	设备名称	型号	单位	数量	

附图 7



辐射防护人流、物流分布图:100

说明:

1. → 代表放射性药品进入核医学科路线。
2. → 代表放射性废物运出核医学科路线。
3. → 病人 → 代表病人流动的路线和方向。
4. → 医生 → 代表医生流动的路线和方向。



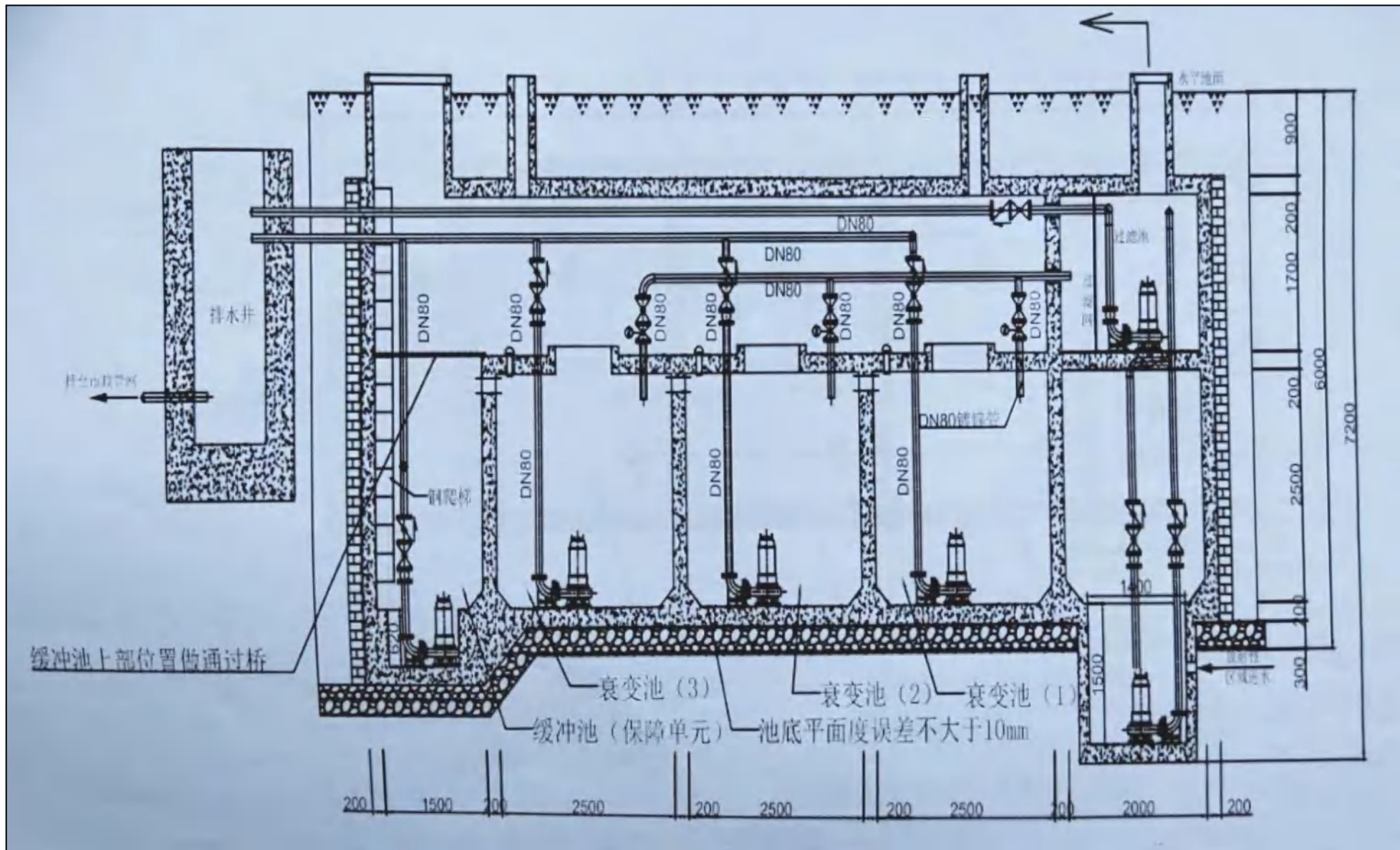
附图 8-1



核医学科改建排水平面布置图 1:100

说明:

污物间、分药室、运动负荷室、注射准备室、更衣室、洁具间、VIP候诊、注射候诊、留观室(放射性废水)排水接衰变池。



核医学科衰变池示意图



### 通风空调施工图设计说明（一）

#### 一、设计依据

- 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50376—2012
- 《建筑设计防火规范》GB50016—2014 (2018年版)
- 《综合医院建筑设计规范》GB51039—2014
- 《核医学放射防护要求》GBZ120—2020
- 《12系列建筑标准设计图集》采暖通风专业12N系列
- 设备专业技术依据原则上除按现行国家颁布的规范外，具体还参照《全国民用建筑工程设计技术措施—暖通空调·动力》2009建筑专业提供的图样

#### 二、核医学工作场所的要求

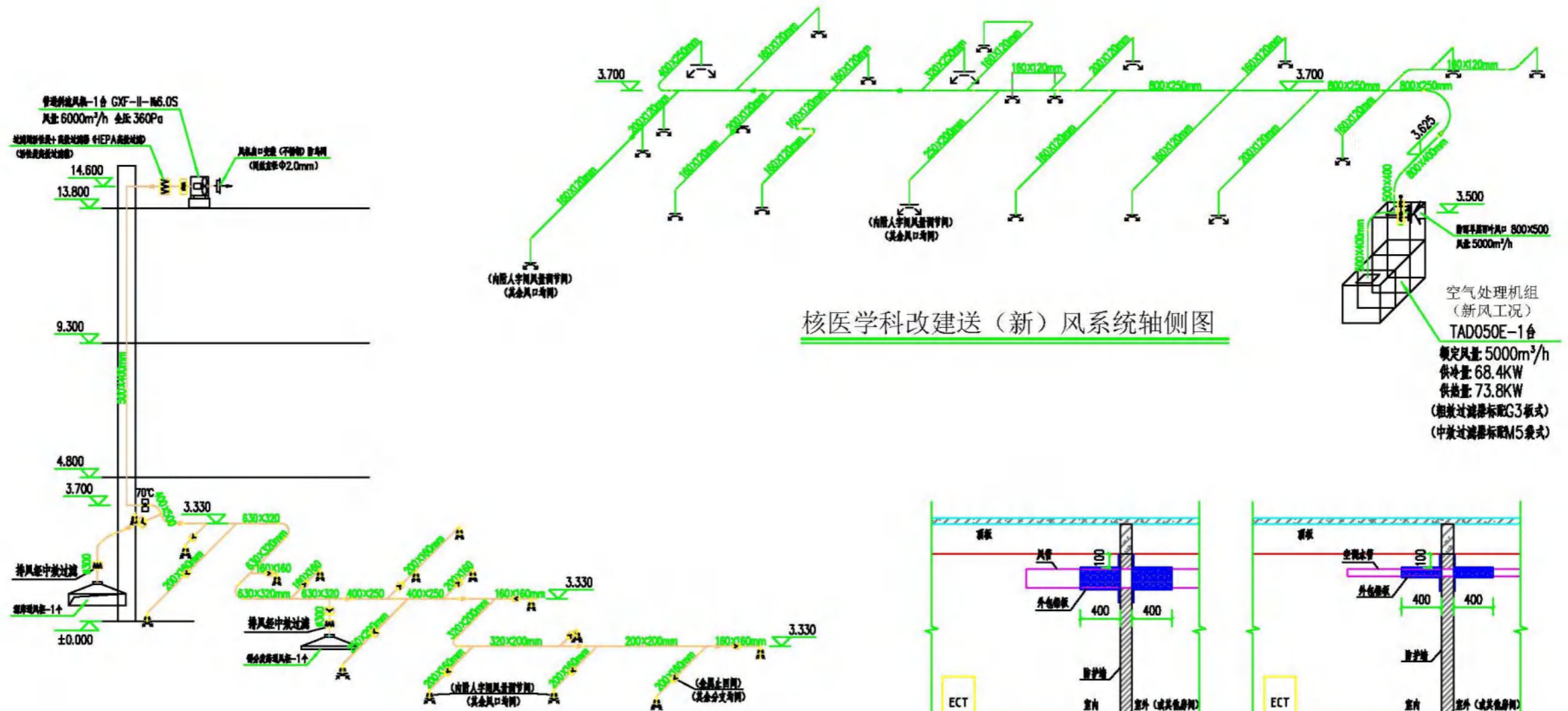
- 核医学工作场所的通风按表中要求，通风系统独立设置，保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。
- 核医学工作场所检查室、控制室和机械间的空调系统和排风系统应符合：
  - 1) 报警设备需要选择空调系统。
  - 2) 采用半集中式空调系统时，不应在机房上方设置任何风机盘管机组等末端装置及其水管。
  - 3) 检查室、控制室和暗室应设排风系统，自动洗片机排风应采用防腐性的风管。排风管上应设止回阀。
  - 4) 在有射线屏蔽的房间，对于穿墙后的风管和配管，应采取不小于墙体相当的屏蔽措施。
- 核医学科所有核辐射风险的用房应采用独立的恒温恒湿空调系统。扫描间温度应为22℃±2℃，且1h内的温度变化不宜大于3℃。扫描间相对湿度应为60%±10%。其他房间可采用普通空调，但排风应按国家现行标准《核医学放射防护要求》GBZ120—2020中的要求执行。
- 排风系统末端设置风机，并应保持排风管内负压，排风机应后于空调系统关闭。当贮药室、废物保管室贮藏放射性材料时，应24h排换气。
- 穿越该房间的风管必须用3~4mm厚的铅板作包裹处理，以防止X线泄漏污染。ECT辐射剂量较普通X线室大。穿越该类房间的风管必须用5mm厚的铅板作包裹处理。具体做法见规范05图中所示。

#### 三、空调及通、排风设计

1. 冷、热源：本改造项目的空调冷、热水均按原系统不变。
2. 空调水系统：空调水系统为双管制供水系统，主管路系统为上供上回，异程设置。
  - 为了便于水力系统的平衡，分别采用的下列措施：
    - a. 水系统的各个分支处回水管设计流量平衡阀。
    - b. 空调机组和新风机组配电动调节阀。
3. 空调风系统设计：本项目均采用风机盘管加新风系统。ECT机房上方仅设置空调风道及送风口，不得设置任何风机盘管机组等末端装置及其水管。
4. 噪声控制（环境保护）：
  - 1) 空气过滤：空气处理机组（新风工况）的空气过滤：粗效过滤器标称G3板式，中效过滤器标称M5袋式。
  - 2) 防震：为尽量减少空调机组内过滤器、冷却盘管及冷却水盘前的滋生，在空调箱内设置紫外线空气净化装置。
  - 3) 排风机、送（新风）风机均采用低噪声的离心风机（变频调速控制）。
  - 4) 空调、通风及制冷设备均采用低噪声设备，并设减振垫、弹性吊架等减振装置。空调机、通风机进出口风管均设软接头、消声器。制冷机及水泵等出口均设置柔性连接，排风系统尽量做到高位排放。地上空调机房考虑隔声、隔振。
  - 5) 设备层减振措施：风机、新风机组、空调机组落地安装时的基础应安装减振器，吊装时应采用弹性支吊架。机房内、墙、楼板均作隔声、吸声处理。具体的措施应当来自专业的噪声处理顾问公司。
  - 6) 按照有关规定控制风管内的气流速度避免气流产生二次噪声。
5. 自动控制：
  - 纳入自控系统的设备有：空调新风机组、排风系统等。
  - 1) 可根据总冷负荷的变化，实现冷水机组分台优化控制，以达到系统整体节能。
  - 2) 空调新风机组、排风系统等采用直接数字控制（DDC）系统进行自控，可在控制中心显示并自动记录，打印出各系统的运行状态及主要参数，并进行集中控制。新风机组（FAU）的回水管上配比例积分动平衡电动调节阀，根据送风温度调节阀开度，使送风温度保持在所要求的范围内。空气处理机的电动四通阀与风机连锁，当切断风机电源时，电动阀关至限位器所定开度处。FAU AHU的新风阀与风机连锁，当风机启动（关闭）时，新风阀全开（全关）。压差开关检测空气过滤器两侧的压差，当超过设定值时，发出报警信号。冷（热）水管管的下游设计防冻开关，当送风温度低于限定值时，将切断风机电路，停止风机运转，同时关闭新风阀。风机盘管（FCU）的运行由设置在回水管上的双位电暖两通阀，和带有风机三通开关的室内温控器控制。当室内温度高（低）于设定值时，温控器动作，打开（关闭）电动两通阀。排风机与送（新风）风机应联动控制，排风机应先于空调系统启动，后于空调系统关闭。
6. 设备、风管安装：
  - 1) 设备安装：空调新风选用卧式组合空气处理机；风机盘管选用卧式暗装带回风箱，安装及减振按照设备厂方提供资料进行。每台机组、风机盘管水路系统供水管安装阀门、过滤器、软管接头。回水管安装阀门，软管接头，软管采用专用橡胶管（工作压力 1.6MPa，工作温度-10~

- 105℃) 风机盘管安装详12N4-57~74页；空调新风机组安装详12N4-1~23页，机组减振见9页要求。空调器吊杆采用膨胀螺栓固定，安装详见产品安装说明。
- 2) 风管材料：采用热浸镀锌钢板制作。风管法兰及螺栓规格按照《全国通用通风管道统一规格》制作，风管长边大于500mm的弯管和丁字直通管均设导流片，风管支吊架采用膨胀螺栓固定，镀锌钢板风管安装详12N5-2-150~165页。本项目排风系统风管不得利用土建风道，应采用金属风管一直延伸到屋顶风机处，土建风道（井）与风管处应安装密封条。
- 3) 风管防腐：钢板风管破洞接口处要求镀锌，物件、支、吊托架及基础钢构件应在除锈后涂防锈底漆两道，裸露部分再涂面漆两道，埋在混凝土中固定部分应除油污，但不得涂油漆。
- 4) 风口：风机盘管送回风口及风管上的送回风口应与室内建筑装饰配合安装，风口底标高同吊顶标高。
- 5) 风阀：新风入口处安装电动多叶调节阀。
- 6) 风管连接：钢板风管连接应保持垂直，以免螺丝拧紧时损坏法兰，法兰接口处采用4mm厚海绵垫以保证风管严密，不漏气，风管穿越地路管线及影响施工进度时，可以用防火型特种软管解决，一般情况下直接连接，软管应采用保温型防火材料。严格控制风管，水管的标高。空调风管与风口、风阀之间的软连接应采用阻燃帆布。
- 7) 风管的温度、风量，风压测定孔按国标T605制作，由安装调试单位按空调系统的具体情况决定其合适的位置及数量。
- 8) 空调设备及配件的工作压力为1.0MPa。
- 9) 风管采用钢板制作，厚度见下表。
- 10) 空调新风风管采用PE难燃橡塑保温材料（难燃B1级）保温，保温厚度25mm。通风排风风管不保温。
- 11) 连接风机盘管的风管均采用双包铝箔复合风管，难燃等级达到难燃A级，风管厚度20mm。
- 12) 在风管穿越各处墙体等部位用非金属材料密封堵严。穿越辐射类房间的风管必须用铅板作包裹处理。
7. 空调水路系统安装：
  - 1) 水系统采用两管制，热水温度 60~50℃，冷冻水温度 6~12℃。
  - 2) 水路系统：主供回水管为上供上回异程式系统。
  - 3) 管衬：冷热水管 DN<50 采用热镀锌钢管，丝接；DN>50~DN<200采用无缝钢管，焊接连接；空调冷凝水管采用PVC给水塑料管，PVC专用胶粘接。
  - 4) 阀门：DN<40采用铜质截止阀，DN≥40采用蝶阀，在每层回水主干管上设手动调节阀（或平衡阀）。管路最高处设DN20铜质自动排气阀，最低点处设DN25的泄水阀。
  - 5) 管道弯头均采用压制弯头，弯曲半径 R=1.5DN，转弯两头带1DN长直管段，管道支吊架采用膨胀螺栓方式。
  - 6) 管道防腐：镀锌管清理后在接口及表面涂刷防锈漆两道，无缝钢管除锈后，刷红丹防锈漆两道。
  - 7) 管道保温：当冷热水管试压完毕后进行保温，水管保温材料采用橡塑海绵壳，保温厚度：管径小于DN50的为25mm，管径≥DN50的为30mm，管径≥DN200的为35mm。所有缝隙均要求用专用防水密封严密，不得有在漏气现象，且冷冻水管与支架之间应做防腐处理的木垫块，具体做法参见《12系列建筑标准设计图集》12N9-2-36~40页，保温做法参见《12系列建筑标准设计图集》12N9-2-36~40页。
  - 8) 水管道管冲洗后水量洁净，清理除污后，清理过滤器后方可运行。
  - 9) 试压：
    - 9.1 空调水系统管道水压试验可分为强度试验和严密性试验，包括分区域、分段的水压试验和整个管道系统水压试验。
    - 9.1.1 本空调设计工作压力为0.60MPa，水系统金属管道的强度试验压力应为设计工作压力的0.90MPa，但不应小于0.6MPa；水系统严密性试验压力应为设计工作压力0.60MPa。
    - 9.1.2 试验过程同分区域、分段水压试验。管道压力升至试验压力后，稳压10min，压力下降不应大于0.02MPa，管道系统无渗漏，强度试验合格。
    - 9.1.3 试验压力降至严密性试验压力，外观检查无渗漏，严密性试验为合格。
  - 9.2 空调凝结水管道应进行清水试验，不渗不漏为合格。
  - 9.3 新风机组及风机盘管等设备的试压，应按厂家说明书的有关要求进行。
  - 10) 冲洗：应进行分段冲洗，至排水为合格。
  - 11) 管道穿墙及楼板处应加装套管，待管道安装完毕后予以堵严。
  - 12) 空调水管穿过防火墙时应预埋套管，在穿过防火墙处设置固定支架，并将管道与套管之间的空隙用复合堵材料密封堵严。穿越辐射类房

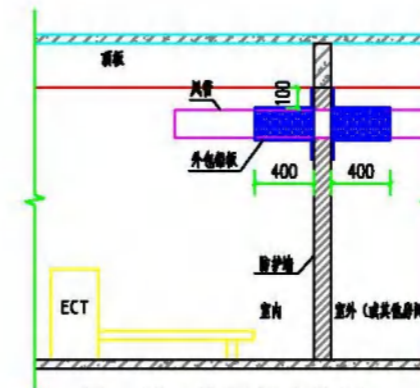
YT	陕西宇泰建筑设计有限公司		建设单位	山西省太原市人民医院	
	证书编号：A261000431		单项名称	核医学科改建辐射防护设施项目	
单位负责人	审定	通风空调施工图设计说明（一）	设计号	2022-YC-32	
技术负责人	校核		图别	设施	
项目负责人	设计		图号	01	
专业负责人	制图		日期	2022.05	



核医学科改建送（新）风系统轴侧图

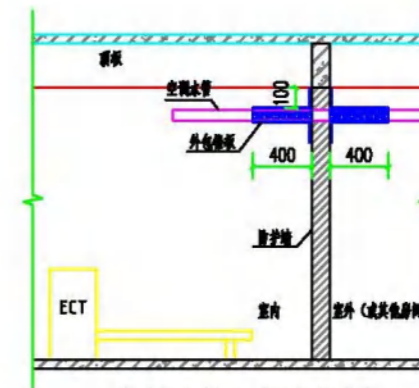


核医学科改建排风系统轴侧图



新、排风管局部防护图

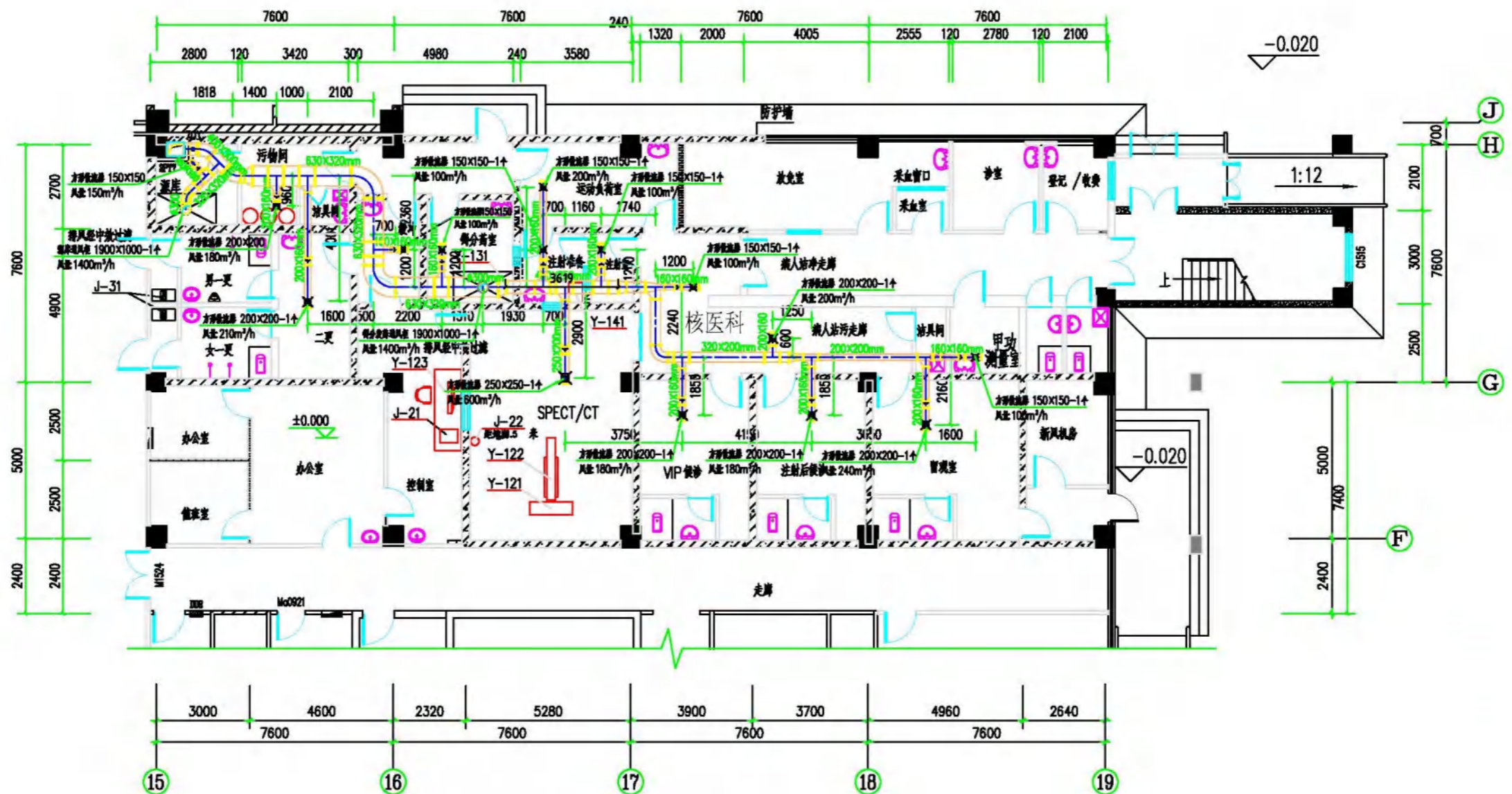
穿墙ECT防护的风管应使用5mm厚的铅板作包层处理  
穿墙其他辐射防护的风管采用3~4mm厚的铅板作包层处理



空调水管局部防护图

穿墙ECT防护的空调水管应使用5mm厚的铅板作包层处理  
穿墙其他辐射防护的空调水管采用3~4mm厚的铅板作包层处理

YT	陕西宇泰建筑设计有限公司		建设单位	山西省河津市人民医院	
	证书编号: A261000431		单项名称	核医学科改建辐射防护设施项目	
单位负责人	审定		核医学科改建 排风系统轴侧图 送（新）风系统轴侧图	设计号	2022-YC-32
技术负责人	校核			图别	设施
项目负责人	设计			图号	05
专业负责人	制图			日期	2022.05





核医学科改建排风平面图 1:100

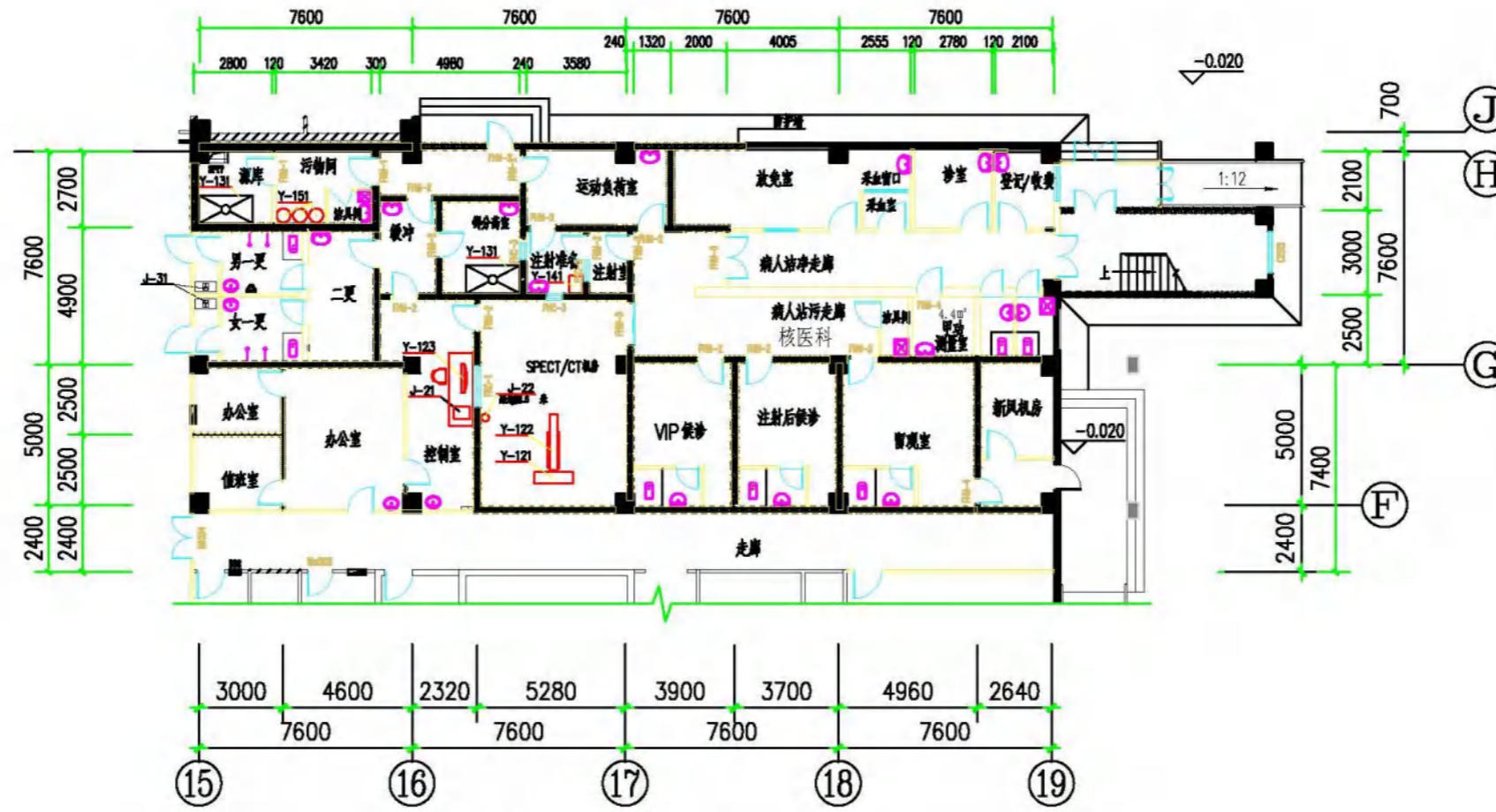
YT	陕西宇泰建筑设计有限公司 证书编号: A261000431		建设单位	山西省河津市人民医院
			单项名称	核医学科改建辐射防护设施项目
单位负责人	审定		设计号	2022-YC-32
技术负责人	校核		图别	设施
项目负责人	设计		图号	03
专业负责人	制图		日期	2022.05



辐射防护资料图(一) 1:100

说 明

1.  表示区域的墙和房顶用于辐射防护, 墙厚 300mm 混凝土, 房顶 150mm 厚混凝土+ 3mm 厚铅板。
2.  表示区域的墙和房顶用于辐射防护, 墙厚 240mm 混凝土, 房顶 150mm 厚混凝土+ 2mm 厚铅板。
3. 缓冲北墙和东墙、分药室北墙和西墙、注射准备东墙、运动负荷室东墙、洁具间西墙、甲功测量西墙用120mm实心砖+2个铅当量硫酸钡。
4. 注射准备室、注射室、沾污走廊、洁具间、甲功测量, 房顶150mm厚混凝土+2mm厚铅板。



辐射防护资料图(二) 1:100

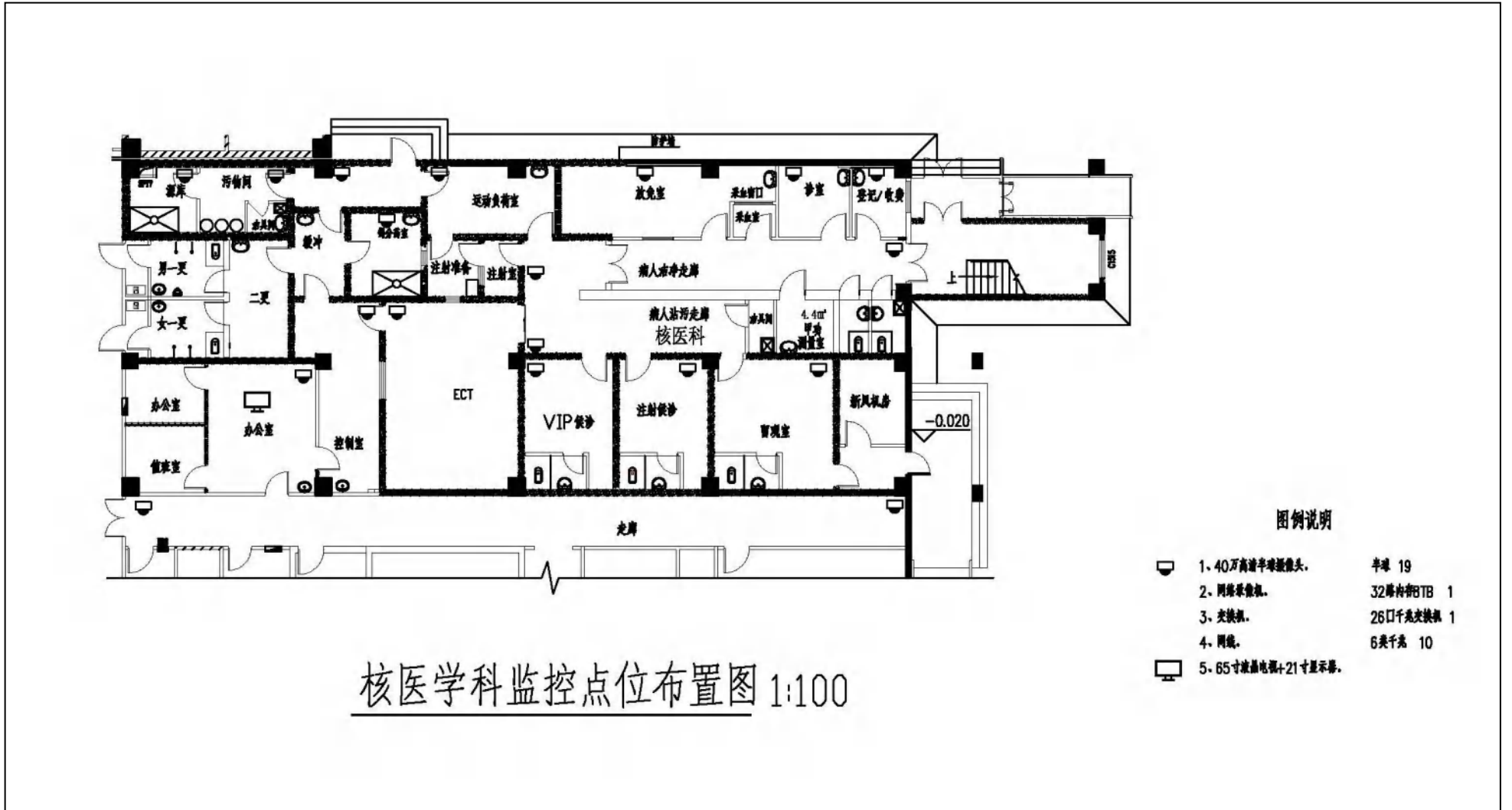
说明

- 1、图中预留洞用于控制台和射线装置间连接电缆，及其辐射监测仪器的电缆穿墙。
- 2、其他工种穿越有放射性的房间管道参照上述进行，或位于房间顶板下300mm 内范围，穿墙的管道均为 S 型。
- 3、图中标有“排水接衰变池”，供水没有特殊要求，排水需要接入放射性废水衰变池，经过衰变池衰变后接入医院总排水管网。
- 4、图中标有“排风到房顶”，为室内需要通排风，且排风单独管线引至项目综合门诊楼的房顶上，高出附近的建筑物。
- 5、核医学科地面和墙面选择易去污材料。
- 6、核医学科设的通风橱，要求在半开状态下风速不小于1米/秒，设有高效过滤装置，排风口高于附近50米范围内建筑屋脊3米。核医学科通风应设置机械通风，室内换气通风保持4-6次/小时，下水管道耐腐蚀，宜短。

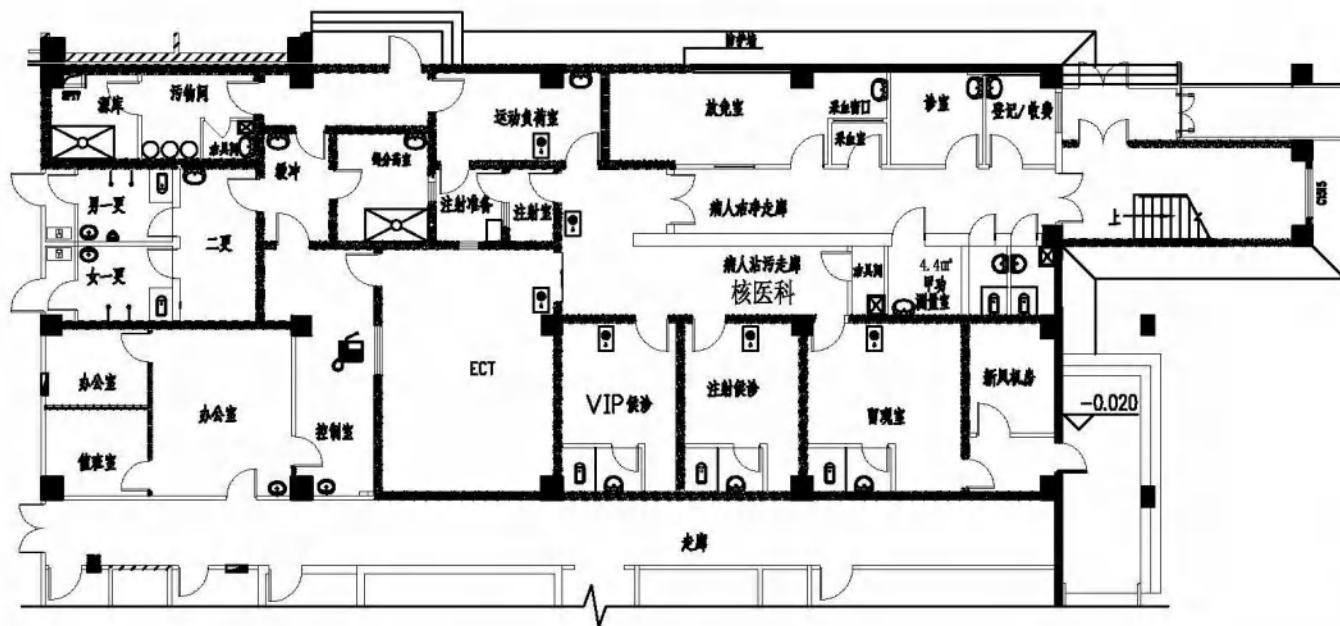
辐射防护门窗表

类别	设计编号	洞口尺寸(mm)		樘数	材料及类型	备注
		宽	高			
门	FHM-1	900	2100	2	6mm 厚铅	手动平开防护门
	FHM-2	900	2100	12	5mm 厚铅	手动平开防护门
	FHM-3	1500	2100	1	5mm 厚铅	电动门机联锁防护门
	FHM-4	900	2100	2	3mm 厚铅	手动平开防护门
	FHM-5	1500	2100	1	5mm 厚铅	手动双开防护门
窗	FHC-1	1500	900	1	5个铅当量铅玻璃	
	FHC-2	900	900	1	5个铅当量铅玻璃	双扇手动推拉防护窗
	FHC-3	600	600	2	5个铅当量铅玻璃	双扇手动推拉防护窗





核医学科监控布点位置图



核医学科呼叫对讲系统布置图 1:100

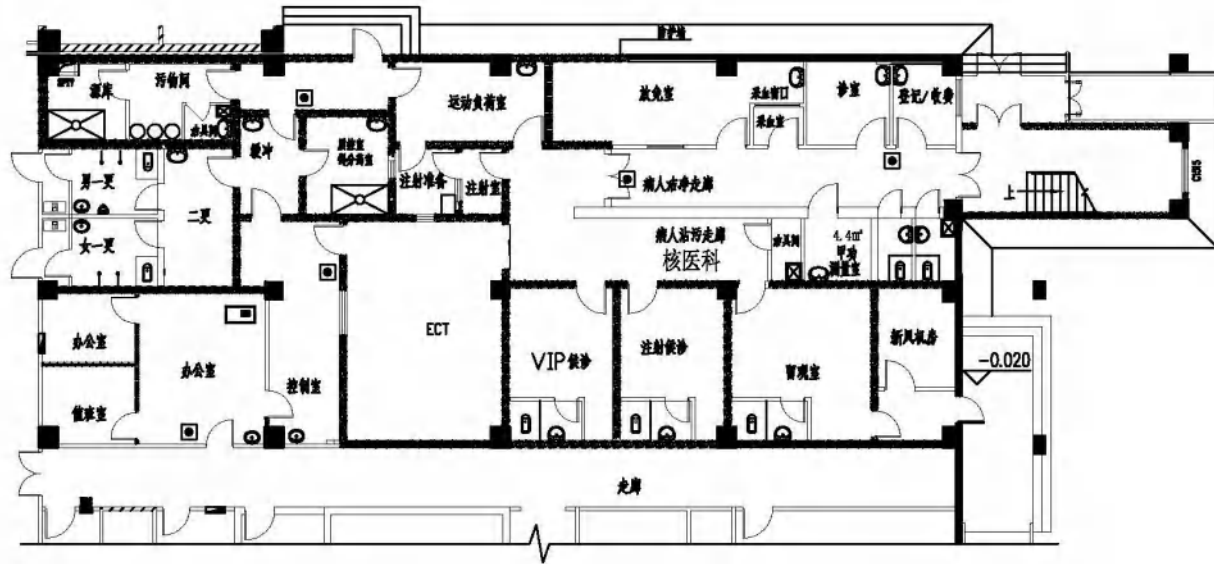
图例说明

- 1. 呼叫中心。
- 2. 对讲终端。

设备材料

	产品名称	产品型号	数量
1	IP 网络号话筒 (10.1寸)	RPN-JF8110	1
2	IP 对讲终端 (单可视)	RPN-JF8000	6
3	交换机	10口千兆交换机	1
4	网线	6类千兆	2

核医学科呼叫对讲系统布置图



辐射监测系统布置图 1:100

图例说明

- 1. 环境辐射检测仪
- 2. 环境辐射监测系统

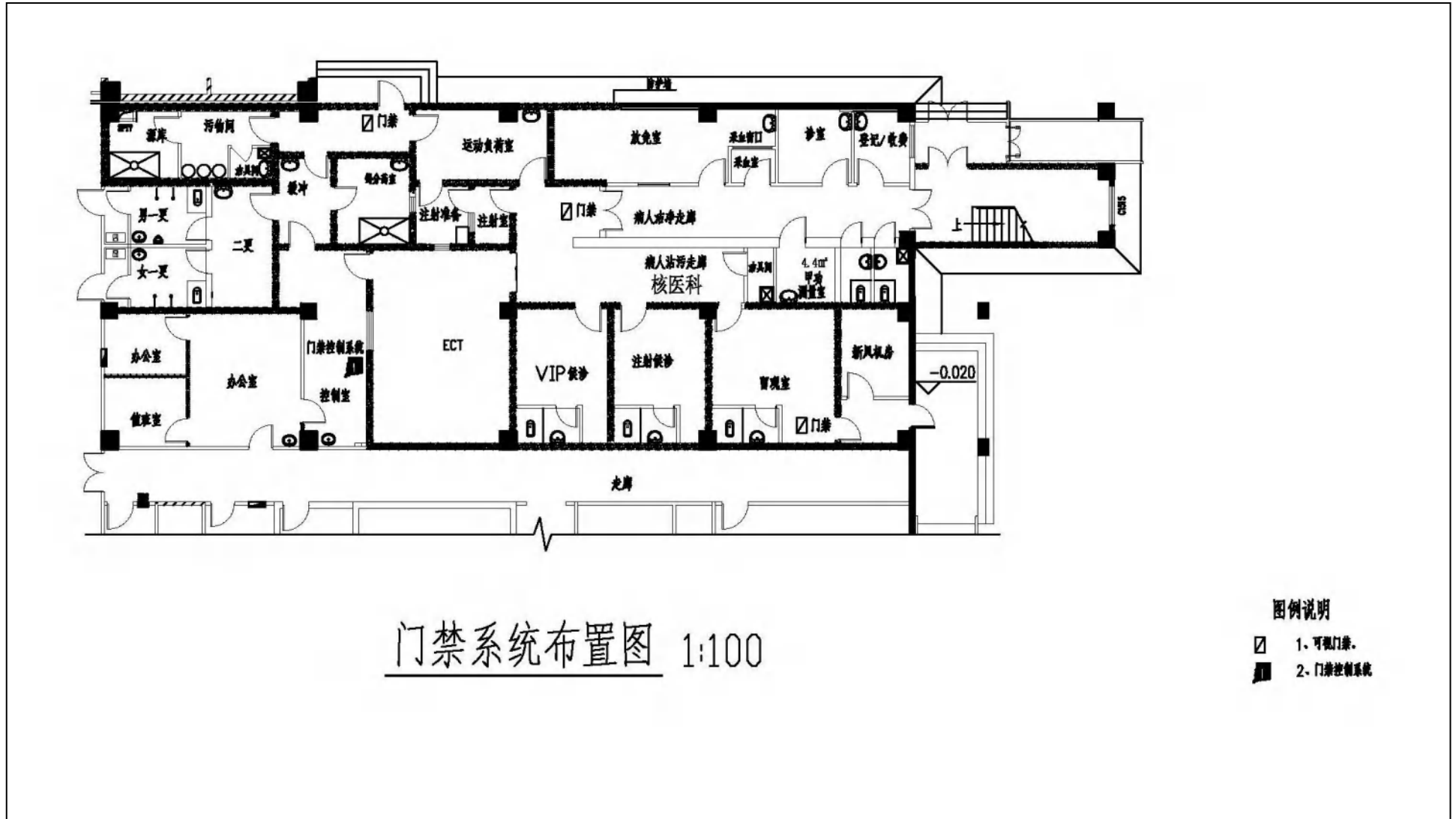
房间功能说明

房间	功能说明
办公室门口	监督区, 实时监控周围环境辐射水平, 避免检查完的人员流入, 引起医生和护士人员非必要照射。
控制室门口	监督区, 测周围环境辐射水平, 避免检查人员外出, 引起其它人员非必要照射。
分高室、原控室门口	控制区, 实时监控周围环境辐射水平, 避免放射源泄露, 射线超标, 引起工作人员非必要照射。
检查入口	控制区, 实时监控周围环境辐射水平, 避免检查人员外出, 引起工作人员非必要照射。
诊室门口	监督区, 实时监控周围环境辐射水平, 避免检查完的人员流入, 引起医生和护士人员非必要照射。

设备材料

	产品名称	产品型号	数量
1	智能环境监测系统	RadSys R710	1
2	环境检测仪	RadWall-H	5
3	网络柜	IoT-Package	1
4	高剂量辐射检测仪	RadPavise-H	1
5	个人剂量仪	RadTarge-Mini	5
6	电脑服务器+65寸液晶电视	Dell+电视	1

核医学科辐射监测系统布置图



核医学科门禁系统布置图

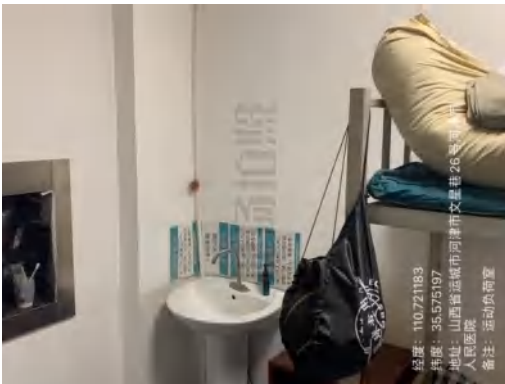
附图 15-1



核医学科病人洁净走廊



核医学科注射准备室/注射室之间



核医学科运动负荷室内



核医学科分药室内



核医学科污物间内



核医学科 ECT 机房内



核医学科 VIP 候诊室



核医学科病人沾污走廊



核医学科南侧体检科走廊



核医学科西侧门诊大厅



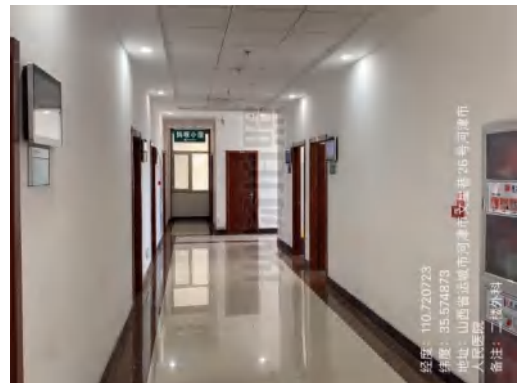
核医学科西侧输液大厅



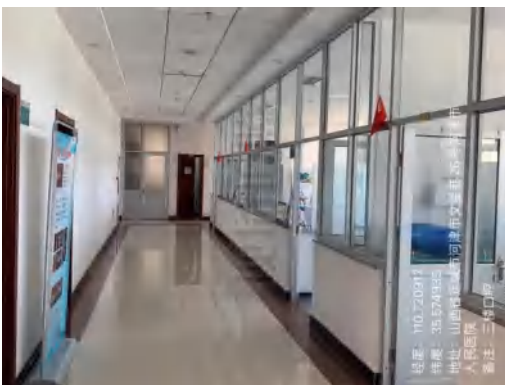
核医学科西北侧影像科



核医学科北侧介入中心



核医学科上方二层外科诊室



核医学科上方三层走廊内



核医学科东侧户外

# 项目委托书

委托方：河津市人民医院

承接方：山西大地晋新环境科技研究院有限公司

河津市人民医院现委托山西大地晋新环境科技研究院有限公司承担核医学科项目环境影响评价工作，特此委托。

委托方：河津市人民医院（盖章）



承接方：山西大地晋新环境科技研究院有限公司（盖章）



2022年4月18日

## 建设项目环境影响登记表

填报日期：2022-06-24

项目名称	河津市人民医院核医学科使用1台SPECT/CT射线装置项目		
建设地点	山西省运城市河津市延平街与永兴路交汇处东侧	占地面积(m <sup>2</sup> )	60
建设单位	河津市人民医院	法定代表人或者主要负责人	刘俊
联系人	卫芳	联系电话	13835967800
项目投资(万元)	1340	环保投资(万元)	60
拟投入生产运营日期	2022-12-30		
建设性质	改建		
备案依据	该项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中应当填报环境影响登记表的建设项目，属于第172核技术利用建设项目项中销售I类、II类、III类、IV类、V类放射源的；使用IV类、V类放射源的；医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的；销售非密封放射性物质的；销售II类射线装置的；生产、销售、使用III类射线装置的。		
建设内容及规模	<p>一、建设内容 河津市人民医院核医学科使用1台SPECT/CT射线装置</p> <p>二、建设规模 医院本次使用1台III类射线装置，设备名称为SPECT/CT机，型号为Symbia Intevo，最大管电压为130kV，最大管电流为345mA，设备安装位置为核医学科SPECT/CT机房。</p>		



<p>主要环境影响</p>	<p>辐射环境影响</p>	<p>采取的环保措施及排放去向</p> <p>环保措施：  一、污染防治措施1、机房辐射屏蔽设计机房墙体采用300mm钢筋混凝土，屋顶采用150mm混凝土+3mmpb铅板，防护门、防护窗铅当量为5mmpb，射线装置设有单独的机房，机房采用隔室操作。机房满足使用设备的空间要求和辐射防护要求。机房内布局合理，避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；机房门采用电动门，实施门灯联锁装置。2、警示标示：机房病人出入口外1m处设置红色警戒线，告诫无关人员请勿靠近；辐射工作场所设置工作指示灯和电离辐射标志并有中文说明，注明工作时严禁人员入内。3、通风装置：机房设置动力排风装置，并保持良好通风。4、照射剂量控制：根据各射线装置使用场所的实际工作情况配备相应的防护用。二、安全管理措施1、机房内不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。2、防护用品和监测仪器：每位放射工作人员配备一个热释光个人剂量计。设备所在机房均配备铅衣、铅帽、铅围脖等防护用品。3、有专职管理人员负责辐射安全管理。4、规章制度：成立了辐射安全与防护领导小组。制定了操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等制度。</p>
<p><b>承诺：</b>河津市人民医院刘俊承诺所填写各项内容真实、准确、完整，建设项目符合《建设项目环境影响登记表备案管理办法》的规定。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由河津市人民医院刘俊承担全部责任。  <b>法定代表人或主要负责人签字：</b></p>		
<p><b>备案回执</b>  该项目环境影响登记表已经完成备案，备案号：202214088200000075。</p>		

附件三



报告编号：DDJX-22-093

# 检验检测报告

项目名称：河津市人民医院核技术利用项目环境γ  
辐射剂量率现状检测

委托单位：河津市人民医院

检验类别：委托检测

委托日期：2022年4月18日


山西大地晋新环境科技研究院有限公司

2022年6月30日



山西大地晋新

## 注 意 事 项

1. 报告无本公司检测报告专用章、骑缝章及  章无效。
2. 未经本机构批准，不得复制（全文复制除外）本检验检测报告。复制报告未重新加盖本公司检测专用章、骑缝章无效。
3. 主检人、审核人、签发人未签名无效。
4. 报告涂改无效。
5. 本报告仅对检测时的工况有效。
6. 对监（检）测报告若有异议，应于收到报告 15 日内向监（检）测单位提出（电话：0351-6869883），逾期不予受理。
7. 投诉电话：0351-6869883。

公司名称：山西大地晋新环境科技研究院有限公司

公司地址：山西转型综合改革示范区学府产业园长治路 251 号瑞杰科技 A 座七层南区

电话：0351-6869883

传真：0351-6869884

邮政编码：030006



# 检验检测机构 资质认定证书

证书编号: 180403100601

名称: 山西大地晋新环境科技研究院有限公司

地址: 山西转型综合改革示范区学府产业园长治路251号瑞杰科技A座七层南区

经审查,你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力,现予批准,可以向社会出具具有证明作用的数据和结果,特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

许可使用标志



180403100601

发证日期: 2022年01月04日

有效期至: 2024年02月23日

发证机关: 山西转型综合改革示范区  
管理委员会

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制,在中华人民共和国境内有效。

提示: 1. 应在法人资格证书有效期内开展工作。2. 应在证书有效期届满前3个月提出复查申请,逾期不申请此证书注销。

# 检验检测报告

报告编号: DDJX-22-093

第 1 页 共 4 页

受检单位	河津市人民医院		
受检单位地址	河津市延平街与永兴路交汇处东侧		
联系人	卫芳	电 话	13835967800
检测项目	环境 $\gamma$ 辐射剂量率	检测类别	环境 $\gamma$ 辐射场监测
检测地点	河津市人民医院门诊医技楼	检测日期	2022.6.24
检测依据	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021 《辐射环境监测技术规范》HJ61-2021		
检测设备	仪器名称及编号	技术指标	检定有效期
	辐射监测仪 AT1117M/BDKG-11 (16722/16722)	能量响应: 50keV~3MeV 量程: 10nSv/h~100 $\mu$ Sv/h	2021.8.25- 2022.8.24
检测工况	/		
检测环境	天气状况: 晴 环境温度: 33 $^{\circ}$ C 环境湿度: 55%	样品编号	HE-2022-0001 (093)
项目概况	河津市人民医院拟改建核医学科场所, 原核医学科未开展过任何非密封放射性诊疗。项目位于门诊医技楼一层, 上述拟使用工作场所周围布局详见图 2。		
检验结论	/		
主检人	郭成 2022 年 6 月 30 日	审核人	张丕利 2022 年 6 月 30 日
	张伟 2022 年 6 月 30 日		
签发人	高 超	高超 2022 年 6 月 30 日	
备 注	/		
录 入	张伟	校 对	张丕利

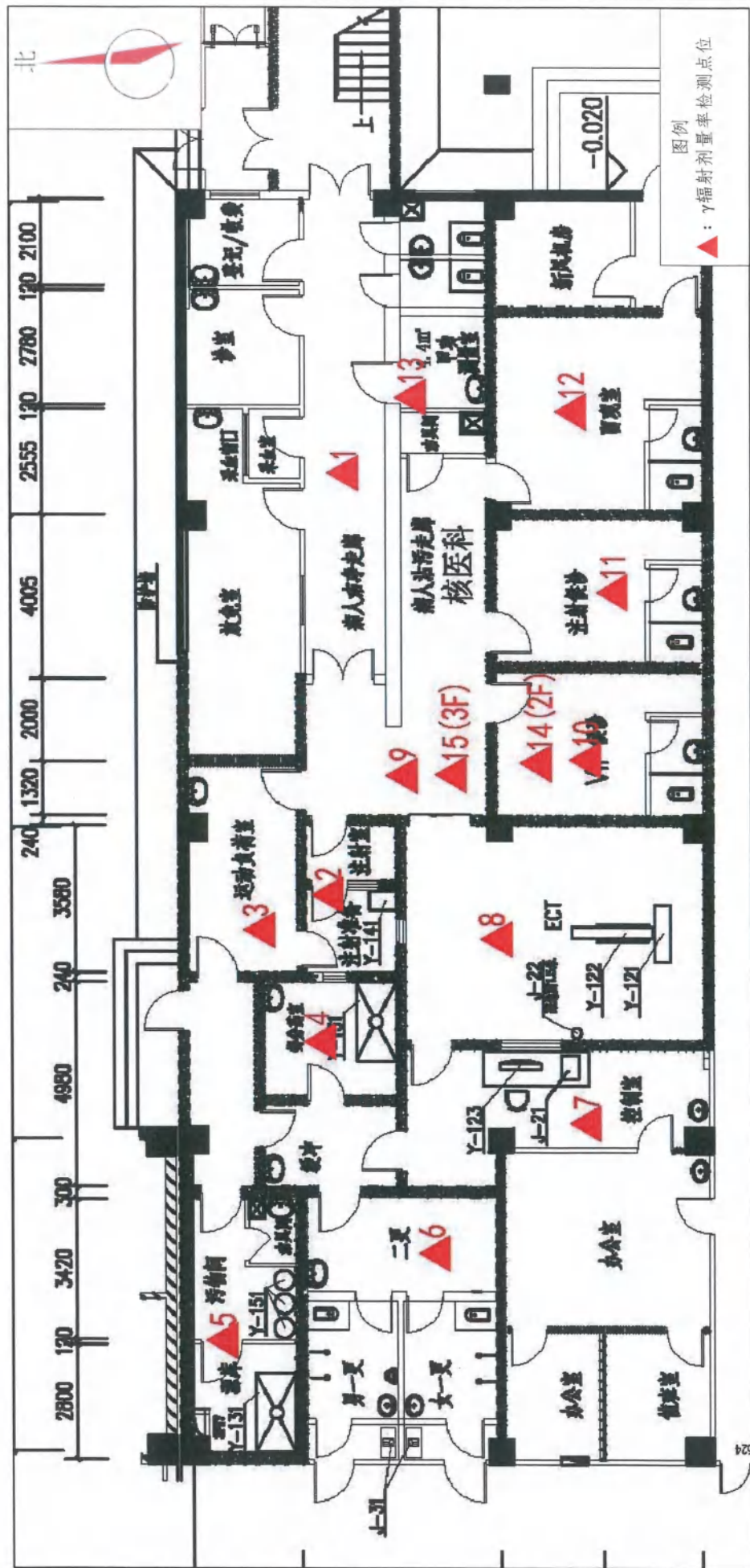
技 测 23

# 检验检测报告 (续页)

报告编号: DDJX-22-093

第 2 页 共 4 页

检测布点示意图



门诊医技楼核医学科检测点位布置示意图

图 1

检验检测报告 (续页)

报告编号: DDJX-22-093

第 3 页 共 4 页

检测布点示意图

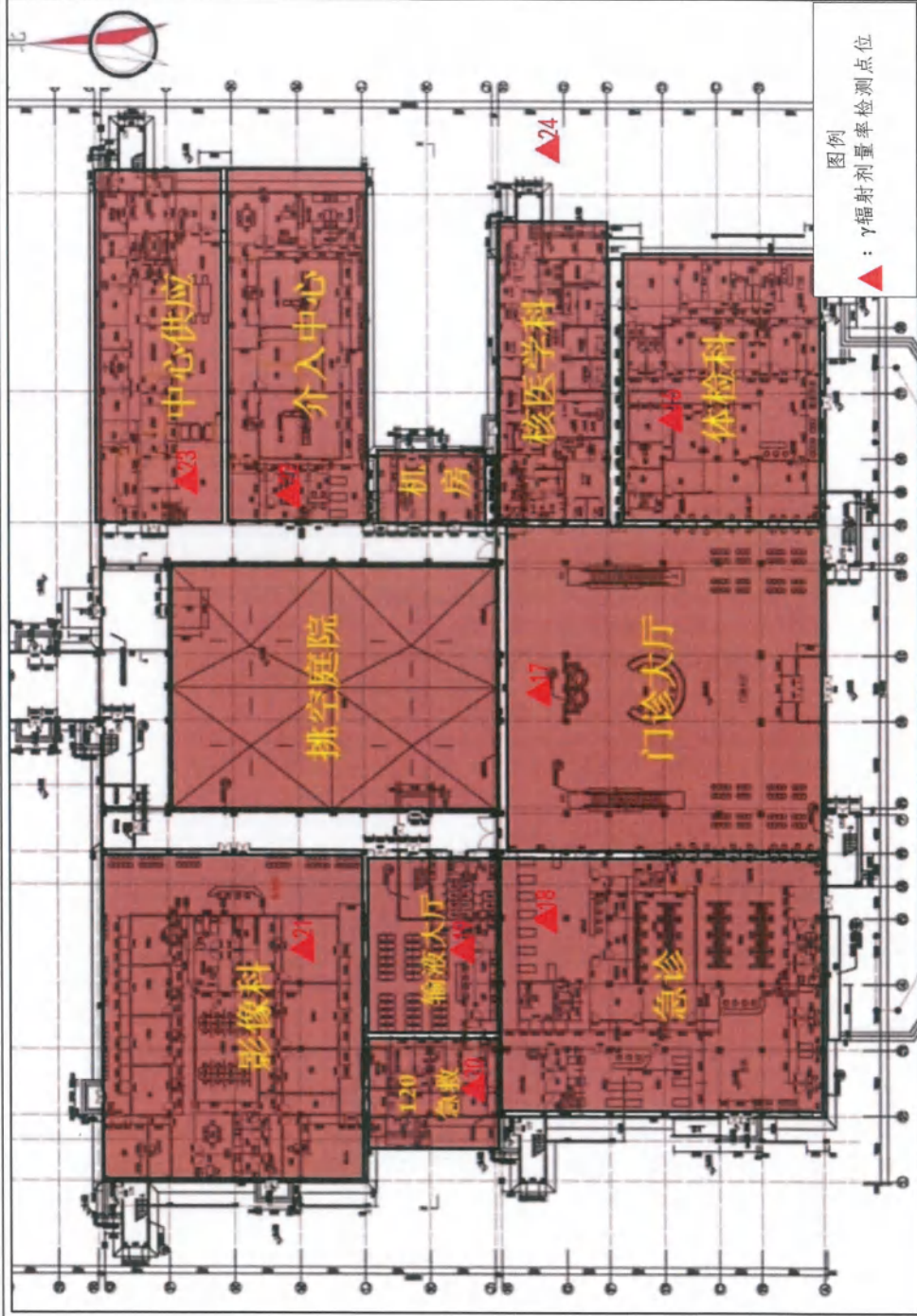


图 2 门诊医技楼核医学科周围检测点布置示意图

图 2

## 检 验 检 测 报 告 (续页)

报告编号: DDJX-22-093

第 4 页 共 4 页

### 检测结果

表 1 河津市人民医院核技术利用项目环境 $\gamma$ 辐射剂量率检测结果

序号	检测地点	检测点位描述	检测结果 (nGy/h)		备注
			校正值	标准差	
1	门诊医技楼 一层核医学科 (见图 1)	核医学科病人洁净走廊内 (1#)	88	1.61	检测时医院 介入中心、 体检科、影 像科处于正 常诊疗 状态
2		核医学科注射准备室/注射室之间 (2#)	87	0.84	
3		核医学科运动负荷室内 (3#)	85	1.38	
4		核医学科得分药室内 (4#)	85	1.75	
5		核医学科污物间内 (5#)	87	0.40	
6		核医学科二更区 (6#)	84	0.60	
7		核医学科 ECT 控制室 (7#)	88	1.19	
8		核医学科 ECT 机房内 (8#)	88	1.03	
9		核医学科病人沾污走廊 (9#)	86	0.84	
10		核医学科 VIP 候诊室 (10#)	87	0.40	
11		核医学科注射候诊室 (11#)	87	1.05	
12		核医学科留观室 (12#)	87	0.84	
13		核医学科甲功测量室 (13#)	85	1.38	
14		门诊医技楼 核医学科周 围 (见图 1/2)	核医学科上方二层外科诊室 (14#)	86	
15	核医学科上方三层走廊内 (15#)		86	1.19	
16	核医学科南侧体检科走廊 (16#)		90	0.99	
17	核医学科西侧门诊大厅 (17#)		89	0.83	
18	核医学科西侧急诊 (18#)		89	1.32	
19	核医学科西侧输液大厅 (19#)		88	1.61	
20	核医学科西侧 120 急救 (20#)		87	1.15	
21	核医学科西北侧影像科 (21#)		87	1.79	
22	核医学科北侧介入中心 (22#)		89	0.88	
23	核医学科北侧中心供应 (23#)		87	1.24	
24	核医学科东侧户外 (24#)		67	1.43	

备注: 样品编号: HE-2022-0001 (093), 已扣除仪器宇宙射线响应值 (13nGy/h)。

—本报告结束—



附图 1:



核医学科病人洁净走廊



核医学科注射准备室/注射室之间



核医学科运动负荷室内



核医学科得分药室内



核医学科污物间内



核医学科 ECT 机房内



核医学科 VIP 候诊室



核医学科病人沾污走廊

附图 2:



核医学科南侧体检科走廊



核医学科西侧门诊大厅



核医学科西侧输液大厅



核医学科西北侧影像科



核医学科北侧介入中心



核医学科上方二层外科诊室



核医学科上方三层走廊内



核医学科东侧户外



中心编号：(2022) 0107  
QTR/FX01/E-1/2019  
第 1 页 共 4 页

中国辐射防护研究院  
核工业太原环境分析测试中心

## 检测报告

样品名称 土壤  
送检单位 河津市人民医院  
检测类别 委托  
批准人 王沛华

报告发送日期 2022 年 7 月 5 日



### 注 意 事 项

1. 报告无检测单位专用公章无效。
2. 复制报告未重新加盖检测单位专用公章无效。
3. 报告无批准人签章无效。
4. 报告涂改无效。
5. 对检测报告若有异议，应于收到报告之日起三十日内向检测单位提出，逾期不予受理。
6. 委托检测仪对来样负责。
7. 实验室对客户提供的抽样信息真实性不承担责任。

地 址：山西省太原市学府街 102 号

邮政编码：030006

通讯处：太原市 120 信箱

电话：0351-2203825



# 检测报告

QTR/FX01/E-1/2019  
第 3 页 共 4 页

委托单位	河津市人民医院	委托人/电话	卫芳 /13835967800	
联络地址	山西省运城市河津市			
样品描述	土壤：1 个，约 2kg。 抽样信息为客户提供：是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
送样日期	2022 年 6 月 17 日	样品接收人员	徐萌	
检测地点	<input checked="" type="checkbox"/> 低本底实验楼 <input type="checkbox"/> 放射性综合设施 <input type="checkbox"/> 其他：_____			
检测依据	《水中总β放射性测定 蒸发法》EJ/T900-1994 《土壤中放射性核素的γ能谱分析方法》GB/T11743-2013 《高纯锗γ能谱分析通用方法》GB/T11713-2015			
分析仪器	名称	型号	编号	检定/校准有效期
	低本底α/β测量仪	LB770	6199	2022.10.18
	高纯锗 γ 谱仪	GEM40P4-76	48-TP32444A	2022.10.20
	以下空白			

检测日期： 2022 年 6 月 17 日 至 2022 年 7 月 4 日

院核  
2  
10.18



# 山西省环境保护厅

---

晋环函〔2014〕257号

## 山西省环境保护厅 关于河津市人民医院核技术利用项目 环境影响报告表的批复

河津市人民医院：

你院报送的《河津市人民医院使用放射性同位素与 X 射线装置项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》）及相关材料收悉。根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》及其实施细则的有关要求，经研究，现批复如下：

一、原则同意专家技术审查意见、运城市环保局和河津市环保局对《报告表》的初审意见。

二、你院由于工作需要，核医学科拟使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{125}\text{I}$ （属乙级工作场所），新增使用 14 台 X 射线装置（2 台 II 类数字血管造影机、1 台 III 类日本岛津 1000mA 诊断机、1 台 III 类数字化 X 线胃肠机、1 台 III 类数字化摄片机、1 台 III 类数字化乳腺拍片机、1 台 III 类数字化口腔全景 X 光机、1 台 III 类移动 C 型臂、1 台 III 类 500mA X 光机、1 台 III 类 200mA X 光机、1 台

---

Ⅲ类螺旋 CT 机、1 台Ⅲ类 16 排 CT 机、1 台Ⅲ类 64 排 CT 机、1 台Ⅲ类 ECT 机)。根据《报告表》结论,该项目在落实《报告表》提出的各项措施和要求条件下,能够达到环保要求,同意实施建设。

三、在日常管理和建设过程中,要严格按照国家有关规定,全面落实《报告表》提出的各项环境管理和污染防治措施,主要做好以下工作:

(一)进一步完善各项规章制度和辐射事故应急措施,不断增强可操作性和实用性。

(二)制定并实施质量保证计划,确保剂量准确。治疗机房防护门设置安全联锁装置和工作状态指示灯并经常检修,重点部位实施分区管理,配置必要的监控、监测和防护仪器设备,设置醒目的警示标志。核医学科要合理分区布局,做好相关的屏蔽防护,通风系统要满足相关的防护要求。对原设计的 18m<sup>2</sup> 三级衰变池按照环评报告提出的要求进行扩容。对放射性废物按要求进行统一收集与处理。

(三)加强档案管理,明确专人负责。建立和完善个人剂量档案和职业健康档案,从业人员佩戴的热释光个人剂量计定期委托通过剂量认证的单位进行监测,认真保存记录。

(四)认真落实从业人员培训教育制度,按时参加培训和复训,管理及操作人员要做到持证上岗。制定详细的人员培训计划,定期组织培训。

(五)严格履行审批程序,建立清晰的台帐,每年年底前将单位安全和防护状况年度报告报送省、市、县环保部门备案,



发现问题及时整改，确保辐射环境安全。

(六) 如核医学科核素和场所，射线装置种类、范围和作业地址改变，需另行申报。

四、严格执行环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度，项目竣工后按规定程序申请竣工环境保护验收。经验收合格后，方可正式投入使用。

五、我厅委托省辐射环境监督站、运城市环保局负责对你院辐射安全环境保护日常监督管理。

六、你单位应在收到本批复后 20 个工作日内，将批准后的《报告表》送运城市环保局和河津市环保局，并按规定接受各级环境保护行政主管部门的监督检查。



