

核技术利用建设项目

江西省人民医院红谷分院

放射性同位素与射线装置应用项目

环境影响报告表

(报批稿)

江西省人民医院 (盖章)

二〇一八年七月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

江西省人民医院红谷分院

放射性同位素与射线装置应用项目

环境影响报告表

(报批稿)

建设单位名称：江西省人民医院

建设单位法人代表：李秋根

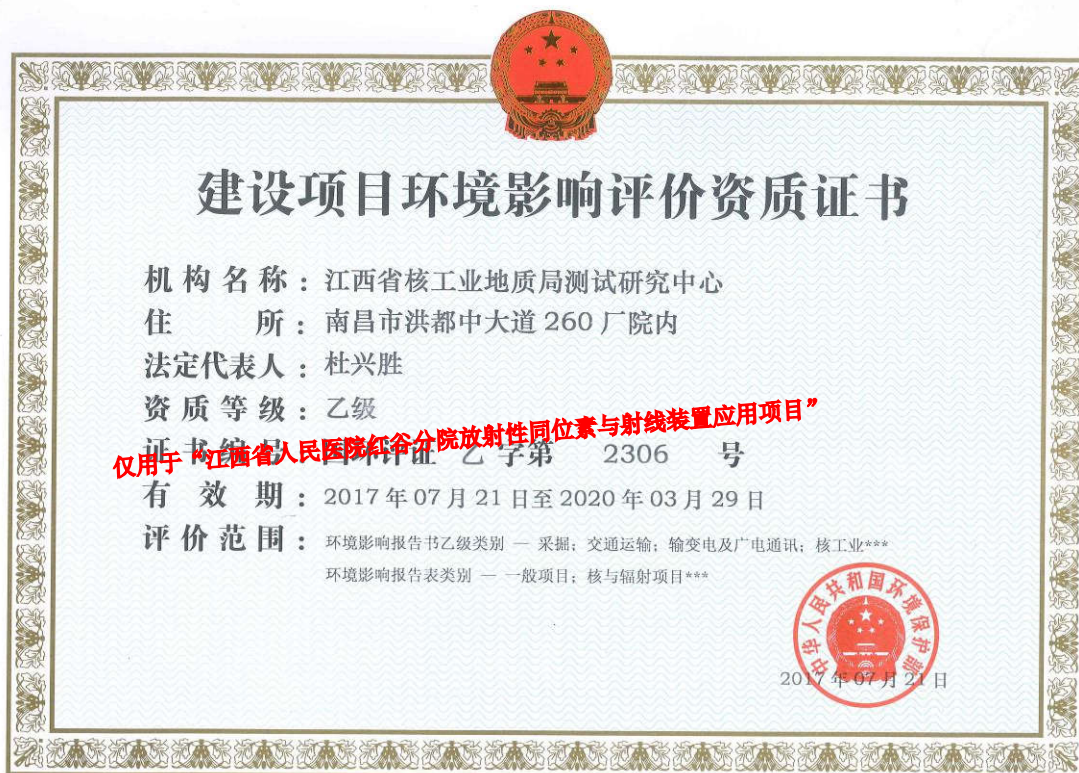
通讯地址：南昌市东湖区爱国路 152 号

邮政编码：330006

电子邮箱：2992637007@qq.com

联系人：林伟

联系电话：/



项 目 名 称： 江西省人民医院红谷分院

放射性同位素与射线装置应用项目

评价单位（签章）： 江西省核工业地质局测试研究中心

法人代表（签章）： 杜兴胜

环评项目负责人： 尹海华

编制人员情况				
姓名	职称	证书编号	负责章节	签名
尹海华	高级工程师	HP0010210	表 9-表 13	
吴群	工程师	2017035360352013360 710000096	表 1-表 8	



 <p>持证人签名: Signature of the Bearer</p> <p>管理号: 10353643509360185 File No.:</p>	<p>姓名: 尹海华 Full Name</p> <p>性别: 女 Sex</p> <p>出生年月: 1979. 09 Date of Birth</p> <p>专业类别: _____ Professional Type</p> <p>批准日期: 二〇一〇年五月 Approval Date</p> <p>签发单位盖章: Issued by</p> <p>签发日期: 2010 年 9 月 28 日 Issued on</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

中华人民共和国环境保护部

数据中心

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

2016年04月14日 星期四 10:30

您的位置: 首页 -> 数据中心 -> 环境影响评价工程师查询

返回数据中心

所在省:	全国	姓名:	尹海华	登记证号:		登记类别:	全部
有效期终止日期:		登记单位:		职业资格证书号:			
<div>查询</div>							

环境影响评价工程师								
序号	姓名	登记单位	登记证号	登记类别	登记有效期起始日期	登记有效期终止日期	职业资格证书号	诚信信息
1	尹海华	江西省核工业地质研究所研究中心	B230602811	核工业	2016-03-30	2019-03-30	0010210	

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	10
表 3 非密封放射性物质.....	10
表 4 射线装置.....	11
表 5 废弃物(重点是放射性废弃物) .....	12
表 6 评价依据.....	13
表 7 保护目标与评价标准.....	15
表 8 环境质量和辐射现状.....	21
表 9 项目工程分析与源项.....	23
表 10 辐射安全与防护.....	30
表 11 环境影响分析.....	43
表 12 辐射安全管理.....	57
表 13 结论与建议 .....	61
表 14 审批.....	63

## 附件:

- 1、委托书
- 2、红谷分院环评批复
- 3、《关于江西省人民医院放射性同位素与射线装项目环境影响报告表的批复》（环审[2007]316 号）
- 4、《关于对江西省人民医院 X 射线装置应用项目环境影响报告表的批复》（赣环辐字[2014]32 号）
- 5、《关于对江西省人民医院核医学科改扩建项目环境影响报告表的批复》（赣环辐字[2015]65 号）
- 6、《关于对江西省人民医院Ⅱ类和Ⅲ类医用 X 射线装置应用项目环境影响报告表的批复》（赣环辐字[2016]134 号）
- 7、《关于江西省人民医院放射性同位素与射线装置核技术应用项目竣工环境保护验收意见的函》（赣环辐函[2014]15 号）

8、《江西省环境保护厅关于对江西省人民医院放射性同位素与射线装置核技术应用项目竣工环境保护验收意见的函》（赣环辐函〔2017〕4号）

9、辐射安全许可证

10、个人剂量监测报告

11、健康体检报告

12、辐射安全培训证书

13、江西省人民医院辐射事故应急预案

14、医院相关规章制度

15、类比监测报告

16、环境辐射环境监测报告

17、专家意见及修改清单

建设项目环境保护审批登记表

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		江西省人民医院红谷分院放射性同位素与射线装置应用项目			
建设单位		江西省人民医院			
法人代表	李秋根	联系人	林伟	联系电话	/
注册地址		南昌市东湖区爱国路 152 号			
项目建设地点		南昌市红谷新区濠江路与丰和北大道交叉口			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		8500	环保投资（万元）	350	投资比例 4.1%
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 <sup>2</sup> ) /
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 checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

**1. 核技术利用项目情况**

(1) 单位基本情况

江西省人民医院创建于 1897 年，前身是美国卫理公会创办的教会医院，是南昌地区第一所西医医院。医院医疗用房建筑面积 12.02 万 m<sup>2</sup>，开放床位 1646 张，集医疗、保健、科研、教学和体检于一体，是江西乃至中部地区具有重要影响的区域医疗中心。医院分为本部、阳明路门诊部及红谷分院。医院本部位于南昌市爱国路 152 号，阳明路门诊部位位于南昌市阳明路 392 号。红谷分院位于红谷滩新区凤凰洲片区珠江路以南、凤凰北大道以东、濠江路以北、丰和北大道以西地块，地理坐标为：北纬 28°42'21.66"，东经 115°52'22.67"，地理位置详见图 1-1。红谷分院建设项目履行了环评手续，取得了环评批复（赣环评字[2010]92 号，见附件 2），红谷分院目前正在建设中。医院在职职工 2347 人，其中辐射工作人员 153 人，实行年工作 365 天，每天 8 小时的工作制度。

(2) 项目基本情况

医院拟在红谷分院医疗综合楼四楼及五楼建设 10 间数字减影血管造影设备（以下简

称 DSA）机房，每间机房配备数字减影血管造影设备（DSA）各 1 台，DSA 为床下单球管 X 射线机；拟在医疗综合楼一楼建设核医学科，使用  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{125}\text{I}$  标记物等非密封放射性物质，为乙级非密封放射性物质工作场所。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  采用钼铈发生器淋洗得到，其他药物由厂家分装好后直接送至医院红谷分院核医学科。

本项目核医学科辐射工作人员依托医院现有核医学科辐射工作人员（15 人）。DSA 的辐射工作人员依托现有介入室、心内科等从事介入工作的辐射工作人员（约 80 人），红谷分院 DSA 运行后，DSA 相关辐射工作人员在本部与红谷分院之间轮岗。辐射工作人员情况见附件 12。

本次环评内容见表 1-1~表 1-2，本项目核医学科患者服药量及预计年病人情况见表 1-3。其中， $^{125}\text{I}$  标记物日最大使用量  $2.22 \times 10^5 \text{Bq}$ ，符合《中华人民共和国环境保护部公告》（2013 年 第 74 号）中关于碘-125 体外放射免疫试剂豁免管理条件要求，即对放免药盒的最大日使用量不超过  $1.0\text{E}+6$  贝可（ $1.48\text{E}+5$  贝可规格的 7 盒）的医院及专业体检机构实行豁免管理。

表 1-1 江西省人民医院（红谷分院）非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	应用目的和任务	活动种类和范围	使用场所
1	$^{131}\text{I}$	$2.59\times 10^{10}$	$2.59\times 10^9$	$9.324\times 10^{11}$	治疗、显像	使用、乙级非密封放射性物质工作场所	医疗综合楼一楼核医学科
2	$^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.96\times 10^{10}$	$2.96\times 10^7$	$1.42\times 10^{12}$	显像	使用、乙级非密封放射性物质工作场所	
3	$^{89}\text{Sr}$	$7.4\times 10^8$	$7.4\times 10^7$	$7.4\times 10^9$	治疗		
4	$^{153}\text{Sm}$	$3.7\times 10^9$	$3.7\times 10^8$	$3.7\times 10^{10}$	治疗		
5	$^{125}\text{I}$ 标记物	$2.22\times 10^5$	$2.22\times 10^4$	$5.55\times 10^7$	标记	豁免	

表 1-2 江西省人民医院（红谷分院）本次环评射线装置一览表

序号	设备名称	数量 (台)	型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	项目性质	应用目的和任务	设备拟安装位置
1	DSA	8	/	$\leq 125$	$\leq 1250$	II类	新建	介入治疗	医疗综合楼四楼
2	DSA	2	/	$\leq 125$	$\leq 1250$	II类	新建	介入治疗	医疗综合楼五楼

表 1-3 江西省人民医院（红谷分院）核医学科患者服药量及人数

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	患者一般服药量/次	患者最大服药量/次	最大服药量对应年病人人数 (人)
1	$^{131}\text{I}$	$2.59 \times 10^{10}$	$9.324 \times 10^{11}$ (甲亢: 7.2Ci; 甲癌: 18Ci)	治疗: 100mCi	治疗: 250mCi	72
				甲亢: 4mCi	甲亢: 8mCi	900
				吸碘率: 2 $\mu$ Ci		972
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.96 \times 10^{10}$	$1.42 \times 10^{12}$ (38.4Ci)	18mCi	30mCi	1280
3	$^{89}\text{Sr}$	$7.4 \times 10^8$	$7.4 \times 10^9$ (0.2Ci)	4mCi	4mCi	50
4	$^{153}\text{Sm}$	$3.7 \times 10^9$	$3.7 \times 10^{10}$ (1Ci)	50mCi	60mCi	17

由“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）”可知，本项目拟使用的 DSA 属于 II 类射线装置；由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）可知，核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号，2018 年修正版）可知，江西省人民医院红谷分院放射性同位素与射线装置应用项目（一期）应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。

为此，江西省人民医院委托江西省核工业地质局测试研究中心（国环评证乙字第 2306 号）进行辐射环境影响评价。江西省核工业地质局测试研究中心则立即组织人员进行了现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了该项目的辐射环境影响报告表。

## 2. 项目周边环境概况

江西省人民医院红谷分院位于濠江路与丰和北大道交叉口。红谷分院北面为空地，南面为濠江路，西面为凤凰北大道，东面为丰和北大道。

核医学科位于医疗综合楼一楼，DSA 机房位于医疗综合楼四楼及五楼。

核医学科北面及东面 50m 为医疗综合楼及住院部北楼，西面 50m 为医院二期用地，南面 43.8m 为医院边界，边界外为濠江路，楼下为停车场，楼上为医院各功能用房（ERCP 室、彩超室等）。

医疗综合楼四楼 DSA 机房北面 50m 为医疗综合楼及住院部北楼，南面 50m 为医疗综合楼及住院部南楼，西面 50m 为医疗综合楼及空地，东面 50m 为医疗综合楼，楼上为手术室，楼下为药房。医疗综合楼五楼 DSA 机房北面 50m 为医疗综合楼，南面 50m 为医疗综合楼及住院部南楼，西面 50m 为医疗综合楼及空地，东面 50m 为医疗综合楼，楼上为楼顶，

楼下为介入室。医院总平面布置见图 1-2，外环境关系见图 1-3。



图 1-1 项目地理位置图



图 1-2 江西省人民医院红谷分院总平面布置图



图 1-3 医院四至关系图



南面濠江路



西面凤凰北大道



东面丰和北大道



北面空地

### 3.原有核技术项目回顾

医院许可使用直线加速器、模拟定位机、回旋加速器、PET/CT、SPECT-CT、万东 X 光机、牙片机、口腔全景机、口腔 CT、口内牙片机、体外冲击波碎石机、C 型臂 X 射线机、小 C 臂机各 1 台，钼靶乳腺机、骨密度仪、移动式 X 射线机各 2 台，数字胃肠机、床旁机各 3 台，数字减影 X 线机（DSA）4 台，CT 机 7 台，DR 机 9 台，移动 C 臂 X 线机 11 台，PET/CT 使用了一枚  $^{68}\text{Ge}$  的校正源，使用非密封放射性物质  $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒籽、 $^{125}\text{I}$  标记物。其中，医院本部干部保健楼一楼 5 年规划的 CT 及 DR、住院部南楼一楼 DR 及老内科大楼一楼拟配备的 SPECT-CT 均未购置；核医学科仍在门诊部 5 楼运行，老内科大楼一楼的新核医学科尚未投入使用，门诊部 5 楼核医学科已于 2014 年取得了验收批复；红谷分院已备案的数字胃肠机（2 台）、乳腺钼靶机（1 台）、DR（5 台）、CT（4 台）、C 型臂 X 射线机（1 台）、口腔 CT 机（1 台）、口内牙片机（1 台）、移动式 C 型臂 X 射线机（10 台）、移动 X 射线机（2 台）均未购置。上述放射性同位素与射线装置均履行了辐射环境影响评价手续（批复见附件 3~附件 6），医院办理了辐射安全许可证（赣环辐证[A1414]，许可证见附件 9）。医院大部分放射性同位素与射线装置进行了竣工环境保护验收（验收批复见附件 7、附件 8），未验收部分正在进行自主验收监测。

医院放射性同位素与射线装置情况见表 1-4 至表 1-6。

表 1-4 江西省人民医院（本部）密封源一览表

序号	核素名称	使用场所	放射性活度（Bq）	活动种类和范围	环评情况	验收情况
1	$^{68}\text{Ge}$	PET/CT 机房	$5.50 \times 10^7$	使用 V 类放射源	已备案	赣环辐函 [2017]4 号

表 1-5 江西省人民医院已环评非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	使用场所	放射性活度 (Bq/a)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类和范围	环评情况	验收情况
1	<sup>99m</sup> Tc	核医学科	8.88×10 <sup>11</sup>	1.85×10 <sup>8</sup>	使用、乙级非密封放射性物质工作场所	赣环辐字[2015]65号	未运行
2	<sup>131</sup> I		4.44×10 <sup>11</sup>	1.85×10 <sup>9</sup>			
3	<sup>89</sup> Sr		8.88×10 <sup>9</sup>	4.44×10 <sup>7</sup>			
4	<sup>153</sup> Sm		3.7×10 <sup>10</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>			
5	<sup>125</sup> I 粒籽		8.52×10 <sup>10</sup>	1.78×10 <sup>7</sup>			
6	<sup>125</sup> I 标记物		4.44×10 <sup>7</sup>	8.88×10 <sup>4</sup>	豁免		
7	<sup>18</sup> F	PET-CT 中心	1.35×10 <sup>9</sup>	1.11×10 <sup>7</sup>	使用、丙级非密封放射性物质工作场所	环审[2007]316号	赣环辐函[2017]4号
医院核医学科仍在门诊部 5 楼运行，尚未搬迁至老内科大楼一楼的新核医学科使用。							
8	<sup>125</sup> I 粒籽	红谷分院核医学科	7.4×10 <sup>10</sup>	3.7×10 <sup>9</sup>	使用、丙级非密封放射性物质工作场所	20183601000100000281	/

表 1-6 江西省人民医院已环评射线装置一览表

序号	设备名称	型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	安装位置	类别	环评情况	验收情况
1	直线加速器	ONCOR ImpressionPlus	X 射线能量:6MV、15MV		放疗室地下室 (本部)	Ⅱ类	环审[2007]316号	赣环辐函[2014]15号
2	DSA	Innova2100	125	1000	住院部南楼五楼介入室 (本部)	Ⅱ类		
3	DSA	Innova2100 IQ	125	1000		Ⅱ类		
4	床旁机	MULTIMOBIL 2.5	100	25	放射科 (本部)	Ⅲ类		
5	床旁机	MULTIMOBIL 2.5	100	25		Ⅲ类		
6	床旁机	Sirius 130HP	130	250	病房 (本部)	Ⅲ类		
7	移动 C 臂 X 线机	SIREMOBIL Compact L	110	14	手术室 (本部)	Ⅲ类		
8	万东 X 光机	958H	120	640	住院部南楼一楼放射科 (本部)	Ⅲ类		
9	数字 X 线机 (DR)	AXIOM Arisos	150	800		Ⅲ类		
10	数字胃肠机	Uni-vision	150	800		Ⅲ类		
11	钼靶乳腺机	Flat BYM	35	100	住院部南楼一楼放射科 (本部)	Ⅲ类	环审[2007]316号	赣环辐函[2014]15号
12	双排 CT	Hispeed	140	350	门诊楼一楼 CT 室 (本部)	Ⅲ类		
13	双源 CT 机	Somtom Definition	140	500		Ⅲ类		

14	牙片机	HP-I	50	3.2	阳明路门诊部 5 楼口腔二科	Ⅲ类		
15	回旋加速器	minitrace	9.6MeV		PET 楼地下室（本部）	Ⅱ类	环 审 [2007 ]316 号	赣 环 辐 函 [201 7]4 号
16	PET/CT	Discovery ST16	140	380	PET 楼一楼（本部）	Ⅲ类		
17	小 C 臂机	GB9000	120	70	手术室（本部）	Ⅲ类	赣 环 辐 字 [2014 ]32 号	赣 环 辐 函 [201 7]4 号
18	口腔全景机	Kodak 8000C	90	15	门诊楼四楼 口腔科（本部）	Ⅲ类		
19	模拟定位机	Simalix HQ	120	250	放疗室一楼（本部）	Ⅲ类		
20	骨密度仪	MetriScan™	60	0.1	体检中心二楼 （本部）	Ⅲ类		
21	DR	Essenta DR	150	800		Ⅲ类		
22	骨密度仪	Norland Excell	90	0.5	门诊楼一楼（本部）	Ⅲ类		
23	DSA	Allura Xper FD20	125	1250	住院部南楼五楼 介入室（本部）	Ⅱ类		
24	DR	/	/	/	干部保健楼一楼 （本部）	Ⅲ类		尚未 购置
25	CT	/	/	/		Ⅲ类		
26	SPECT/CT	/	/	/	老内科大楼一楼 核医学科（本部）	Ⅲ类	赣 环 辐 字 [2015 ]65 号	尚未 购置
27	DSA	Innova IGS520	125	800	住院部南楼五楼 （本部）	Ⅱ类	赣 环 辐 字 [2016 ]134 号	正在 自主 验收
28	体外冲击波 碎石机	HB-ESWL-VG	70	4.5		Ⅲ类		/
29	DR	/	≤150	≤800	住院部南楼一楼	Ⅲ类		尚未 购置
30	数字胃肠机 （2 台）	/	≤150	≤800	红谷分院医疗综 合楼（A 区）一 楼	Ⅲ类	备 案 号 20183 60100 01000 00281	/
31	钼靶乳腺机 （1 台）	/	≤40	≤300		Ⅲ类		
32	DR（5 台）	/	≤150	≤800		Ⅲ类		
33	CT（4 台）	/	≤140	≤1000		Ⅲ类		
34	C 型臂 X 射 线机（1 台）	/	≤120	≤300	红谷分院医疗综 合楼（A 区）二 楼 ERCP 室	Ⅲ类		
35	口腔 CT 机 （1 台）	/	≤90	≤10	红谷分院医疗综 合楼（B 区）五	Ⅲ类		

36	口内牙片机 (1台)	/	$\leq 70$	$\leq 7$	楼	Ⅲ类		
37	移动式C型 臂X射线机 (10台)	/	$\leq 120$	$\leq 10$	红谷分院医疗综 合楼(A区)五 楼手术室	Ⅲ类		
38	移动X射线 机(2台)	/	$\leq 120$	$\leq 10$	红谷分院内	Ⅲ类		

医院干部保健楼一楼尚未购置的DR、CT机，老内科大楼一楼核医学科尚未购置的SPECT-CT及住院部南楼一楼尚未购置的DR机，住院部南楼五楼运行的DSA及体外冲击波碎石机，红谷分院备案的射线装置及 $^{125}\text{I}$ 籽粒环评、备案后未录入辐射安全许可证，医院应及时更新辐射安全许可证。

#### 4.选址合理性

本项目核医学科及DSA机房50m范围为医院用地及空地，DSA机房位于介入室及手术室内，机房楼上、楼下人员停留较少，机房大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求，机房选址充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。核医学科区域与周边其他非放射性工作场所采取了墙体等实体隔离措施，出入口设置门禁措施，防止无关人员进入，各功能室采取了相应的屏蔽措施，减少了对周边的环境影响。本项目工作场所避开了人群聚集点，故本项目工作场所选址基本合理。

#### 5.评价目的

(1) 对医院此次环评的放射性同位素与射线装置工作场所周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，以掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

(2) 通过环境影响评价，预测建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据。

(3) 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”。

(4) 提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

#### 6.评价因子及评价重点

本项目的污染因子为放射性同位素与射线装置应用过程中产生的电离辐射。本次评价采用X- $\gamma$ 辐射剂量率、 $\beta$ 表面污染及放射性废水中总 $\beta$ 作为评价因子，重点评价其产生的电离辐射对周边环境的影响。

**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	<sup>131</sup> I	液态，半衰期 8.04d，中毒	使用	2.59×10 <sup>10</sup>	2.59×10 <sup>9</sup>	9.324×10 <sup>11</sup>	治疗	简单操作	医疗综合楼一楼核医学科	分装室通风橱的自动分装仪内
2	<sup>99m</sup> Tc	液态，半衰期 6.02h，低毒	使用	2.96×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>7</sup>	1.42×10 <sup>12</sup>	显像	很简单的操作	医疗综合楼一楼核医学科	高活性室通风橱内
3	<sup>89</sup> Sr	液态，半衰期 50.5d，中毒	使用	7.4×10 <sup>8</sup>	7.4×10 <sup>7</sup>	7.4×10 <sup>9</sup>	治疗	简单操作		
4	<sup>153</sup> Sm	液态，半衰期 1.95d，中毒	使用	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>	3.7×10 <sup>10</sup>	治疗	简单操作		
5	<sup>125</sup> I 标记物	液态，半衰期 60.2d，中毒	使用	2.22×10 <sup>5</sup>	2.22×10 <sup>4</sup>	5.55×10 <sup>7</sup>	标记	简单操作		放免室冰柜内

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及“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”。

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）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	8	/	≤125	1250	介入治疗	医疗综合楼四楼	
2	DSA	II类	2	/	≤125	1250	介入治疗	医疗综合楼五楼	

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
放射性废气	气态	主要为 <sup>131</sup> I	微量	/	/	少量	在通风柜分装、稀释液态放射性药品，操作时间较短，在正常情况下，通风柜排出废气的放射性活度很小。	经排气口高效过滤后经高于本建筑屋脊高度的排放口排放。
放射性废液（非密封放射性物质使用过程中产生的放射性废液）	液态	主要含 <sup>131</sup> I、 <sup>99m</sup> Tc	少量	/	总β放射性≤6.28×10 <sup>5</sup> Bq（62.8m <sup>3</sup> /年）。	总β放射性≤10Bq/L。	贮存在放射性废液衰变池中。	在衰变池中经过长时间衰变后，经检测达标后排入医院污水处理站处理，然后排入城市污水管网。
放射性固体废物（一次性塑胶手套、注射器及活性炭等）	固态	主要含 <sup>131</sup> I、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>153</sup> Sm	少量	/	<sup>131</sup> I≤3.24×10 <sup>6</sup> Bq/kg（年产生量约32.4kg）	≤1×10 <sup>2</sup> Bq/g	固体废物包扎好编好日期后贮存在铅制固体废物桶中。	贮存足够长时间、经检测其活度浓度满足《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）中的相关要求后作为普通医疗垃圾处理。废弃活性炭交有资质单位处理。
					<sup>99m</sup> Tc≤4.27×10 <sup>6</sup> Bq/kg（年产生量约42.67kg）	≤1×10 <sup>2</sup> Bq/g		
					<sup>89</sup> Sr≤1.67×10 <sup>6</sup> Bq/kg（年产生量约1.67kg）	≤1×10 <sup>3</sup> Bq/g		
					<sup>153</sup> Sm≤5.67×10 <sup>4</sup> Bq/kg（年产生量约0.57kg）	≤1×10 <sup>2</sup> Bq/g		
废药盒及钼铯发生器	固态	<sup>99</sup> Mo- <sup>99m</sup> Tc	/	/	/	/	暂存在储源室内	交由厂家回收处理。

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。  
 2. 含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、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

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委 员会第十一次会议通过，2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订）</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大 会常务委员会第三十次会议通过，根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大 会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》 修正）</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号）</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉 的决定》修订）</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 09 月 14 日国务院令第 449 号发布，根据 2014 年 07 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订）</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保 护总局令第 31 号公布，根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第二次部务会议通 过的《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》修正，根据 2017 年 12 月 12 日环境保护部第五次部务会议通过的《环境保护部关于修改部分规章 的决定》第二次修正）</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保部令第 18 号）</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号，2018 年修正）</p> <p>(9) 关于发布&lt;射线装置分类&gt;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）</p> <p>(10) 《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）</p>
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

技术标准	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)</p> <p>(2)《环境地表<math>\gamma</math>辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)</p> <p>(4)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>(5)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013)</p> <p>(6)《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)</p> <p>(7)《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009)</p> <p>(8)《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)</p> <p>(9)《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)</p>
其他	<p>《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护局, 1995 年)</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**一、评价范围**

本项目为使用非密封放射性物质（ $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{125}\text{I}$ ）、使用医用II类射线装置，依据《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》（HJ 10.1-2016），考虑到该项目的实际情况，本项目评价范围为各工作场所实体屏蔽物质外 50m。

**二、保护目标**

由医院总平面布置及现场调查可得，本项目工作场所周边 50m 内为医院用地及空地，主要环境保护目标为医院辐射工作人员及各工作场所周边偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。本项目的环境保护目标见表 7-1：

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象			相对方位	距离	规模
DSA	职业工作人员	控制室操作人员	介入位及控制室	$\geq 0.3\text{m}$	约 80 人
	公众人员	候诊人员及家属	机房四周	/	流动人员
		医疗综合楼其他工作人员	机房四周	/	约 450 人
核医学科	职业工作人员	操作人员及摆位人员	核医学科内	$\geq 0.3\text{m}$	15 人
	公众人员	候诊人员及家属	机房四周	/	流动人员
		医疗综合楼其他工作人员	机房四周	/	约 450 人

**三、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。

**①剂量限制**

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

**B1 剂量限值**

**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均），20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理值。

## 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应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为管理值。

### ②表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限制要求。

## B2 表面污染控制水平

B2.1 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

表 面 类 型		β放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-1</sup>
1) 该区内的高污染子区除外。		

### ③非密封放射性物质工作场所的分级

非密封放射性物质工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

C1 应按表 7-3 将非密封放射性物质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 非密封放射性物质工作场所的分级

级 别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 <sup>9</sup>
乙	2×10 <sup>7</sup> -4×10 <sup>9</sup>
丙	豁免活度值以上-2×10 <sup>7</sup>

C2 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) 与核素毒性组别修正因子的乘积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

### ④放射性物质向环境排放的控制

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 倍排放注量的普通下水道，并应每次排放做好记录：

a) 每月排放的总活度不超过  $10\text{ALI}_{\min}$  ( $\text{ALI}_{\min}$  是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者)。

b) 每一次的排放的活度不超过  $1\text{ALI}_{\min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

## 2、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）

### 5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

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

5.2 每台 X 射线机（不含移动式和便携式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-4 要求。

表 7-4 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 $\text{m}^2$	机房内最小单边长度 $\text{m}$
CT 机	30	4.5
单管头 X 射线机 <sup>b</sup>	20	3.5
透视专用机 <sup>c</sup> 、碎石定位机、口腔 CT 卧位扫描	15	3
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔 CT 坐位扫描 / 站位扫描	5	2
口内牙片机	3	1.5

b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。  
c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

表 7-5 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 $\text{mm}$	非有用线束方向铅当量 $\text{mm}$
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 及以下的摄影机房、口腔 CT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2	1
透视机房、全身骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、乳腺机房	1	1
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量） <sup>a</sup>	2.5（较大工作量） <sup>a</sup>

a 按 GBZ/T180 的要求

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

a)具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时,周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h; 测量时, X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

b)CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h; 其余各种类摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv; 测量时, 测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

5.5 机房应设有观察窗或摄影装置, 其设置的位置便于观察到患者和受检者的状态。

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

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

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

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容, 现场应配备不少于表 4 (见表 7-6) 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助设施, 其数量应满足开展工作需要, 对陪检者应至少配备铅防护衣; 防护用品和辅助设施的铅当量应不低于 0.25mmPb; 应为不同年龄儿童的不同检查, 配备有保护相应组织和器官的防护用品, 防护用品和辅助设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。

表 7-6 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜选配: 铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏选配: 移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	——
注: “——”表示不需要				

### 3、《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)

4.2 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 GB 18871 规定的乙级或丙级非密封放射性物质工作场所。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 7-7)。

表 7-7 临床核医学工作场所具体分类<sup>1)</sup>

分类	操作最大量放射性核素的加权活度 <sup>2)</sup> , MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50
注: 1) 本表和表 2、表 3 均依据国际放射防护委员会 (ICRP) 第 57 号出版物; 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;	

4.3 供计算操作最大量放射性核素的加权活度用的核医学常用放射性核素毒性权重因子和不同操作性质的修正因子分别见表 7-8 和表 7-9。

表 7-8 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
A	<sup>75</sup> Se、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I	100
B	<sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>15</sup> O、 <sup>18</sup> F、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>67</sup> Ge、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>111</sup> In、 <sup>113m</sup> In、 <sup>123</sup> I、 <sup>201</sup> Tl	1
C	<sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C、 <sup>81m</sup> Kr、 <sup>127</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe	0.01

表 7-9 不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	操作性质修正因子
贮存	100
废物处理 闪烁法计数和显像 候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药 简单放射性药物制备 治疗病床区	1
复杂放射性药物制备	0.1

4.4 按表 1 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 7-10。

表 7-10 不同类别核医学工作场所的室内表面及装备结构要求<sup>1)</sup>

场所分类	地面	表面	通风橱 <sup>2)</sup>	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 <sup>3)</sup>	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	只需清洗设备

注: 1) 依据国际放射防护委员会 (ICRP) 第 57 号出版物;

2) 仅指实验室;

3) 下水道宜短, 大水流管道应有标记以便维修检测;

4.5 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。

4.6 凡 I 类工作场所和开展放射性药物治疗的单位应设有放射性污水池,以存放放射性污水直至符合排放要求时方可排放。废原液和高污染的放射性废液应专门收集存放。

4.7 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器,容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集,并给予适当屏蔽。固体废物如无人的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄漏、较牢固、并有核实屏蔽的容器内。放射性废物应及时按 GBZ 133 进行处理。

4.8 临床核医学诊断及治疗用工作场所(包括通道)应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序,如一端为放射性物质贮存室,依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且避免无关人员通过。

4.9 临床核医学诊断用给药室与检查室分开。如必须在检查室给药,应具有相应的放射防护设备。

4.10 临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室,宜有受检者专用厕所。

#### **4、《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009)**

#### **5、《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)**

综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值中总 $\alpha$ 放射性最高允许排放浓度为 1Bq/L,总 $\beta$ 放射性最高允许排放浓度为 10Bq/L。

表 8 环境质量和辐射现状

一、监测计划

1.监测内容与点位

为掌握医院红谷分院本项目工作场所周围环境辐射情况，对医院红谷分院拟建辐射工作场所的辐射环境现状进行监测，监测因子为 $\gamma$ 辐射剂量率，监测布点见图 8-1。

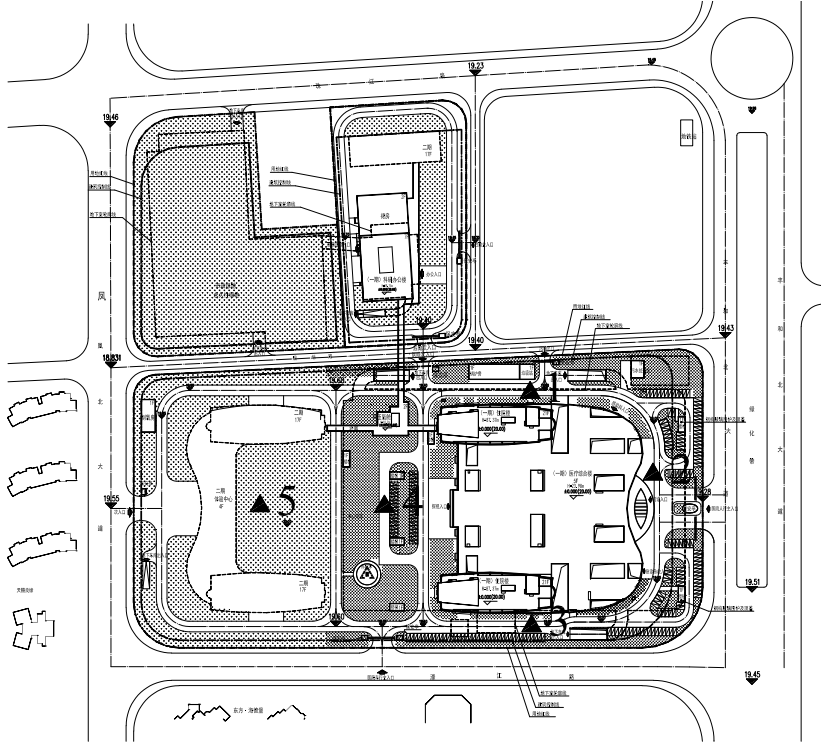


图 8-1 江西省人民医院医疗综合楼周围辐射环境监测布点图

2.监测仪器与规范

电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器与监测规范表

仪器名称	AT1121 多功能辐射仪
生产厂家	ATOMTEX
测量范围	$\chi$ - $\gamma$ : 50nSv/h-10Sv/h;
监测规范	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）
监测单位	江西省核工业地质局测试研究中心
监测时间	2018 年 5 月 16 日
检定证书编号	医字 20180105-0033
有效日期	有效期：2018.1.23-2019.1.22
检定单位	河南省计量科学研究院

3.质量保证措施

- a 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

## 二、工作场所周围环境辐射环境质量现状监测结果

本项目拟建放射性同位素与射线装置工作场所周围辐射环境质量现状监测结果见表 8-2，监测报告见附件 16。

表 8-2 拟建放射性同位素与射线装置工作场所周边 $\gamma$ 辐射剂量率水平监测结果

编号	监测点位描述	$\gamma$ 辐射剂量率（nSv/h）		
		范围值	平均值	标准差
1	医疗综合楼北面空地	91~98	95	2
2	医疗综合楼东面空地	92~97	94	2
3	医疗综合楼南面空地	87~91	89	2
4	医疗综合楼西面空地	89~97	92	2
5	医院红谷分院二期用地	95~99	98	2

表 8-2 监测结果表明，医院红谷分院拟建放射性同位素与射线装置工作场所室外环境 $\gamma$ 辐射剂量率在（87~99）nSv/h 之间[1nSv/h=1nGy/h]，略高于南昌市道路、原野的辐射环境本底，略高的原因可能为地面及周围建筑材料所致，但在江西省全省道路、原野的辐射环境本底范围内。医院本项目辐射工作场所周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率未见明显异常。

由《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年）可知，南昌市道路、原野辐射环境本底范围值 27.9-86.4nGy/h，室内辐射环境本底范围值 58.1-134.3nGy/h。江西省全省道路、原野辐射环境本底范围值 12.6-369.4nGy/h，室内辐射环境本底范围值 33.4-365.8nGy/h。

表 9 项目工程分析与源项

## 一、工程设备和工艺分析

### 1.数字减影血管造影仪（DSA）

#### 1.1 设备组成

数字减影血管造影仪（DSA）设备包括高压发生器、X 线管、探测器、C 型臂、导管床等组成。本项目数字减影血管造影仪（DSA）基本结构是由产生 X 射线的 X 线管，供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和质及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置等外围设备组成。

#### 1.2 工作原理

本项目数字减影血管造影仪（DSA）为采用 X 射线进行摄影或透视检查的技术设备。DSA 设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成（详见图 9-1），阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

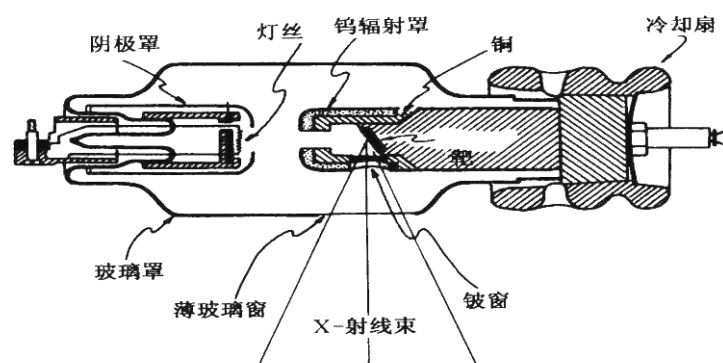


图 9-1 典型 X 射线管结构图

数字减影血管造影仪（DSA）的成像基本原理是将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度

增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

### 1.3 工作流程

介入放射设备的工作流程如下：

- （1）根据预约接诊患者，医护人员做好手术前洁净准备，并穿戴好防护用品；
- （2）根据患者检查部位，选择合适的曝光条件进行影像采集；
- （3）介入室内医生在透视条件下插入导管，注入造影剂进行检查或进行介入治疗；
- （4）注入造影剂后需再次进行影像采集，影像采集或介入治疗完成后由工作人员协助患者离开检查室。

工作流程图见图 9-2。

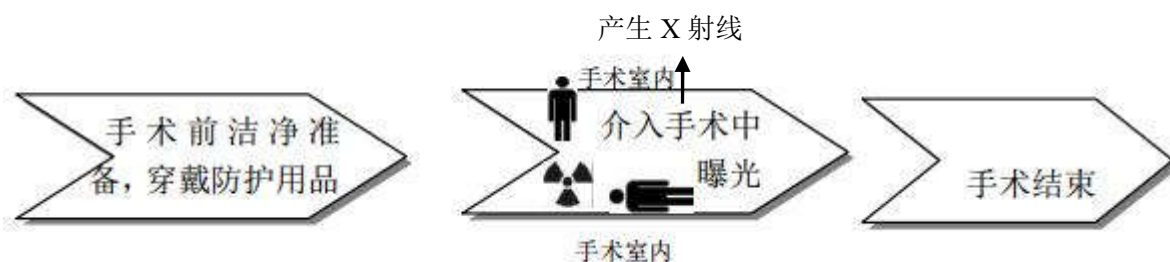


图 9-2 介入设备工作流程图

## 2.核医学科非密封源工作场所

医院核医学科显像检查拟使用的放射性核素为  $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{131}\text{I}$ ，放射性核素治疗拟使用  $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  等核素。

### 2.1 工作原理

#### （1）显像检查

单光子发射计算机断层成像术（SPECT）工作的基本原理是利用能够发射 $\gamma$ 射线的放射性核素或药物注入或吸入人体，通过显像仪的探头对准所要检查的脏器接收被检部位发出的射线，再通过光电倍增管将光电脉冲放大转化成信号，经计算机连续采集信息进行图像的处理和重建，最后使被检脏器成像。SPECT-CT 是将螺旋 CT 与 SPECT 组合起来构成复合系统，一次扫描可得到两种图像，即反应器官生理、代谢和功能等特点的 SPECT 图像，和解剖结构清洗的 CT 图像，二者的融合，提高了图像精度，能获得更好的诊断效果。本项目使用的显像放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{131}\text{I}$ 。显像设备为 SPECT-CT，属于 III 类 X 射线装置，医院将在环境影响登记表备案系统备案，不属于本项目评价内容。

### ①<sup>99m</sup>Tc 显像

本项目 <sup>99m</sup>Tc 用钼-锝发生器淋洗得到，项目使用的钼-锝发生器由专门加工厂购入，钼-锝发生器所用母体核素 <sup>99</sup>Mo 的半衰期为 2.75 天，有一周以上的时间衰变释放 <sup>99m</sup>Tc 衰变产物，<sup>99m</sup>Tc 用于制得适合大多数组织器官显像使用的放射性药物。

<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc 发生器用三氧化二铝吸附柱吸附 <sup>99</sup>Mo，衰变产生的子体 <sup>99m</sup>Tc 则不被吸附，每次制作时，在密封状态下，用 0.9% 的生理盐水进行淋洗，将子体核素 <sup>99m</sup>Tc 洗出，装入专用的密封瓶内，并置入小型钨合金屏蔽罐内，以备标定。<sup>99m</sup>Tc 溶液密封瓶首先在标记分装台上进行初次剂量标定后，采用注射器抽取的方法进行分装、二次标定、质量检测，最终根据不同病人的需要分装入医用注射器内制成放射性核素标记化合物。

制备成的含放射性核素标记化合物的注射器经过质控、标定处理，装入专用的屏蔽容器内。

### ②<sup>131</sup>I 显像

正常甲状腺组织有很强的选择性摄取、浓聚碘的能力。将放射性 <sup>131</sup>I 引入体内后，即可被有功能的甲状腺组织所摄取，在体外用特定显像装置探测 <sup>131</sup>I 所发射的  $\gamma$  射线的分布情况，即可得到包括甲状腺位置、形态、大小等信息的图像。临床可用于异位甲状腺的定位诊断、甲状腺结节功能的判定、甲状腺转移灶的探测等。<sup>131</sup>I 显像一般给药量为 1.85MBq~3.7MBq，寻找甲状腺癌转移灶给药量为 74~148MBq。

### （2）放射性核素治疗

放射性核素体内照射治疗是将非密封放射性核素或其标记物引入体内，利用核素发射出射线的电离辐射生物效应，抑制或破坏病变组织，达到治疗的目的。由于适当的放射性核素或其标记物能选择性浓聚于病变组织，所以病变局部可受到大剂量照射，而正常组织所接受的辐射量很低。

### ①<sup>131</sup>I

<sup>131</sup>I 治疗甲状腺疾病是目前应用较广泛的一种核医学治疗方法。在治疗过程中，<sup>131</sup>I 衰变时放出最大能量为 0.6065MeV 的  $\beta$  射线，用于破坏甲状腺组织或癌细胞，达到治疗目的，同时还会放出能量为 364keV 的  $\gamma$  射线。

#### a 甲状腺功能测定（吸碘率测定）

本项目使用 <sup>131</sup>I 核素进行甲状腺功能检查。由于人体甲状腺具有选择性摄取碘并合成甲状腺激素的功能，其吸收量和速度可以反映甲状腺的功能状态。受检患者口服约 2~10 $\mu$ Ci<sup>131</sup>I

后，示踪剂  $^{131}\text{I}$  迅速到达甲状腺组织，利用其发出 $\gamma$ 光子的特性，用甲状腺功能测定仪在甲状腺部位可测出受检患者甲状腺部位的放射性，求得服碘后不同时间的甲状腺摄碘率，借此了解无机碘进入甲状腺的数量与速度，从而反映甲状腺的功能情况。甲功测定患者服药后观察 10min 无异常即可离院，分别于 2h、4h、24h 后在甲功室进行功能检测。

#### b 甲亢治疗

碘是甲状腺合成甲状腺激素的主要原料，治疗用的放射性碘和稳定性碘具有相同的理化特性，所以甲状腺同样对放射性碘具有选择性地高度吸收和浓聚能力。通常甲状腺内碘浓度可达血浆浓度的 25 倍，在供碘不足的情况下其浓度可达到血浆浓度的 500 倍，由于甲亢患者合成甲状腺激素的速度和量都增加，呈现相对碘缺乏状态甲状腺对放射性碘的浓聚能力特别强大，可达内服量的 80%~90%。放射性  $^{131}\text{I}$  在甲状腺内停留时间较长，有效半衰期可达 3.5~4.5 天。因此，甲状腺组织摄取  $^{131}\text{I}$  后，可受到 $\beta$ 射线较长时间的集中照射，但不损害周围的器官和组织。 $^{131}\text{I}$  治疗后数小时，在 $\beta$ 射线集中照射后甲状腺发生肿胀，滤泡细胞出现空泡，核不正常，数天后即死亡。甲状腺并有急性炎症的变化，如水肿、淋巴细胞和吞噬细胞浸润，以后变为无功能的结缔组织，从而达到治疗甲亢的目的。治疗甲亢患者  $^{131}\text{I}$  的口服量平均约为 4mCi，最大用量一般不超过 8mCi。甲亢患者服药后一般无异常立即离院，若服药量较大，在留观室进行留观。

#### c 甲癌治疗

由于甲状腺位置特殊，分化型甲癌在进行切除手术时有少量残留。使用核素  $^{131}\text{I}$  治疗甲癌，主要是甲癌切除手术后使用 100~250mCi 的  $^{131}\text{I}$ ，利用  $^{131}\text{I}$  衰变时放出最大能量为 0.611MeV 的 $\beta$ 射线，破坏甲状腺组织或癌细胞，达到治疗目的。

#### ② $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$

$^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  骨转移癌治疗是病人在核素治疗区通过静脉注射放射性核素注射液对骨转移癌进行治疗，注射完成后病人即可离院。

### 2.2 工作流程

#### (1) 显像检查

①根据需要，接受显像检查的人员先进行预约登记，确定用药量；

②受检者按约定时间在给药前候诊区准备和等候；

③准备好的受检者经过专用通道进入注射室，注射医务人员佩戴个人剂量计、穿戴好个人防护用品从贮药铅罐内用一次性注射器汲取计划的药量，在注射台前为受检者注射药

物或服用药物；

④注射了放射性药物的受检者进入给药后候诊区候诊或进行检查前的准备；

⑤注射了放射性药物的受检者根据工作人员叫号，从给药后候诊区直接进入 SPECT-CT 机房检查，医务人员帮助受检病人摆好位后进入操作间进行隔室操作；

⑥检查完成，受检者通过专用通道离开核医学区域。

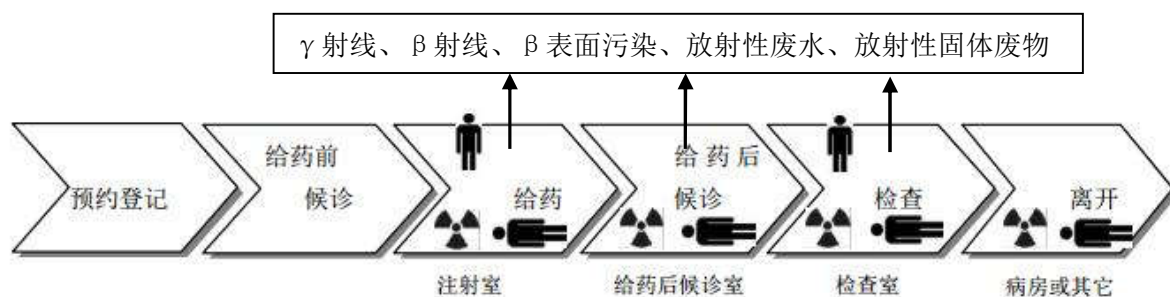


图 9-3 显像检查流程图

## (2) $^{131}\text{I}$ 核素治疗

甲亢治疗：

①根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前登记预约，进行治疗前准备：停用影响甲状腺摄取  $^{131}\text{I}$  药物及低碘饮食 1~2 周。

②测定甲状腺  $^{131}\text{I}$  摄取率、甲状腺重量等。

③确定给药活度。给患者给药，患者空腹口服  $^{131}\text{I}$ 。甲亢患者服碘后观察无异常后可直接离开。

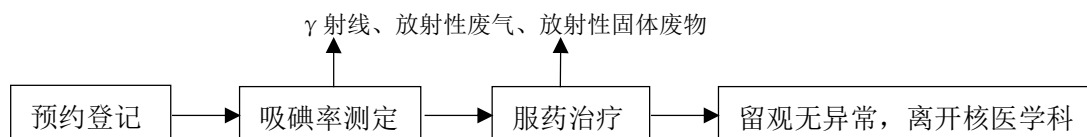


图 9-4  $^{131}\text{I}$  甲亢治疗流程示意图

甲癌治疗：

①根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前登记预约，进行治疗前准备：停用抗甲状腺药物两周以上，低碘饮食四周等；

②进行相关检查和甲状腺  $^{131}\text{I}$  摄取率测定；

③ $^{131}\text{I}$  治疗的患者进行甲状腺显像；

④根据甲状腺相关情况制定治疗剂量方案；

⑤根据制定的方案给患者服碘，治疗甲癌的  $^{131}\text{I}\text{-NaI}$  剂量较大，必需住院治疗，直到体内  $^{131}\text{I}$  活度降低到 400MBq 以下，方可出院。

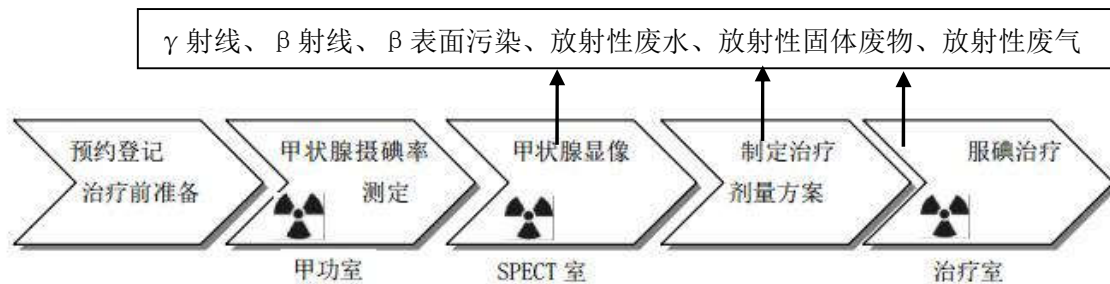


图 9-4  $^{131}\text{I}$  核素治疗

### (3) $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 核素治疗

$^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  骨转移癌治疗是病人在核素治疗区通过静脉注射放射性核素注射液对骨转移癌进行治疗，注射完成后病人即可离院。

## 二、污染源项

### 1. 数字减影血管造影仪（DSA）

X 射线在辐射场中可分为三种射线：由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。DSA 在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

#### (1) 正常工况

在采取隔室操作的情况下，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，X 射线机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。介入人员在介入室内进行出束操作时，受到外照射影响。

#### (2) 事故工况

- (1) DSA 发生 X 射线无法停束故障，介入室内工作人员受到持续照射。
- (2) 工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离照射室，DSA 运行可能产生误照射。
- (3) 安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 机房照射室。

本次评价项目中使用的 DSA 均在显示屏上观察诊断结果，不使用胶片摄影，不会产生废显影水、定影水，因此不存在污水污染的问题。

### 2. 核医学科非密封源工作场所

本项目核医学科使用的非密封放射性物质包括  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ ，各核素主要辐射特性见表 9-1。

表 9-1 放射性核素主要辐射特性表

序号	核素名称	半衰期	衰变类型	主要射线能量 (MeV)
1	$^{99m}\text{Tc}$	6.02h	IT	$\gamma$ : 0.1405 (89%), 0.14263 (7.2%)
2	$^{131}\text{I}$	8.04d	$\beta^-$ (100)	$\beta^-$ 0.6065(86%), $\gamma$ 0.364(81%)
3	$^{89}\text{Sr}$	50.5d	$\beta^-$ (100)	$\beta^-$ 1.488
4	$^{153}\text{Sm}$	1.95d	$\beta^-$ (100)	$\beta^-$ 0.810 (20%), $\gamma$ 0.103 (28.3%)

注：IT 为同质异能跃迁，数据来源于《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》。

各非密封放射性物质使用过程中产生的主要放射性污染物和污染途径如下：

(1) 正常工况

a.放射性药物的分装、注射等操作过程中，操作人员将受到放射性药物发射的射线的外照射。其中， $\beta$ 射线在物质中的射程较短，但与物质作用后会产生韧致辐射，会对人员产生外照射影响。

b.接受核素诊疗的病人注射或服用放射性药物后，本身短时间内便是一个辐射体（源），对周围的环境可能造成外照射影响。

c.进行 SPECT 扫描时，将有来自受诊病人身体中的放射性药物的 $\gamma$ 射线，经过 SPECT-CT 扫描室的屏蔽，射线可能仍有一定的泄漏，环境影响途径为外照射。

d.放射性核素操作过程中将产生放射性废液和受污染的固体废物。

e.受诊病人在注射了放射性药物之后短时间内的排泄物也属于放射性污染物，放射性核素的挥发会产生放射性气体。

f.核医学科通风系统过滤装置更换下来的废弃的活性炭。

(2) 事故工况

该评价项目核医学科使用放射性核素主要发生的放射性污染有：

a.放射性液体洒漏，使工作环境受到污染，工作人员受到外照射；

b.操作人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；

c.保管不善，放射性物品被盗，流失到社会，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。

表 10 辐射安全与防护

一、项目安全设施

1.数字减影血管造影仪（DSA）

1.1 控制区与监督区

本项目 DSA 辐射工作场所实行分区管理，把工作场所分为控制区、监督区，其中 DSA 机房内划为控制区，避免人员误闯入或误照；将 DSA 墙体外 30cm 内划为监督区，控制区与监督区划分图见图 10-1、图 10-2。

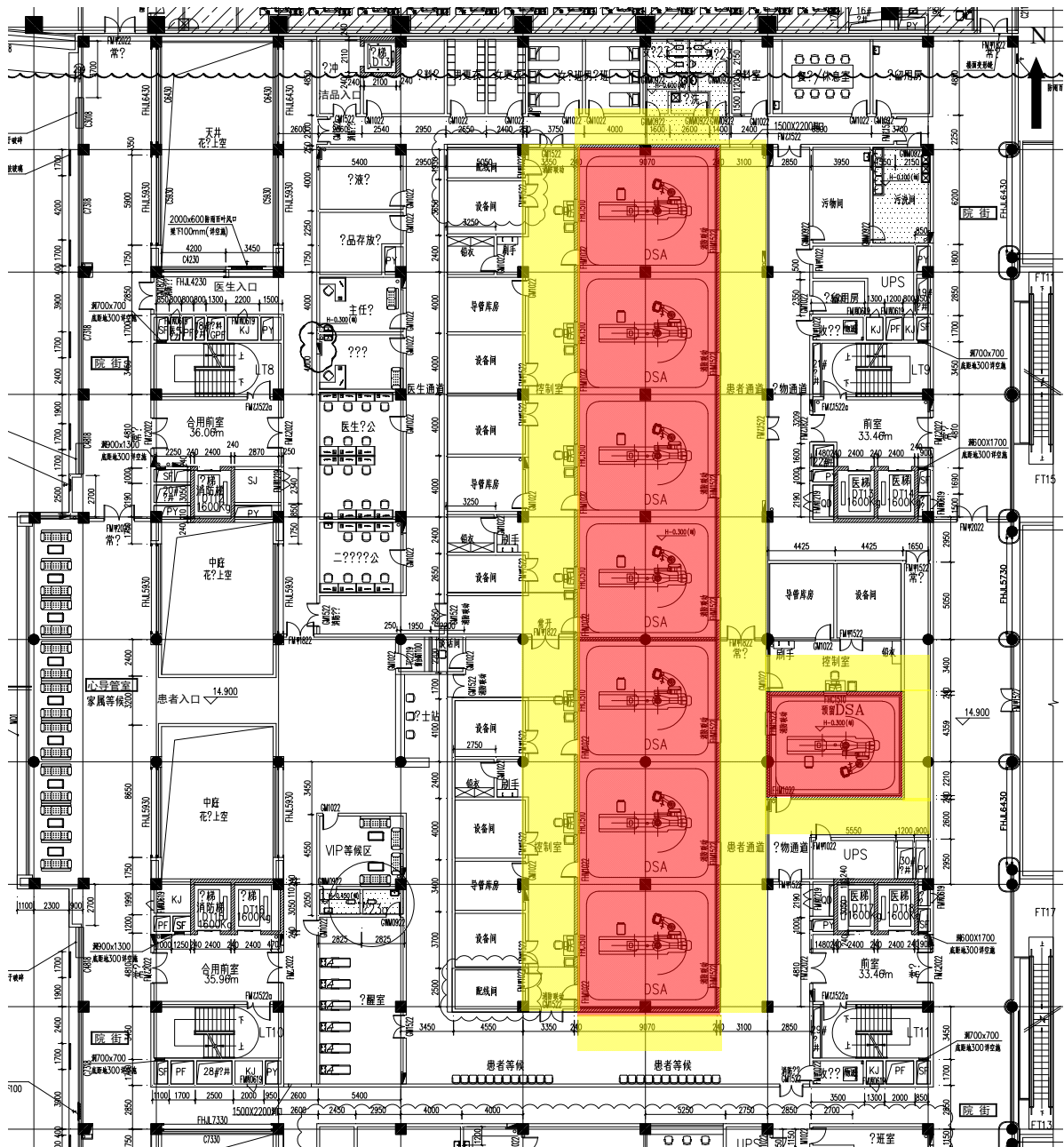
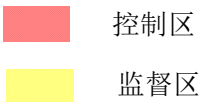


图 10-1 医疗综合楼四楼平面布置及区划图



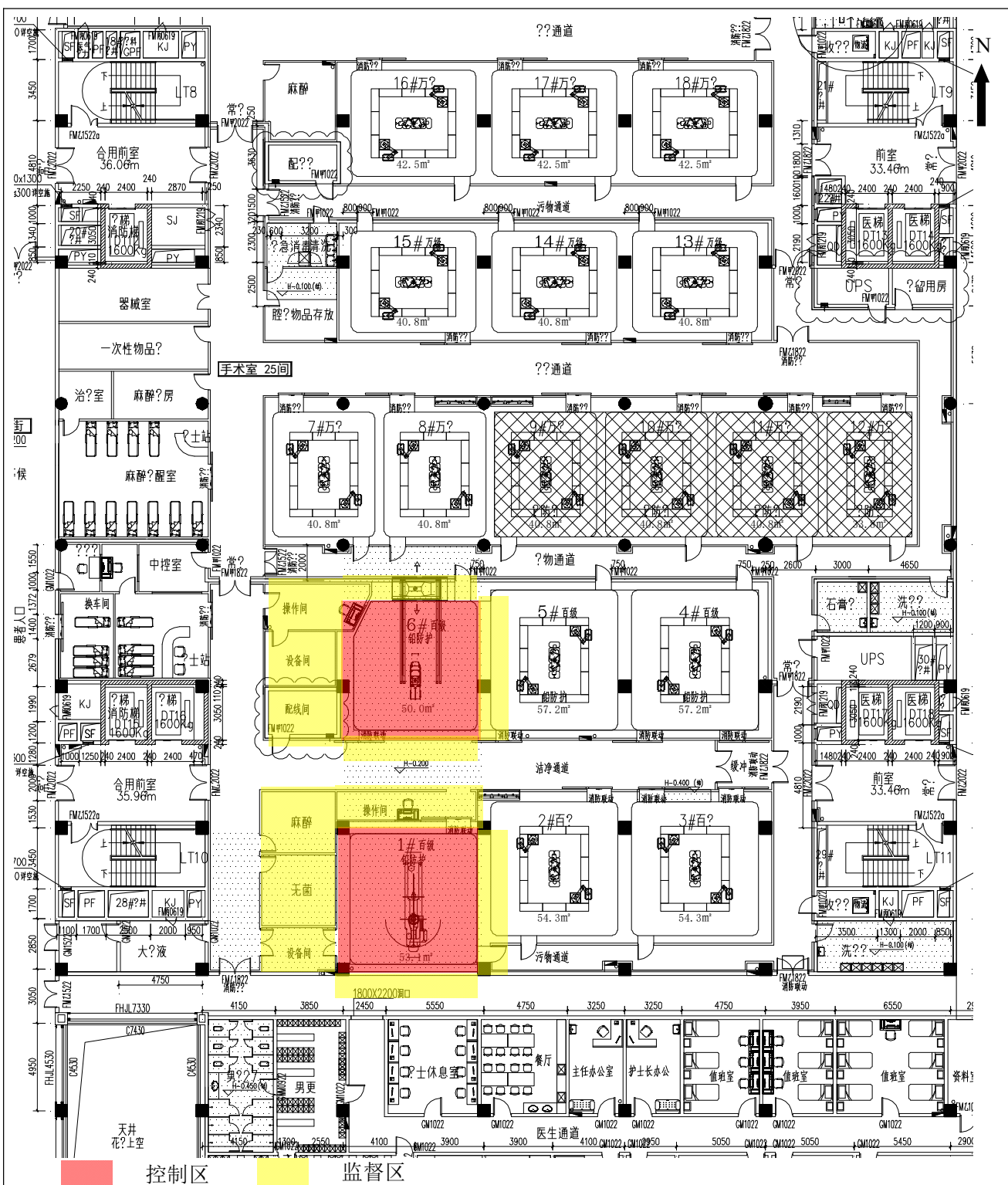


图 10-2 医疗综合楼五楼 DSA 机房平面布置图

## 1.2 辐射安全与防护措施

医院 DSA 机房控制室侧墙体设有观察窗，以便观察到患者和受检者状态。机房内 DSA 有用线束朝上，不直接照射门、窗和管线口位置。医院给介入室各辐射工作人员配备内外个人剂量计各 1 个。本项目 DSA 机房拟采取的防护措施情况见表 10-1。

表 10-1 DSA 机房防护措施情况一览表

项目	辐射防护情况
医疗综合楼四楼 DSA 机房	
墙体	24cm 实心砖+1mmPb 钡水泥；
顶棚、底板	顶棚：15cm 混凝土+1mmPb 的钡水泥；底板：15cm 混凝土+1mmPb 的钡水泥；
防护门、观察窗	大防护门 3mmPb 当量，小防护门 3mmPb；观察窗 3mmPb 当量；
机房大小	72m <sup>2</sup> （9m×8m），55.25m <sup>2</sup> （8.5m×6.5m）；
医疗综合楼五楼 DSA 机房	
墙体	3.5mmPb 铅板；
顶棚、底板	顶棚：15cm 混凝土+2mmPb 的钡水泥；底板：15cm 混凝土+2mmPb 的钡水泥；
防护门、观察窗	大防护门 3.5mmPb 当量，小防护门 3.5mmPb；观察窗 3.5mmPb 当量；
机房大小	49.68m <sup>2</sup> （6.9m×7.2m）；
其他	
机房通风	各机房设计排气装置，保证通风状况良好
标志、警示灯	机房门外均安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯，设有门机联锁装置及闭门装置。
防护措施	每间介入室配备铅背心、铅围脖、铅帽等防护用品至少 4 套。DSA 设备自带铅玻璃防护屏，铅胶帘等防护措施，铅当量为 0.5mmPb。

为保障 DSA 的安全运行，避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故，以及对工作人员和病人的辐射防护，本项目 DSA 机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）DSA 检查室病人入口防护门上方设置工作状态指示灯，入口显著位置粘贴电离辐射警告标志。工作状态指示灯和与防护门联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。

（2）DSA 机房及控制室内各设置 1 个急停开关按钮，在出现紧急情况下，按下急停按钮，可以切断设备电源，X 射线停止出束。

（3）DSA 机房内设置对讲装置，方便工作人员实时关注机房内情况并与病人交流。

（4）DSA 机房设置观察窗，在控制室内可以观察到介入手术室内的情况，当发生意外情况（有人误入或滞留）时，控制室内操作人员可以及时发现并采取应急措施。

（5）医院每间介入室拟配备防护铅衣、防护铅围脖、铅帽等个人防护用品 4 套，临床介入手术时采用铅玻璃板等必要的屏蔽防护措施，医院拟购置的各类防护用品均有 0.5mm

实际铅当量，医生工作时实际受到了自身穿戴及铅玻璃板两层防护，防护能力相当于 1mm 实际铅当量，能够有效降低介入手术工作人员的吸收剂量。

（6）介入手术时，曝光条件电压、电流、照射野面积以及脉冲透视频率均与介入手术医生的受照剂量相关。医院引入的 DSA 及配套设备符合国家的相关标准，设备使用时应调节到满足低剂量的有效范围内，在提高图像质量的同时也可减小不必要的照射。

（7）操作中减少透视时间和减少拍片的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入手术工作人员在操作时应尽量远离检查床。同时，加强辐射工作人员的培训，参与介入手术的工作人员应该技术熟练，以减少介入手术工作人员的剂量。

（8）医院将为所有辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，同时建立个人剂量档案；定期安排人员参加职业健康体检，并建立个人职业健康监护档案。

（9）DSA 机房在对病人灶进行照射时，将对病人病灶以外的部位用铅橡胶布或其他防护用品进行遮盖，避免病人受到不必要的辐射照射。

## **2.核医学科非密封源工作场所**

### **2.1 控制区与监督区划分**

本项目非密封放射性物质使用场所的高活性室、分装室、储源室、甲癌病房、注射室、注射后待检区及其卫生间、运动室、SPECT-CT 机房、留观室划分为控制区，禁止无关人员进入，并在各控制区出入口设置电离辐射警示标志，在 SPECT-CT 机房门口安装工作警示灯。将核医学科未被划为控制区的其他区域划为监督区，如医生办公室、诊察室、会议室、SPECT-CT 机房控制室、阅片室等。

医院核医学科非密封放射性物质工作场所控制区与监督区划分图见图 10-3。

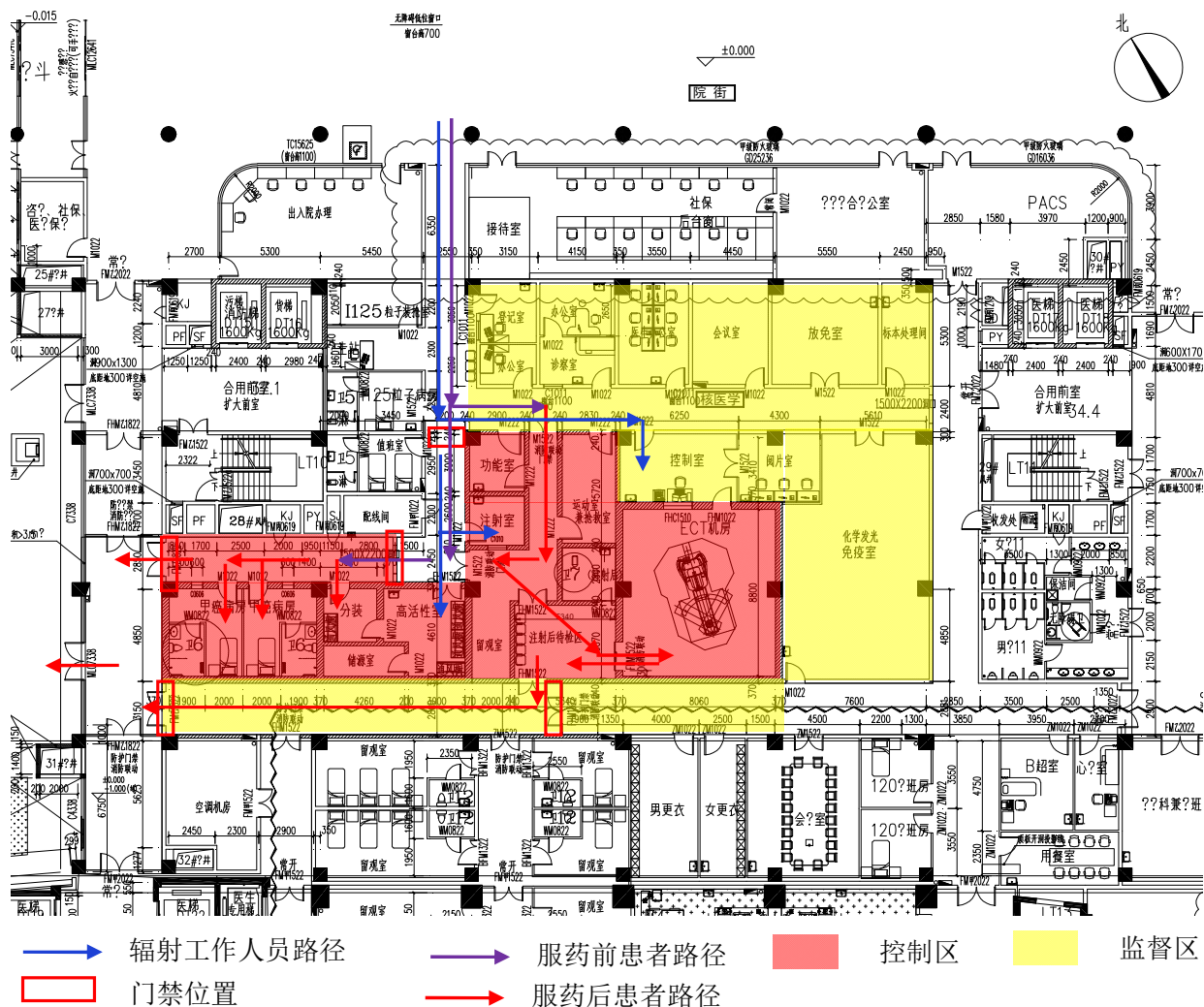


图 10-3 红谷分院核医学科平面布置及控制区、监督区划分图

## 2.2 辐射工作人员与患者通道

核医学科设置了工作人员和患者通道，并在通道出、入口设置了门禁系统，防止无关人员入内。人员路径图见图 10-3。

### (1) 患者通道

$^{99m}\text{Tc}$  未服药患者在从核医学科北面入口进入登记室登记并候诊，待医生叫号后进入注射室接受注射，注射药物后进入注射后待检区候诊，候诊一段时间后进入 SPECT-CT 机房接受扫描检查，扫描检查后进入留观室，观察无异常后通过核医学科南面出口离开。

$^{131}\text{I}$  未服药患者在从核医学科北面入口进入登记室登记并候诊，待医生叫号后进入分装室服药，甲癌患者进入甲癌病房接受治疗，住院一段时间且体内核素活度满足出院标准时从核医学科西侧出口离开核医学科；甲亢患者服药后进入留观室，观察无异常后从核医学科南面出口离开核医学科。

$^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  未服药患者在从核医学科北面入口进入登记室登记并候诊，待医生叫号后在注射窗口接受药物注射，注射后进入留观室，观察无异常后从核医学科南面出口离开核医学科。

医院甲亢患者集中服药，即根据患者人数集中在某一天的某个时段一起给药，给药时间与  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  服药患者留观时间错开，避免服药人员交叉影响。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  服药患者离开核医学科通道与核医学科南面留观室等功能用房设有消防用的防护门，防护门门禁与消防联动，消防门只有在火灾等特殊情况下才打开，正常时门是关闭的，人员无法通过消防门到达核医学科通道，可有效防止人员误入。

## (2) 工作人员通道

辐射工作人员从核医学科北面入口进入，操作  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  药物时，人员进入高活性室分装或用注射器汲取药物，之后进入注射室，在注射窗口给患者注射药物，SPECT-CT 机房控制室人员直接进入机房控制室。 $^{131}\text{I}$  采取自动分装仪自动分装给药，人员在值班室通过视频监控及对讲装置远程操作，人员一般不进入分装室。辐射工作人员从高活性室离开时，都需用医院配备的 X- $\gamma$  辐射监测设备及表面污染监测设备进行监测，经检测无污染后离开核医学科。

核医学科及甲癌病房出、入口均设置门禁系统，防止病人服药后从入口离开核医学科及无关人员进入，在各出入口处设置醒目的电离辐射警示牌，禁止辐射工作人员和受诊病人以外的其他无关人员进入。通过上述措施防止了工作人员与患者的交叉流动。

## 2.3 布局合理性分析

医院核医学科设置了  $^{131}\text{I}$  分装室、高活性室、储源室、注射室、SPECT-CT 机房等功能用房，实现了给药室与检查室分开；医院核医学科设置了门禁系统，防止无关人员入内；设置了工作人员与患者专用通道，避免工作人员与服药患者的交叉污染；医院核医学科注射后待检区及甲癌病房均设置了卫生间供服药患者使用，各功能室设置了洗手台供工作人员清洗使用。

综上所述，医院核医学科实现了给药室与检查室的分开，设置了工作人员通道与患者通道，核医学科布局有助于实施工作程序，故核医学科布局基本合理。

## 2.4 工作场所分级

根据国家《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，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。由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《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）可知，本评价项目的核医学科使用的各放射性核素的毒性组别修正因子、操作方式修正因子、日实际操作量和日等效操作量见表 10-2。

表 10-2 核医学科使用的放射性核素日等效最大操作量计算

核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
$^{131}\text{I}$	$2.59 \times 10^{10}$	中毒, 0.1	简单操作, 1	$2.59 \times 10^9$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.96 \times 10^{10}$	低毒, 0.01	很简单的操作, 10	$2.96 \times 10^7$
$^{89}\text{Sr}$	$7.40 \times 10^8$	中毒, 0.1	简单操作, 1	$7.4 \times 10^7$
$^{153}\text{Sm}$	$3.70 \times 10^9$	中毒, 0.1	简单操作, 1	$3.7 \times 10^8$
小计				$3.06 \times 10^9$

由表 10-2 可见，核医学科拟使用核素（ $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ ）总的日等效最大操作量为  $3.06 \times 10^9 \text{Bq}$ ，在  $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$  之间，因此该非密封源工作场所属于乙级非密封源工作场所。

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具体分类办法，操作最大量放射性核素的加权活度（MBq）等于计划的日操作最大活度与该核素毒性权重因子的积除以与操作性质修正因子所得的商。本评价项目使用的放射性核素的日实际操作最大活度以及各核素毒性权重因子，操作性质修正因子及加权活度见表 10-3。

表 10-3 放射性核素加权活度及计算参数

核素名称	日操作最大活度 (MBq)	权重因子	操作性质修正因子	加权活度 (MBq)	工作场所分类
$^{131}\text{I}$	$2.59 \times 10^4$	100	1	$2.59 \times 10^6$	I
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.96 \times 10^4$	1	1	$2.96 \times 10^4$	II
$^{89}\text{Sr}$	$7.40 \times 10^2$	100	1	$7.40 \times 10^4$	II
小计				$2.69 \times 10^6$	I

评价项目的加权活度最大为  $2.69 \times 10^6 \text{MBq}$ ，大于  $50000 \text{MBq}$ ，因此该工作场所属于 I 类核医学工作场所。

核医学科工作场所地面及墙面采用无缝搭接，地面及墙面采用水性漆等易清洗的材料，设置放射性废液衰变池，高活性室及分装室设置通风橱，通风橱风速不低于  $1 \text{m/s}$ 。

## 2.5 通风换气措施

医院核医学科设有 3 个通风橱，高活性室 2 个，分装室 1 个，非密封放射性物质的分装、药物汲取等操作均在通风橱内进行，通风橱系统的排气速度不低于  $1 \text{m/s}$ ，同时设置活性炭

过滤装置，排风口高度高于本建筑物屋脊高度，符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的相关要求。

## 2.6 辐射安全与防护措施

本项目核医学科工作场所拟采取的防护措施见表 10-4，核医学科楼下为地下停车场，停车场层高 6m，核医学科层高 3m。

表 10-4 核医学科工作场所防护措施一览表

功能室名称	墙	顶板、底板	门、窗
高活室	37cm 实心砖；	25cm 混凝土；	防护门 4mmPb；
<sup>99m</sup> Tc 注射室	37cm 实心砖；	25cm 混凝土；	防护门 4mmPb；
<sup>99m</sup> Tc 注射后待检区	30cm 实心砖+2mmPb；	25cm 混凝土；	防护门 4mmPb；
储源室	20cm 混凝土；	25cm 混凝土；	防护门 4mmPb；
运动室(抢救室)	37cm 实心砖；	25cm 混凝土；	防护门 4mmPb；
留观室	西墙 37cm 实心砖，其余墙体 24cm 实心砖；	25cm 混凝土；	/
放免室	24cm 实心砖；	25cm 混凝土；	/
SPECT-CT 机房	37cm 实心砖+2mmPb；	25cm 混凝土；	防护门 5mmPb，观察窗 6mmPb；
<sup>131</sup> I 给药室	20cm 混凝土+8mmPb；	20cm 混凝土+8mmPb；	防护门 10mmPb；
甲癌病房	20cm 混凝土+8mmPb；	20cm 混凝土+8mmPb；	防护门 10mmPb；
其他防护用品	拟配备铅眼镜、铅帽、铅衣、铅手套 4 套，送药（防护）盒 4 件，注射器防护套 1 个，淋洗罐 2 个，铅移动注射车 1 个，6 个固废衰变桶。铅药物盒 20mmPb。注射窗口铅当量 20mmPb。		
标志及隔离措施	病人出入口、各功能用房设置电离辐射警告标志。 监督区和控制区将设置电离辐射警告标志和隔离措施。 SPECT-CT 机房门口设置电离辐射警告标志及工作指示灯。 拟在患者通道、工作人员通道及甲癌病房出入口设置门禁系统。		
废气处置措施	高活性室及分装室设置通风橱 3 个，高活性室通风橱各壁及观察窗铅当量 40mmPb，通风橱观察窗 10mmPb； <sup>131</sup> I 给药室设置自动分装仪 1 台，前壁、侧壁及后壁铅当量 50mmPb，观察窗 10mmPb。 核医学科工作场所预留抽风口，拟采用一套专用的放射性气体抽风管道用于抽风处理，放射性废气经活性炭过滤装置过滤后，通过专用排气管道直通屋顶高出屋脊的排放口排放。		
废水处置措施	设置病人专用卫生间，病人排泄物废水及含放射性废水采用总容积不低于 84m <sup>3</sup> （28m <sup>3</sup> /个）的衰变池进行衰变处理，含放射性废水经过足够长时间衰变、经检测达标后，方可排放到医院污水处理站。		
固废处置	设置 6 个固废衰变桶，高活性室、甲癌病房（2 间）、SPECT-CT 机房、注射后待检区、注射室各 1 个。工作场所产生的放射性固体废物（如口杯、塑胶手套、		

措施	注射器、废活性炭等）包装并编好日期后置于固废衰变桶内，经过足够长时间衰变、经检测达标后，方可作为普通医疗垃圾处理。
监测仪器	医院已配备 JB4040 表面沾污、X-γ辐射仪 1 台。医院配置了铅衣、铅帽、铅手套、铅围脖等防护用品。
其他	操作人员佩戴个人剂量计。禁止工作人员在控制区和监督区进食、饮水、吸烟，工作人员操作后在离开工作室前洗手。 制定了相关的规章制度。

### 2.7 放射性废液衰变池

医院在医疗综合楼南侧设放射性废液衰变池，衰变池暂未设计，衰变池应满足以下条件：

- （1）放射性废液衰变池应设 3 个独立交替使用的衰变池，即废水装满第一衰变池后排入第二衰变池，以此类推排入第三衰变池，三个衰变池独立交替使用。小衰变池容积不低于 28m<sup>3</sup>/个，总容积不低于 84m<sup>3</sup>（不含前期处理废水用的化粪池等的容积）。
- （2）放射性污水池池底、池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。
- （3）放射性废液衰变池应设取样孔，便于日常检测时取样。

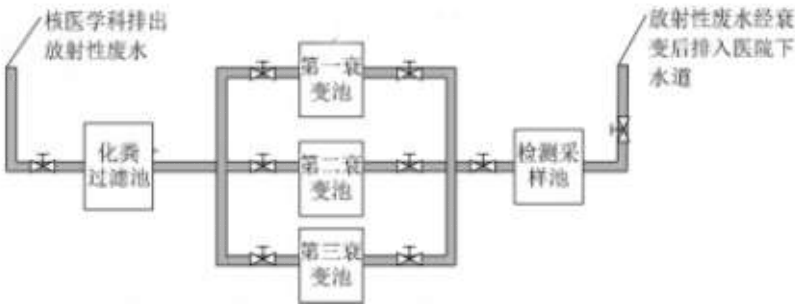


图 10-4 放射性废液衰变池结构示意图

### 3.辐射防护措施符合性分析

江西省人民医院 DSA 机房辐射防护措施合理性分析采用《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）进行分析，辐射防护措施符合性分析见表 10-5。

医院非密封放射性物质工作场所辐射防护措施合理性分析采用《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）进行分析，辐射防护措施符合性分析见表 10-6。

表 10-5 医院 DSA 机房辐射防护措施符合性分析表

项目	实际情况	新建机房标准要求	符合性
机房位置	医院此次环评的 DSA 机房位于医疗综合楼四楼介入室及五楼手术室，介入室及手术室周边除介入人员外，很少有人停留。DSA 有用线束朝上，楼上为手术室及设备间，	X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	符合

	人员停留时间短，楼下为药房及介入室，机房顶棚、底板及墙体等采取了符合标准要求的防护措施，机房（照射室）充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。		
墙体	四楼，24cm 实心砖+1mmPb 钡水泥；五楼，3.5mmPb 铅板；	<p>单管头 X 射线机：机房内最小有效使用面积不小于 20m<sup>2</sup>，最小单边长度不小于 3.5m；</p> <p>介入 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量：2mm；非有用线束方向铅当量：2mm；</p>	符合
顶棚、地板	四楼，15cm 混凝土+1mmPb 的钡水泥；五楼，15cm 混凝土+2mmPb 的钡水泥；		符合
防护门、观察窗	四楼，3mm 铅当量；五楼 3.5mmPb；		符合
机房大小	四楼，72m <sup>2</sup> （9m×8m），55.25m <sup>2</sup> （8.5m×6.5m）；五楼，49.68m <sup>2</sup> （6.9m×7.2m）；		符合
其他	由类比监测结果可知，DSA 在正常使用件下，机房周边各点 X-γ 辐射剂量率监测结果在 0.14～0.16μGy/h 之间，符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）的相关要求，即墙外 30cm 的辐射剂量率小于 2.5μSv/h。	在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求（其检测方法及检测条件按标准 7.2 和标准附录 B 中 B.6 的要求）： a)具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。	符合
	医院 DSA 机房控制室侧墙体设有观察窗，以便观察到患者和受检者状态。	机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。	符合
	机房内 DSA 有用线束朝上，不直接照射门、窗和管线口位置。机房设计排气装置，保证通风状况良好。	机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。	符合
	机房门外均安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯，设有门机联锁装置及闭门装置。	机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。	符合
	每间介入室配备铅背心、铅围脖、铅帽等防护用品至少 4 套，铅当量 0.5mmPb。	医院应按《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的相关要求，配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾等防护用品。	符合

表 10-6 非密封放射性物质工作场所辐射防护措施符合性分析表

标准	标准防护要求	本项目方案	符合性
《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）	按表 1 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 4。	医院本次环评涉及的非密封放射性物质工作场所应按照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中工作场所的要求进行设计、装修，非密封源工作场所用房地面采用易清洗不易渗透的 PVC 卷材，地板与墙壁接缝无缝隙，高活性室及分装室配备通风橱，通风橱风速不低于 1m/s，配备清洗及去污设备。	符合
	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。	医院高活性室及分装室通风橱内的通风速率不小于 1m/s，产生的废气通过管道在所在楼屋顶高出屋脊的排放口排放，且设置活性炭过滤装置。	符合
	凡 I 类工作场所和开展放射性药物治疗的单位应设有放射性污水池，以存放放射性污水直至符合排放要求时方可排放。废原液和高污染的放射性废液应专门收集存放。	医院此次环评的非密封放射性物质工作场所设置 3 个独立交替使用的废液衰变池用于收集放射性废水。放射性废液在衰变池中经过足够长时间、经检测达标后，方可排入医院污水处理站处理，然后排入城市污水管网。	符合
	临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如无人的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄漏、较牢固、并有核实屏蔽的容器内。放射性废物应及时按 GBZ 133 进行处理。	医院非密封放射性物质工作场所设有铅废物衰变桶用于收集非密封放射性药物使用过程中产生的放射性固体废物，废物衰变桶表面设有电离辐射警告标志。	符合
	临床核医学诊断及治疗用工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且避免无关人员通过。	由工作场所分区分析可知，医院核医学科布局基本合理。	符合
	临床核医学诊断用给药室与检查室分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。	医院设有高活性室、分装室、SPECT-CT 机房，各功能用房为独立用房，实现了给药室和检查室分开。	符合
	临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。	医院甲癌病房及注射后待检区均设有患者专用卫生间工服药患者使用。	符合

综上所述可知，医院放射性同位素与射线装置工作场所按相关标准要求进行了设计，各工作场所的辐射防护措施符合相关规定要求。医院放射性同位素与射线装置工作场所应由有

相应施工资质的单位按设计要求进行施工建设。

#### 4.建设单位从事核技术能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第31号，2017年修正）中的有关规定，对使用放射性同位素的单位申请领取许可证的满足条件进行符合性分析，对照表见表10-7：

表10-7 使用放射性同位素与射线装置单位申请领取许可证条件对比表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	单位情况	符合情况
使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有大专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。	医院成立了辐射安全管理小组，并有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。	符合
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。	医院现有153名辐射工作人员，其中122人参加了省环保厅组织的辐射安全与防护培训，将安排其他未参加培训的辐射工作人员参加培训。	符合
使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	医院本项目非密封放射性物质储存在通风橱内，核医学科设置视频监控系统。	符合
放射性同位素与射线装置使用场所防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目各功能室门口设置电离辐射警告标志，射线装置机房门口设置电离辐射警告标志及工作指示灯。	符合
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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	医院配置了铅衣、铅帽、铅手套、铅围脖等防护用品。医院已配备JB4040表面沾污、X-γ辐射仪1台。	符合
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。	制定了辐射安全管理规定、安全操作规程、辐射事故应急预案、岗位职责、辐射防护措施、人员培训等制度。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	单位制定了辐射事故应急预案。	符合
产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	非密封放射性物质工作场所预留抽风口，拟采用一套专用的放射性气体抽风管道用于抽风处理，放射性废气通过专用排气管道直通医疗综合楼屋顶高出屋脊排放口排放，排气管道设置活性炭过滤器及回风阀。设有放射性废物桶收集放射性固体废物，经10个以上半衰期衰变达标后按一般医疗废物处理；设有放射性废液衰变池用于收集核医学科产生的含放射性废水。	符合

综上所述，医院在贯彻执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的过程中做

了大量切合实际的工作，医院的辐射防护基本可满足相关标准的要求，辐射管理制度合理可行，符合申请领取许可证的相关条件要求。但医院应尽快安排未参加培训的辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，安排培训证书过期人员参加复训。

## 二、三废的治理

本项目放射性同位素与射线装置使用过程中的放射性固体废物、放射性废水及放射性废气产生及处理方案如下：

### 1.DSA

本项目 DSA 正常使用过程中，无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。

### 2.核医学科非密封源工作场所

核医学科其他非密封源使用过程中会产生放射性废水、放射性废气及放射性固体废物，相关产生及处理方案如下：

#### （1）放射性固体废物

放射性固体废物主要有使用后的注射器、一次性手套、吸水纸、口罩、废药盒、废钼铯发生器及被非密封放射性物质污染的物品等，这些放射性废物按核素种类、污染水平及产生时间进行分类收集，暂存于储源室内的废物箱，待其放射性比活度低于国家放射性固体废物豁免标准以后，按一般医疗废物处理。废药盒及废钼铯发生器交由厂家回收处理。核医学科通风系统过滤装置更换下来的废弃的活性炭交有资质单位处理。

#### （2）放射性废液

该项目产生的液态放射性污染物主要含有放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  等。核医学科甲癌病房、 $^{99m}\text{Tc}$  注射后待检区设计了独立的病人专用厕所，对病人的排泄物实施统一收集和管理。核医学科产生的放射性废水经统一收集排入废水衰变池，经足够长时间的衰变、检测达标后经审管部门核准排入市政管网。

医院在核医学科设置三级衰变池，收集核医学科产生的放射性废水。衰变池顶盖钢筋混凝土板制成，衰变池分三格进行放射性衰变贮存处理。

#### （3）放射性废气

放射性药物的分装会产生气载放射性废物。医院拟在核医学科设置通风橱，通风橱风速不小于  $1.0\text{m/s}$ ，且设置活性炭过滤装置，核医学科放射性废气经活性炭过滤装置过滤后，通过管道在核医学科所在楼屋顶高出屋脊的排放口排放。

**表 11 环境影响分析**

**一、建设阶段对环境的影响**

医院红谷分院此次环评项目在建设阶段不涉及放射性同位素与射线装置的使用，故不会对周边产生辐射环境影响。但在安装调试的过程当中，一定要严格按照相关使用说明及管理制度执行。

**二、运行阶段对环境的影响**

**1、数字减影血管造影仪（DSA）**

因医院此次环评的 DSA 未建设运行，故采取类比监测的方法进行分析评价。DSA 采用已获江西省环境保护厅批复的《景德镇市第三人民医院数字减影血管造影仪（DSA）医用 X 射线装置应用项目环境影响报告表》中的 Optima CL323i 型 DSA 现场监测数据进行分析评价。

**（1）类比分析**

类比可行性分析见表 11-1。

表 11-1 DSA 类比条件一览表

项目	本项目	类比项目	备注
设备名称型号	/	Optima CL323i 型 DSA	/
管电压、管电流	125kV，1250mA	125kV，1000mA	与类比对象相当
屏蔽墙厚度	四楼，24cm 实心砖+1mmPb 钡水泥；五楼，3.5mmPb 铅板；	四周墙体均为 24cm 实心砖墙+1mmPb 钡水泥；	与类比对象相当
防护门铅当量	四楼，3mm 铅当量；五楼 3.5mmPb；	3mm 铅当量；	大于等于类比对象
顶板厚度	四楼，15cm 混凝土+1mmPb 的钡水泥；五楼，15cm 混凝土+2mmPb 的钡水泥；	20cm 现浇混凝土+1mmPb 钡水泥（相当于 3.5mm 铅）	与类比对象相当
底板厚度	四楼，15cm 混凝土+1mmPb 的钡水泥；五楼，15cm 混凝土+2mmPb 的钡水泥；	20cm 现浇混凝土+1mmPb 钡水泥（相当于 3.5mm 铅）	与类比对象相当
观察窗铅当量	四楼，3mm 铅当量；五楼 3.5mmPb；	3mm 铅当量；	大于等于类比对象
机房大小	四楼，72m <sup>2</sup> （9m×8m），55.25m <sup>2</sup> （8.5m×6.5m）；五楼，49.68m <sup>2</sup> （6.9m×7.2m）；	37m <sup>2</sup> （7.4m×5m）；	优于类比对象

由表 11-1 可知，本项目 DSA 的管电压、管电流与类比对象相当，而本项目的屏蔽措施大于等于类比项目，故类比条件充分。

## (2) 类比监测结果

类比监测结果见表 11-2，类比监测报告见附件 15。

表 11-2 DSA 机房周边 X- $\gamma$ 辐射剂量率水平监测结果

监测点位描述			X- $\gamma$ 剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
			范围值	平均值
DSA (检测条件: 64kV, 486mA)	观察窗	开机	0.07~0.09	0.08
		关机	0.05~0.07	0.06
	控制室操作位	开机	0.07~0.10*	0.08
		关机	0.05~0.07	0.06
	介入操作位 (曝光状态, 铅衣和铅屏屏蔽)	开机	0.62~1.13*	0.84
		关机	0.06~0.09	0.07
	控制室防护门	开机	0.06~0.10	0.08
		关机	0.05~0.07	0.06
	病人进出防护门 (机房北面)	开机	0.07~0.08	0.07
		关机	0.05~0.06	0.06
	病人进出防护门 (机房南面)	开机	0.09~0.13*	0.11
		关机	0.08~0.10	0.09
	过道 (机房北面)	开机	0.06~0.07	0.06
		关机	0.05~0.07	0.06
	机房楼上	开机	0.06~0.08	0.07
		关机	0.06~0.08	0.07
	机房楼下	开机	0.05~0.06	0.06
		关机	0.05~0.06	0.06

注: 1) 监测结果未扣除本底值。2) 打\*值为剂量估算时所用的监测值。

由类比监测结果可知, 类比 DSA 在正常使用情况下, 机房外 30cm 处的 X- $\gamma$ 辐射剂量率在 0.05~0.13 $\mu\text{Sv/h}$  之间, 符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013) 的相关要求, 即满足机房外 30cm 处周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$  的要求, 检测结果可见机房四周剂量率均处于较低水平, 说明机房屏蔽效果良好。

本项目 DSA 的管电压、管电流与类比对象相当, 而本项目的屏蔽措施大于等于类比项目, 机房面积大于类比对象, 故本项目 DSA 运行后对周边环境影响也能满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013) 中墙外 30cm 的辐射剂量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$  的要求。

由类比监测报告可知, 医院 DSA 介入操作位 (曝光室内) 的 X- $\gamma$ 辐射剂量率较高, 在曝光室内操作时, 工作人员必须佩戴好个人剂量计、穿好铅衣、铅帽、铅围脖等防护用品, 同时合理安排操作人员轮流操作。操作时应尽可能缩短曝光时间、优化曝光条件, 减少患

者的受照剂量，在不影响诊疗的情况下给病人必要的屏蔽防护如铅衣、铅帽、铅围裙等。

### (3) 剂量估算

为确定医院 DSA 机房防护的有效性 & 项目运行过程中对操作人员和公众产生的辐射剂量及其辐射环境影响，对其进行辐射剂量估算评价。

个人年有效剂量当量计算模式如下：

$$H=0.7\times D\times T\times 10^{-3}$$

式中：H—辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D—辐射剂量率， $\times 10^{-6}\text{Gy/h}$ ；

T—年工作时间，h；

0.7—有效剂量当量率与空气吸收剂量率比值；

控制室操作人员的辐射剂量率为 DSA 开机状态下控制室内操作位的监测数值（表 11-2 中带\*号的数值），介入人员为介入室铅衣内的监测数据（表 11-2 中带\*号的数值），公众成员的辐射剂量率为 DSA 开机状态下机房周围（除控制室外）监测数值中最大辐射剂量率（表 11-2 中带\*号的数值），公众成员居留因子取 1/4。

由医院提供资料可知，本项目运行后预计平均每人年手术台数约 200 台，每台手术出束时间约 20min。公众成员受照时间按 500 台手术出束时间计。

工作人员和公众成员的最大年有效剂量见表 11-3。

表 11-3 医院 DSA 所致工作人员和公众最大年有效剂量估算表

对象	辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	年曝光（工作）时间(h)	年有效剂量 (mSv/a)
控制室操作人员	0.10-0.06=0.04	200 台/a $\times$ 20min/台=66.67	$1.87\times 10^{-2}$
介入室内工作人员	1.13-0.07=1.06	200 台/a $\times$ 20min/台=66.67	0.05
公众成员	0.13-0.09=0.04	500 台/a $\times$ 20min/台 $\times$ (1/4)=41.67	$1.17\times 10^{-3}$

由表 11-3 可知，本项目 DSA 正常运行时对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.05mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于管理限值 5mSv；对公众照射的最大年有效剂量值为  $1.17\times 10^{-3}\text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于管理限值 0.1mSv。

医院 DSA 项目辐射工作人员为现有人员，由个人剂量检测报告可知，单季度剂量最高值为 0.90mSv（陈再华，2017 年 1 月-3 月），则初步估算年最大值为 3.6mSv/a，叠加本项目附加剂量后个人剂量累积剂量最大为 3.65mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标

准》（GB18871-2002）的要求，也低于管理限值 5mSv。

## 2、非密封放射性物质工作场所

### 2.1 理论计算公式

（1） $\gamma$ 点源的比释动能率

$$D = \frac{A \cdot \Gamma}{K \cdot r^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

式中：D—参考点上的剂量当量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

A— $\gamma$ 点源的活度，Bq；

r—空气比释动能率常数， $\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{Bq}\cdot\text{s}$ ；

由《辐射安全手册》（潘自强 主编，2011）可知相应核素的空气比释动能率常数为：  
 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  为  $5.11 \times 10^{-18} \text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{Bq}\cdot\text{s})$ ； $^{131}\text{I}$  为  $1.45 \times 10^{-17} \text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{Bq}\cdot\text{s})$ ；

r—考查点离点源的距离(屏蔽体外 30cm)，m。

K—减弱倍数； $K=2^n$  或  $K=10^n$ ；n—半值层厚度（HVL）数或十值层厚度数；

$^{131}\text{I}$ —铅的 HVL 为 3mm；混凝土的十值层厚度为 18cm；

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ —铅的 HVL 为 0.3mm；混凝土的十值层厚度为 6.6cm；

（2） $\beta$ 粒子的射程及 $\beta$ 粒子所致轫致辐射计算

能量为 E(MeV) $\beta$ 粒子的射程在低 Z 物质中的射程，可由下面经验计算公式计算，即：

$$R = 0.412 \times E^{(1.265-0.0954 \times \ln E)} \quad (0.01 < E < 2.5 \text{MeV}) \dots\dots\dots \text{（式 11-2）}$$

R— $\beta$ 射线在低原子序数中的射程， $\text{g}/\text{cm}^2$ ；相对应屏蔽物质的厚度（mm）则为  $R/\rho$ ；

能量为 E(MeV) $\beta$ 粒子与原子序数为 Z 的屏蔽材料相互作用产生的轫致辐射在空气 r（m）处的吸收剂量率计算公式如下：

$$\dot{D} = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z \times \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \times \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \dots\dots\dots \text{（式 11-3）}$$

A—放射源的活度，Bq；

Z—屏蔽材料的原子序数，人体软组织取 7.43；

$E_b$ —轫致辐射的平均能量，为入射 $\beta$ 粒子最大能量的 1/3，MeV；

$\frac{\mu_{en}}{\rho}$ —平均能量为  $E_b$  的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数， $\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$ ；

公式（式 11-1）至（式 11-3）来自《辐射防护导论》。

### 2.2 非密封放射性物质 $^{131}\text{I}$ 的环境影响分析

医院  $^{131}\text{I}$  药物采用自动分装仪自动分装，药物主要用于甲亢及甲癌治疗，其中甲癌患者服药量一般为  $3700\text{MBq/人}$  ( $100\text{mCi/人}$ )，最高为  $9250\text{MBq/人}$  ( $250\text{mCi/人}$ )，每个甲癌病房病人数为 1 人；甲亢患者服药量一般为  $148\text{MBq/人}$  ( $4\text{mCi/人}$ )，最大服药量为  $296\text{MBq/人}$  ( $8\text{mCi/人}$ )。

$^{131}\text{I}$  工作场所辐射环境影响理论计算主要考虑  $^{131}\text{I}$  药物对工作人员的空气比释动能率、甲癌病房外的空气比释动能率。医院两间甲癌病房防护措施相同，故取其中具有代表性的（最西侧病房）进行理论估算，计算公式见（式 11-1），计算时，服药病人按点源考虑，位于病房中央位置，计算结果见表 11-4。

表 11-4  $^{131}\text{I}$  非密封源工作场所空气比释动能率估算结果

位置		屏蔽物质及厚度	源活度 (Bq)	空气比释动能率常数 ( $\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{Bq}\cdot\text{s}$ )	距离 (m)	屏蔽后的剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
甲癌病房	北墙外 30cm (甲癌患者通道)	20cm 混凝土 +8mmPb	$9.25\times 10^9$	$1.45\times 10^{-17}$	2.8	0.75
	南墙外 30cm (服药患者通道)				2.8	0.75
	西墙外 30cm (服药患者通道)				2.25	1.16
	东墙外 30cm (甲癌病房)				2.25	1.16
	顶棚上方 30cm (屋顶绿化)				2.5	0.94
	底板下方 400cm (停车场)				5.2	0.22
	防护门外 30cm (服药患者过道)	10mmPb			2.8	6.11
	核医学科北墙外 30cm (通风井)	10mmPb+16cm 混凝土			5.5	0.20
留观室 (甲亢)	顶棚 (过道)	25cm 混凝土	$2.96\times 10^8/\text{人}\times 5\text{人}$	$1.45\times 10^{-17}$	2.5	0.50
	南墙外 30cm (过道)	24cm 实心砖墙			2.5	1.60
	南面留观室	24cm 实心砖墙			5.3	0.36
存放药物		20mmPb	$2.59\times 10^{10}$	$1.45\times 10^{-17}$	0.3	147.86

### 2.3 显像用药物 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) 辐射影响分析

医院显像用药物为  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  一般用药量为  $6.66\times 10^8\text{Bq/人}$  ( $18\text{mCi/人}$ )，最大为  $1.11\times 10^9\text{Bq/人}$  ( $30\text{mCi/人}$ )。

甲状腺显像一般给药量为  $1.85\sim 3.7\text{MBq}$ ，寻找甲状腺癌转移灶给药量为  $74\sim 148\text{MBq}$ 。

SPECT-CT 扫描时取最大活度 148MBq。

因  $^{131}\text{I}$  对铅的半值层是  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的十倍， $^{131}\text{I}$  的空气比释动能率常数约为  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的 2.8 倍，故满足  $^{131}\text{I}$  的屏蔽措施也能屏蔽  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  产生的  $\gamma$  射线，故 SPECT-CT 机房扫描检查室取  $^{131}\text{I}$  进行计算。计算时，服药病人按点源考虑，位于各功能用房中央位置， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  注射工作人员在 20mmPb 的药物注射窗后操作，摆位时穿戴 0.5mmPb 的铅衣， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  同时候诊人数为 10 人，计算公式见（式 11-1），计算结果见表 11-5。

表 11-5 非密封源工作场所空气比释动能率估算结果

核素名称及位置		屏蔽物质及厚度	源活度 (Bq)	空气比释动能率 常数 (Gy·m²/Bq·s)	距离 (m)	屏蔽后的剂 量率 (μGy/h)
注射 后休 息室 ( <sup>99m</sup> Tc)	北墙外 30cm	30cm 实心 砖 +2mmPb	1.11×10 <sup>9</sup> B q/人×10 人	5.11×10 <sup>-18</sup>	2.5	3.00×10 <sup>-4</sup>
	南墙外 30cm				2.5	3.00×10 <sup>-4</sup>
	西墙外 30cm				0.8	2.93×10 <sup>-3</sup>
	东墙外 30cm				5.6	5.98×10 <sup>-5</sup>
	顶棚上方 30cm	25cm 混凝 土			2.5	5.32×10 <sup>-3</sup>
	底板下方 130cm				2.3	6.29×10 <sup>-3</sup>
	防护门外 30cm	4mmPb			2.5	3.17×10 <sup>-3</sup>
SPEC T-CT 机房 ( <sup>131</sup> I)	北墙外 30cm（控 制室）	37cm 实心 砖 +2mmPb	1.48×10 <sup>8</sup>	1.45×10 <sup>-17</sup>	5	7.95×10 <sup>-3</sup>
	南墙外 30cm（过 道）				5	7.95×10 <sup>-3</sup>
	西墙外 30cm（卫 生间等）				4.6	9.39×10 <sup>-3</sup>
	东墙外 30cm（化 学发光免疫室）				4.6	9.39×10 <sup>-3</sup>
	顶棚上方 30cm （资料室等）	25cm 混凝 土			2.6	0.05
	底板下方 130cm （停车场）				2.3	0.06
	观察窗外 30cm （控制室）	6mmPb			4.6	0.09
	控制室侧防护门 外 30cm	5mmPb			5	0.10
	患者出入防护门 外 30cm	5mmPb			5	0.10
淋洗分装（ <sup>99m</sup> Tc）		10mmPb	2.96×10 <sup>10</sup>	5.11×10 <sup>-18</sup>	0.3	5.59×10 <sup>-7</sup>
注射（ <sup>99m</sup> Tc）		20mmPb	1.11×10 <sup>9</sup>	5.11×10 <sup>-18</sup>	0.3	1.94×10 <sup>-18</sup>
摆位（ <sup>99m</sup> Tc）		0.5mmPb	1.11×10 <sup>9</sup>	5.11×10 <sup>-18</sup>	1	6.43

注：以上为考虑核素自身的衰变及人体排泄的影响，计算结果是偏保守和安全的。

由《辐射防护导论》可知，康普顿散射是使 X 或  $\gamma$  射线减弱的主要因素时，例如混凝土、砖、灰泥、

泥土等常用建筑材料（由硅、钙、铝、铁一类低 Z 物质组成），可由 $\rho_1 \times d_1 = \rho_2 \times d_2$ 来估算砖、灰泥或泥土等材料的等效混凝土厚度，重晶石混凝土的等效混凝土厚度通过上述公式换算而来。砖密度为  $1.6\text{g/cm}^3$ ，混凝土密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ 。

2.4  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  的辐射影响分析

(1)  $\beta$ 粒子的射程及 $\beta$ 粒子所致轫致辐射计算

医院放射性核素  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  的静脉注射在  $20\text{mmPb}$  的铅注射窗后进行，注射完成后病人即可离院。 $^{89}\text{Sr}$  患者服药量最大为  $4\text{mCi}$ ， $^{153}\text{Sm}$  患者服药量最大为  $60\text{mCi}$ 。在使用过程中的辐射影响主要为注射  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  时对工作人员的影响。核素的 $\beta$ 射线能量及在铅中的射程（由公式（式 11-2）算得）如下：

表 11-6 各核素的 $\beta$ 射线能量及在铅中的射程

序号	核素名称	$\beta$ 射线最大能量 (KeV)	$\beta$ 射线平均能量 (KeV)	屏蔽物质	在铅中的射程 ( $\text{g/cm}^2$ )	厚度 (mm)
1	$^{89}\text{Sr}$	1491	583.0	铅	0.67	0.59
2	$^{153}\text{Sm}$	702	224.4	铅	0.26	0.23

由上表可知， $20\text{mmPb}$  的注射窗能够屏蔽放射性核素  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  产生的 $\beta$ 射线，但 $\beta$ 射线与物质作用会产生轫致辐射，各核素产生的轫致辐射剂量率及屏蔽后的剂量率情况见表 11-7（由公式（式 11-3）算得）。由《辐射防护导论》附表查得  $20\text{mmPb}$  对不同能量 $\gamma$ 射线的减弱倍数， $0.25\text{MeV}$  的 $\gamma$ 射线， $1.89\text{cm}$  铅对应的减弱倍数为  $2 \times 10^5$ ； $0.5\text{MeV}$  的 $\gamma$ 射线， $1.97\text{cm}$  铅对应的减弱倍数为 20。

表 11-7  $\beta$ 辐射体与物质作用产生的轫致辐射情况

核素名称	源活度 (Bq)	屏蔽物质原子序数	轫致辐射的平均能量 (MeV)	距离 m	空气质量能量吸收系数	剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	$2\text{cmPb}$ 对应的减弱倍数	屏蔽后的剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
$^{89}\text{Sr}$	$1.48 \times 10^8$	82	0.497	0.3	$2.97 \times 10^{-3}$	4.52	20	0.23
$^{153}\text{Sm}$	$2.22 \times 10^9$	82	0.234	0.3	$2.67 \times 10^{-3}$	15.05	200000	$7.52 \times 10^{-5}$

2.5 有效剂量估算

由医院提供资料可知，医院核医学科各核素预计年病人人数（最大服药量对应人数）及工作人员接触放射性同位素时间如下：

(1)  $^{131}\text{I}$  采用自动分装仪远程操作，且  $^{131}\text{I}$  存储在铅罐置于通风橱内，自动分装时对工作人员的影响可忽略不计；人员将  $^{131}\text{I}$  药物存放在自动分装仪的过程中，受到一定的外照射影响，存放药物时间约  $1\text{min/次}$ 。甲癌病人预计年病人人数为 72 人，设有 2 间病房，甲癌治疗每 7 天安排 1 次。公众人员剂量率取甲癌病房西墙外的理论计算值，每天  $8\text{h}$ ，居留因子取  $1/8$ 。

(2) 显像检查： $^{99m}\text{Tc}$  显像检查药物病人数为 1280 人/年； $^{131}\text{I}$  显像检查，甲癌患者显像检查服药量远大于其他患者服药量，故取甲癌患者人数 72 人； $^{99m}\text{Tc}$  服药患者影响远小于  $^{131}\text{I}$  甲癌显像检查患者的影响，故显现检查时  $^{99m}\text{Tc}$  的影响按  $^{131}\text{I}$ （甲癌患者显像检查）计是偏保守的。 $^{99m}\text{Tc}$  淋洗分装时间约 1min/人次， $^{99m}\text{Tc}$  药物注射时间约 30s/人，摆位时间约 1min/人，病人扫描时间约 10min/人。

(3)  $^{89}\text{Sr}$  年治疗病人数约 50 人/年， $^{153}\text{Sm}$  年治疗病人数约 17 人/年。注射时间保守估计为 30s/人。

由《日尿排泄  $^{131}\text{I}$  值估算甲状腺癌患者体内残留活度》（中国医疗前沿 2013 年 3 月 第 8 卷第 6 期）可知，24 小时内甲癌患者通过尿液排放的  $^{131}\text{I}$  量最大为服药量的 71%，72 小时内甲癌患者通过尿液排放的  $^{131}\text{I}$  量最大为服药量的 85.6%，72 小时后  $^{131}\text{I}$  基本无排出。故理论计算时，第一天按 100%药量计算，第二天按服药量的 29%计算，第三天以后按服药量的 14.4%计算，计算是偏保守和安全的。公众人员居留因子取 1/8。

表 11-8 核医学科工作人员及公众成员的年有效剂量估算结果表

核素名称	成员	操作类型	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
$^{131}\text{I}$	工作人员	存放药物	147.86	36 次/年 $\times$ 1min/次=0.6h	0.06
$^{99m}\text{Tc}$	工作人员	淋洗分装	$5.59\times 10^{-7}$	1280 人/年 $\times$ 1min/人=21.33	$8.35\times 10^{-9}$
		注射	$1.94\times 10^{-18}$	1280 人/年 $\times$ 30s/人=10.67	$1.45\times 10^{-20}$
		扫描	$7.79\times 10^{-7}$	1280 人/年 $\times$ 10min/人=213.33	$1.16\times 10^{-7}$
		摆位	6.43	1280 人/年 $\times$ 1min/人=21.33	$9.60\times 10^{-2}$
$^{89}\text{Sr}$	工作人员	注射	0.23	50 例/年 $\times$ 30s/人=0.42	0.07
$^{153}\text{Sm}$			$7.52\times 10^{-5}$	17 例/年 $\times$ 30s/人=0.14	$7.37\times 10^{-6}$
$^{131}\text{I}$	公众人员 (顶棚)	SPECT-C T 检查	0.05	1280 人/年 $\times$ 10min/人=213.33	$7.47\times 10^{-3}$
$^{131}\text{I}$ 公众人员 (西墙外)	第 1 天		1.16	50 周/年 $\times$ 1 天/周 $\times$ 8h/天 $\div$ 8=50	$4.06\times 10^{-2}$
	第 2 天		0.34	50 周/年 $\times$ 1 天/周 $\times$ 8h/天 $\div$ 8=50	$1.19\times 10^{-2}$
	第 3 天至第 7 天		0.17	50 周/年 $\times$ 5 天/周 $\times$ 8h/天 $\div$ 8=250	$2.98\times 10^{-2}$
	合计				0.08

由医院个人剂量检测报告可知，核医学科单季度个人最大有效剂量检测结果为 0.45mSv 则一年最大有效剂量为 1.8mSv。由表 11-8 可知，非密封放射性物质工作场所运行过程中，工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.07mSv/a，则叠加现有剂量估算值后的剂量为 1.87mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于管理限值 5mSv。对公众照射的最大年有效剂量值为 0.08mSv/a，符合《电离辐射防护与辐

射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于管理限值 0.1mSv/a。

## 2.6 放射性废物环境影响评价

### （1）放射性液体废物

核医学科含放射性废水主要为施用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、放射性药物病人产生的排泄物以及事故下的清洗废水。医院非密封放射性物质工作场所拟设置 3 个独立衰变池，即废水装满第一衰变池后排入第二衰变池，以此类推排入第三衰变池，三个衰变池独立交替使用，单个容积为  $28\text{m}^3$ ，总容积为  $84\text{m}^3$ 。衰变池结构图见图 11-1。

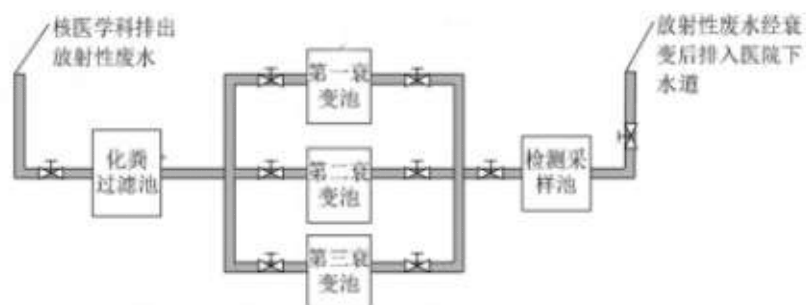


图 11-1 放射性废液衰变池结构示意图

根据医院规划，该核医学科  $^{99m}\text{Tc}$  显像检查病人（最大服药量）预计约 1280 人（次）/年，则产生放射性排泄物的日平均人数约为 5.12 人（次）/天（年工作数按 250 天计），假设受检病人每次诊断期间使用厕所的频率平均为 2 次，每次产生 5L 废水，则每天产生的废水总量为 90L（ $0.0512\text{m}^3$ ）； $^{131}\text{I}$  甲癌病人约 72 人（次）/年，每周最多 2 人，每天产生 100L/人的废水，则每天为废水产生量为  $0.2\text{m}^3$ 。则医院每天排入放射性废液衰变池的放射性废液量为  $0.2512\text{m}^3$ 。

衰变池有效容积按 90% 算，则装满一个衰变池需要 100.32 天的时间，废水装满第一衰变池后排入第二衰变池，以此类推排入第三衰变池，三个衰变池独立交替使用。第三个衰变池满时，第一衰变池至少已衰变 200.64 天。放射性废水中主要含有的放射性核素包括  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ ，以半衰期较长的  $^{131}\text{I}$  的半衰期（8.04d）进行计算。

由 GB18871-2002 附录 B 的 B1.3.4 及 B.1.3.5 可知，相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量的限值  $I_{j,L}$  的计算公式如下：

$$I_{j,L} = \frac{DL}{e_j}$$

式中：DL——相应的有效剂量的年剂量限值，20mSv；

$e_j$ ——标准表 B3 和 B6、B7 中给出的放射性核素的  $j$  的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。

表 11-9 本项目放射性废液中各核素的  $ALI_{min}$  值

序号	核素名称	工作人员吸入和食入单位摄入量所致的待积有效剂量 $e(g)$		年摄入量限值 I (Bq)	$ALI_{min}$ (Bq)
1	$^{99m}Tc$	吸入	$2.90 \times 10^{-11}$	$6.90 \times 10^8$	$6.90 \times 10^8$
		食入	$2.20 \times 10^{-11}$	$9.09 \times 10^8$	
2	$^{131}I$	吸入	$1.10 \times 10^{-8}$	$1.82 \times 10^6$	$9.09 \times 10^5$
		食入	$2.20 \times 10^{-8}$	$9.09 \times 10^5$	

由上表可知,  $^{99m}Tc$  核素的  $ALI_{min}$  大于  $^{131}I$  的  $ALI_{min}$  值, 且  $^{99m}Tc$  核素的半衰期小于  $^{131}I$ , 故  $^{131}I$  达标排放时, 其他核素也能满足排放要求。本项目放射性废水排放量用代表性的  $^{131}I$  核素进行分析。

医院  $^{131}I$  甲癌患者每周按 2 人计, 每年 50 周, 服药量按 250mCi 计算。由《日尿排泄  $^{131}I$  值估算甲状腺癌患者体内残留活度》(中国医疗前沿 2013 年 3 月 第 8 卷第 6 期) 可知, 72h 内甲癌患者通过尿液排放的  $^{131}I$  量最大为服药量的 85.6%, 72h 后  $^{131}I$  基本无排出。由上述分析可知, 单独一个放射性废液衰变池可以收集 100.32 天核医学科的废水, 此时甲癌患者约 14.33 周, 计算核素排放量时按 15 周计是偏保守和安全的。

表 11-10 放射性废水排放时衰变池中  $^{131}I$  剩余量

周期	排入衰变池量 (Bq)	衰变天数 (天)	衰变后的活度 (Bq)	剩余量 (Bq)	$ALI_{min}$ (Bq)
1	$1.58 \times 10^{10}$	300.96	8.54E-02	$8.80 \times 10^2$	$9.09 \times 10^5$
2	$1.58 \times 10^{10}$	293.96	1.56E-01		
3	$1.58 \times 10^{10}$	286.96	2.85E-01		
4	$1.58 \times 10^{10}$	279.96	5.22E-01		
5	$1.58 \times 10^{10}$	272.96	9.54E-01		
6	$1.58 \times 10^{10}$	265.96	1.75E+00		
7	$1.58 \times 10^{10}$	258.96	3.19E+00		
8	$1.58 \times 10^{10}$	251.96	5.84E+00		
9	$1.58 \times 10^{10}$	244.96	1.07E+01		
10	$1.58 \times 10^{10}$	237.96	1.95E+01		
11	$1.58 \times 10^{10}$	230.96	3.57E+01		
12	$1.58 \times 10^{10}$	223.96	6.52E+01		
13	$1.58 \times 10^{10}$	216.96	1.19E+02		
14	$1.58 \times 10^{10}$	209.96	2.18E+02		
15	$1.58 \times 10^{10}$	202.96	3.99E+02		

由上表可知, 当放射性废液衰变池排放放射性废水时, 衰变池中  $^{131}I$  的剩余量约 6.50Bq,

小于  $1\text{ALI}_{\text{min}}$  ( $9.09 \times 10^5 \text{Bq}$ )，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中放射性废液排放的相关要求。每次排放后，医院应用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。故放射性液体废物对环境的影响较小。

## (2) 放射性固体废物

由医院现有核医学科提供的统计资料可知，核医学科非密封放射性物质使用过程中，3 个病人约产生 0.1kg 的放射性固体废物，医院核医学科预计年病人数为 2319 人（次），故预计医院红谷分院核医学科产生的放射性固体废物量为 77.3kg。

放射性固体废物主要有使用后的注射器、一次性手套、吸水纸、口罩、废活性炭及被非密封放射性物质污染的物品等，这些放射性废物按核素种类、污染水平及产生时间进行分类收集，暂存于废物间的废物桶内，废物桶表面贴电离辐射警示标志和文字提醒。对于注射器和碎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内。废物袋、废物箱及其他存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明。废物桶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，待其放射性比活度低于国家放射性固体废物豁免标准以后，按一般医疗废物处理。

## (3) 放射性气载废物

放射性药物的分装会产生气载放射性废物。核医学科在通风橱分装、稀释液态放射性药品，操作时间较短，在正常情况下，通风橱排出气体的放射性活度很小。核医学科放射性废气经活性炭过滤装置吸附后，再通过通风管道在核医学科所在楼的屋顶高出屋脊排放口排放，通风橱风速不小于  $1.0\text{m/s}$ ，符合《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)要求，即“合成和操作放射性废物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般不小于  $1\text{m/s}$ ），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。”。故含放射性废气对周边环境的影响较小。

## (4) $\beta$ 表面污染分析评价

$\beta$ 表面污染主要是由放射性药物洒落或者施用放射性药物的病人随地吐痰、排泄引起。该医院非密封放射性物质工作场所运行至今未发生放射性药物洒落事故，发生放射性药品洒落的几率很小，且放射性药品底部设置托盘，在事故情况下可以使 $\beta$ 表面污染范围控制在分装室、高活性室内，对分装室、高活性室外不产生 $\beta$ 表面污染。医生叮嘱病人服药后严禁随地吐痰，防止对地面产生 $\beta$ 表面污染。非密封放射性物质工作场所设置病人专用卫生间，施

用放射性药物病人排泄物统一收集，防止 $\beta$ 表面污染。

通过以上分析可知，在正常情况下，放射性药物产生的 $\beta$ 表面污染较小。

## 2.7 施用放射性药物病人的管理及其对环境的影响

(1) 施用  $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{131}\text{I}$ （甲亢）放射性药品的病人留院观察无异常即可离院。

(2) 对施用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  放射性药品的病人进行严格管理，病人施用完药物后在注射后休息室休息。留院期间，病人的排泄物统一收集并通过废液衰变池进行处理，经足够长时间衰变、检测达标后排放。

(3) 医生叮嘱病人服药后严禁随地吐痰，防止对地面及周边环境产生 $\beta$ 表面污染。

(4) 施用  $^{131}\text{I}$  放射性药品的甲癌病人由于其施用活度超过 400MBq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，病人需住院直至体内  $^{131}\text{I}$  活度低于 400MBq 后才能出院。

(5) 甲癌患者住院期间，应防止患者在病房外随意走动。患者慰问者及探视者探视时，应穿戴铅衣、铅帽等防护用品，并严格控制探视人员与患者之间的距离（1.5m 以上）及探视时间。

(6) 核医学科服药患者离院时，医务人员书面告知各类施用放射性药物的患者尽量远离其他公众成员及其他相关要求，以减少对公众成员的辐射影响。

通过以上分析可知，在采取了相应的辐射防护措施及相应管理后，本项目施用非密封放射性物质的病人对环境的影响较小。

## 三、事故影响分析

### 1. 数字减影血管造影仪（DSA）

DSA 应用项目可能发生的辐射事故及风险的发生主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查机房的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用 X 射线装置的手术室。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

(1) 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。

这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

(4) 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

(5) 事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

对可能发生的放射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报环保部门和卫生部门。

## **2.非密封放射性物质项目**

### **(1) 放射性污染控制**

当非密封放射性物质工作场所发生放射性污染时，应当及时采取得当的应急措施，使放射性污染得到及时有效地控制。具体的处理方法如下。

① 确认引起放射性污染事件的发生及当事人。

② 确定发生污染的核素名称、数量、剂量和放射性污染的具体位置、范围、放射性强度等和发生的时间。

③ 做好警示标识，及时隔离及限制污染现场，并对受污染的人员或工作场所进行去污处理。

④ 评价去污处理效果：污染部位或污染物进行去污处理后应进行处理效果的评价，如用辐射监测仪进行表面污染放射性检测，同时用于去污处理的材料去污处理后应按放射性废物处置，以防放射性污染的扩大和二次污染的发生。被污染过的仪器和器械应暂停使用。

### **(2) 放射性核素偷盗、丢失事件的处理**

① 确认放射性核素、密封源被偷盗、丢失事件的发生。

② 查证放射性核素、密封源的核素名称、数量、活度，被偷盗、丢失的可能时间、地点和嫌疑人等。

③ 及时向环保、卫生部门报告，积极配合公安部门的调查。

④ 写出事件处理结果报告，查找事件发生的原因及可能的环节，评估事件影响。

### **(3) 应急预案的启动**

① 一旦发生辐射事故，即时启动辐射事故处理应急方案。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取

应急相应救助措施。

②发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各职责，各相关部门应积极协调配合，以便能妥善处理所发生的辐射事故。

③各应急救助物质应准备充分、调配及时。

④发生事故后应及时报告环保、卫生行政和公安部门。

表 12 辐射安全管理

## 一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院设置了专门的辐射环境管理机构 and 人员，认真贯彻执行国家环境保护法及地方有关环保法规，遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，防止辐射污染，保护环境，保障公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。医院辐射环境管理情况如下：

(1) 对操作人员进行业务培训，提高操作人员的操作水平，防止非正常情况的发生。

(2) 医院成立了辐射防护领导机构，设立兼职的辐射防护监督员，负责医院的辐射防护与安全工作。

(3) 医院各射线装置应用场所及核医学科工作场所门外设置工作指示灯和规范地张贴电离辐射警告标志。

(4) 制定了事故状态下的应急处理措施，其内容包括事故的报告，事故的调查和处理，及工作人员的受照剂量估算等。

(5) 从事放射性诊断的工作人员持放射工作人员资格证上岗，定期进行辐射防护知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对放射诊断工作人员进行健康体检并形成制度。

(6) 组织和协调辐射防护方面的技术交流及培训，使医院的管理工作和相关工作人员达到《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2017 修正版）的相关规定要求。

(7) 每年至少进行一次对放射性同位素与射线装置应用场所周围环境的辐射监测，建立监测技术档案，并向相关部门提交《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

## 二、辐射安全管理规章制度

### 1. 医院辐射安全管理现状

医院建立了辐射事故应急预案，成立了医院事故处置领导小组，制定了各项制度。

(1) 医院已建立《放射性药品生产、登记制度》、《PET 放射性药物安全生产规程》、《放射性污染的紧急处理及报告制度》、《放射性药品使用管理制度》、《介入室放射安全管理制度》、《放射防护安全保卫制度》、《直线加速器机房管理制度》、《放射治疗操作规范和质量保证大纲》、《X 光机质量保证大纲及质量控制监测计划》、《放射性同

位素使用登记制度》、《放射性废物处理方案》、《放射事件应急处理预案》、《辐射工作人员培训计划和监测方案》、《核医学科工作人员职责》以及《设备检修维护制度》等制度，并落实了相关规章制度。

（2）医院现有 153 名辐射工作人员，其中 122 人参加了省环保厅组织的辐射安全与防护培训，其他没有参加培训的辐射工作人员将尽快参加培训。医院现有辐射工作人员培训情况见附件 12。

（3）辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。

（4）医院安排了辐射工作人员参加职业健康体检，建立了职业健康档案。根据江西省职业病医院的体检报告可知（见附件 11），梁银兰、李林林因怀孕暂时脱离放射岗位，朱芳鑫、陈艳萍、张颖、刘南田、金爱芳、张梅、万承凤、邵辉庭、郑元坤等因部分体检项目未做或者其他异常情况需复查或完善而未出体检结论外，其他均可继续原放射工作。医院已对上述人员进行了复查，复查结果无异常。

（5）医院放射性工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作指示灯。

## **2.此次项目辐射安全管理规章制度**

医院红谷分院环评内容与现有许可证内容相同，工作人员及操作方式等基本不变，医院红谷分院仍沿用原有的相关辐射安全管理制度。

## **三、辐射监测**

### **1.已有项目的辐射监测开展情况**

（1）验收监测：医院已运行项目，已委托有相关监测资质的监测单位对辐射工作场所的辐射防护设施进行全面的验收监测。

（2）常规监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，包括射线机房的各面屏蔽墙、观察窗和防护门等以及非密封放射性物质工作场所，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。

（3）辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，并每季度定期送检，个人剂量检测报告见附件 10。

### **2.此次项目辐射监测计划**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）、《操作

非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）等的要求，医院针对此次核技术应用项目制定相应的辐射监测计划，包括：

（1）每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

（2）本次项目内容取得环评批复并运行后，将及时委托有相关监测资质的监测单位对辐射工作场所的辐射防护设施进行全面的验收监测。

（3）医院若新增辐射工作人员，应给新增人员配备个人剂量计，并定期送检。同时应安排新增人员参加环保部门组织的辐射防护与安全培训，并通过考核。

辐射监测计划表见表 12-1。

表 12-1 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测点位	监测项目	监测频率	监测方式
DSA	防护性能	实测并检查	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、观察窗、防护门门缝处、楼上、楼下	X- $\gamma$ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位
					1 次/季度	自行监测
	防护装置		/	安全	每天 1 次	自行监测
核医学科		实测	核医学科各功能室	X- $\gamma$ 辐射剂量率 $\beta$ 表面污染	每年 1 次	委托有资质单位
		实测	专用衰变池排口	总 $\beta$ 放射性	排放前	
		实测	放射性	放射性比活度	排放前	
		日常例行监测	人体表面皮肤、衣物等	X- $\gamma$ 辐射剂量率 $\beta$ 表面污染	离开高活性室、核医学科前	自行监测
				X- $\gamma$ 辐射剂量率	每 2 周 1	自行监测
			各功能室用房	$\beta$ 表面污染	每月 1 次	自行监测
工作人员		佩带个人剂量计	/	个人累积剂量	进行放射性工作时	委托有资质单位

#### 四、辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，江西省人民医院根据可能发生的辐射事故的风险，制定了本单位的应急方案，做好应急准备。发生辐射事故时，单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防护措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护主管部门、公安部门和卫生部门报告。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。江西省人民医院的辐射事故应急预案包括了以下内容：

（1）应急机构及其职责；

- (2) 辐射事故分级：
- (3) 应急预案的启动和报告；
- (4) 应急准备：
- (5) 应急计划；
- (6) 辐射事故调查及处理报告。

医院运行至今，未发生放射性事故。本项目运行后，还应定期修改完善应急预案等相关规章制度。

表 13 结论与建议

## 1.结论

江西省人民医院拟在红谷分院新增使用数字减影血管造影仪(DSA)10台;使用 $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{125}\text{I}$ 标记物等非密封放射性物质,为乙级非密封放射性物质工作场所。

### (1) 可行性分析结论

医用放射性同位素与射线装置的应用在我国是一门成熟的技术,它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点,对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。江西省人民医院红谷分院拟使用的放射性同位素与射线装置,将为病人提供一个更加优越的诊疗环境,具有明显的社会效益,同时医院此次项目涉及的辐射工作场所均按相关要求进行了设计,防护措施满足标准要求,对周边环境及人员的影响较小。因此,本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践正当性”的要求。

该项目属于综合医院项目,对照《产业结构调整指导目录》(2011年本,2013修正)的规定其属于国家鼓励类的项目,故该项目符合国家产业政策。

医院X射线装置及非密封放射性物质工作场所相对集中,与各科室功能项配套,选址基本合理。

### (2) 辐射安全与防护分析结论

由辐射工作场所的辐射防护措施分析可知,医院DSA机房防护设施的技术要求总体上满足《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013),非密封放射性物质工作场所的布局及防护设施等满足《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)等标准的相关要求。

### (3) 环境影响分析结论

由理论计算可知,工作人员职业照射的最大年附加有效剂量值为 $3.65\text{mSv/a}$ ,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,也低于管理目标值 $5\text{mSv}$ 。对公众照射的最大年附加有效剂量值为 $0.08\text{mSv}$ ,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)公众照射剂量限值 $1\text{mSv/a}$ 的要求,也低于剂量管理目标值 $0.1\text{mSv/a}$ 。

### (4) 总结论

江西省人民医院放射性同位素与射线装置应用项目旨在改善患者就医环境,经评价

分析，只要认真落实本报告提出的环境保护措施，严格按照程序操作，切实执行国家各项法规、制度，使本项目实践符合辐射实践的正当性、辐射防护的最优化、个人剂量的限制三原则，则该项目从辐射环保角度来说运营是可行的。

## **2.建议**

建议项目单位认真做好以下几项工作：

（1）已运行未委托验收的射线装置应尽快委托有资质的单位进行验收监测，及时办理竣工环境保护验收手续。

（2）医院将安排未培训人员及新增辐射工作人员参加环保部门组织的辐射安全与防护培训，培训证到期人员参加复训，并通过考核。

（3）医院应加强个人剂量计的日常管理，辐射工作人员应正确佩戴个人剂量计。同时按照国家法律法规要求给新进辐射工作人员配备个人剂量计，并定期送检，建立个人剂量监测档案；定期参加职业健康体检，建立职业健康档案。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公 章

年 月 日

建设项目环评审批基础信息表

填表单位（盖章）：			江西省人民医院				填表人（签字）：				项目经办人（签字）：			
建 设 项 目	项目名称		放射性同位素与射线装置应用项目				建设内容、规模		建设内容：数字减影血管造影仪（DSA），规模：10，计量单位：台。使用乙级非密封源工作场所。					
	项目代码 <sup>1</sup>		无											
	建设地点		南昌市红谷新区濠江路与丰和北大道交叉口											
	项目建设周期（月）		12.0				计划开工时间		2018年10月					
	环境影响评价行业类别		五十、核与辐射 191核技术利用建设项目（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置）				预计投产时间		2019年10月					
	建设性质		新 建（迁 建）				国民经济行业类型 <sup>2</sup>		Q841 医院					
	现有工程排污许可证编号（改、扩建项目）		无				项目申请类别		新申项目					
	规划环评开展情况		不需开展				规划环评文件名		无					
	规划环评审查机关		无				规划环评审查意见文号		无					
	建设地点中心坐标 <sup>3</sup> （非线性工程）		经度	115.872964	纬度	28.706017	环境影响评价文件类别		环境影响报告表					
	建设地点坐标（线性工程）		起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度（千米）			
	总投资（万元）		8500.00				环保投资（万元）		350.00		所占比例（%）		4.10%	
建 设 单 位	单位名称		江西省人民医院		法人代表	李秋根		评价单位	单位名称	江西省核工业地质局测试研究中心		证书编号	国环评证乙字第2306号	
	统一社会信用代码（组织机构代码）		49100589-2		技术负责人	林伟			环评文件项目负责人	尹海华		联系电话	0791-88236020	
	通讯地址		南昌市东湖区爱国路152号		联系电话	/			通讯地址	江西省南昌市洪都中大道101号				
污 染 物 排 放 量	污染物		现有工程（已建+在建）		本工程（拟建或调整变更）		总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）				排放方式			
			①实际排放量（吨/年）	②许可排放量（吨/年）	③预测排放量（吨/年）	④“以新带老”削减量（吨/年）	⑤区域平衡替代本工程削减量 <sup>4</sup> （吨/年）	⑥预测排放总量（吨/年）	⑦排放增减量（吨/年）					
	废水	废水量(万吨/年)							0.000	0.000	<div><input checked="" type="radio"/>不排放</div> <div><input type="radio"/>间接排放：<div><input type="checkbox"/> 市政管网</div><div><input type="checkbox"/> 集中式工业污水处理厂</div></div> <div><input type="radio"/>直接排放：受纳水体_____</div>			
		COD							0.000	0.000				
		氨氮							0.000	0.000				
		总磷							0.000	0.000				
		总氮							0.000	0.000				
	废气	废气量（万标立方米/年）							0.000	0.000	/			
		二氧化硫							0.000	0.000	/			
		氮氧化物							0.000	0.000	/			
		颗粒物							0.000	0.000	/			
		挥发性有机物							0.000	0.000	/			
	项目涉及保护区与风景名胜区的情况		影响及主要措施		名称		级别	主要保护对象（目标）	工程影响情况	是否占用	占用面积（公顷）	生态防护措施		
生态保护目标														
自然保护区										<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）				
饮用水水源保护区（地表）						/				<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）				
饮用水水源保护区（地下）						/				<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）				
		风景名胜区					/				<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）			

注：1、同级经济部门审批核发的唯一项目代码  
2、分类依据：国民经济行业分类(GB/T 4754-2011)  
3、对多点项目仅提供主体工程的中心坐标  
4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量  
5、⑦=③－④－⑤，⑥=②－④＋③