

修改清单

序号	修改意见	修改内容	修改页码
1	补充完善评价适用法规、标准	已完善	P9
2	核医学工作场所布局图中的物流、人流、气流组织情况辅以文字描述，并进行合理性评价。	已评价	P22、P48
3	结合院方提供的就诊工作量情况，进一步核实放射性“三废”产生量	已核实	P8
4	潜在照射应急方案和措施应包含有核医学方面的内容	已建议	P75
5	专家提出的其他意见	已修改	P13、P58- P61、P63- P66、P70、P71

目 录

表 1 项目基本情况.....	2
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	9
表 6 评价依据.....	10
表 7 保护目标与评价标准.....	11
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	20
表 10 辐射安全与防护.....	33
表 11 环境影响分析.....	44
表 12 辐射安全管理.....	69
表 13 结论与建议.....	74
表 14 审批.....	77
环境保护验收一览表	78
附件：	
附件 1 委托函.....	79
附件 2 关于成立辐射安全防护管理小组的通知.....	80
附件 3 关于常德湘雅医院新建工程项目环评报告书的批复.....	81
附件 4 仪器检定证书.....	85
附件 5 辐射事故预防措施及应急处理预案.....	88
附件 6 放射影像科主任职责.....	90
附件 7 放射影像科主任（副主任）医师职责.....	91
附件 8 放射影像科主治医师职责.....	92
附件 9 放射影像科医师职责.....	93
附件 10 放射影像科技师职责.....	94
附件 11 放射影像科技术人员职责.....	95
附件 12 放射源安全管理及退役制度.....	96
附图：	
附图 1 医院平面布置图	
附图 2 PET-CT 平面布置图	
附图 3 医技楼 1 层 CT 平面图	
附图 4 医技楼 2 层 DSA、CT 平面图	
附图 5 放疗中心平面布置图	
附图 6 项目地理位置示意图	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		湘雅常德医院核技术利用新建项目			
建设单位		湘雅常德医院			
法人代表	刘凡荣	联系人	刘松	联系电话	18670653298
注册地址		常德市柳叶湖管理区沾天湖北环路与金牛路交汇处西南角			
项目建设地点		常德市柳叶湖管理区沾天湖北环路与金牛路交汇处西南角湘雅常德医院院内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		1500	项目环保投资 (万元)	150	投资比例(环 保投资/总投 资) 10%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²) /
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☒ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☒ III 类 ☐ IV 类 ☒ V 类		
	非密封放射性 物质	☒ 生产	☒ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☒ III 类		
	其他				

一、项目由来

湘雅常德医院是常德市经济建设投资集团有限公司与中南大学湘雅医院合作项目，由常德市经济建设投资集团有限公司投资，中南大学湘雅医院负责日常营运。原名为常德湘雅医院，2014 年 5 月 13 日常德市经济建设投资集团有限公司向常德市人民政府国有资产监督管理委员会（以下称“常德市国资委”）提出更名的请示，常德市国资委于 2014 年 5 月 20 日同意其更名。

项目于 2011 年 7 月取得常德市发改委的立项批复（常发改社[2011]293 号），占地面积 231 亩，总投资 19.6 亿元，其中核技术投资 1.5 亿元，环保投资 0.8 亿元。于 2011 年 7 月 15 日取得常德市环境保护局《关于常德湘雅医院新建工程项目环境影响报告书的批复》（常环建[2011]79 号）。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，湘雅常德医院委托核工业二三〇研究所承担湘雅常德医院核技术利用项目的环评工作。评价单位在掌握了该院在用各射线装置工作场所周围辐射水平的基础

上，按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制完成该项目的
环境影响报告表。

二、医院概况

湘雅常德医院位于柳叶湖管理区沾天湖北环路与金牛路交汇处西南角，规划建筑总面积 42.5 万 m²，分两期建设，第一期工程 27 万 m²，1000 张床位，第二期工程 15.5 万 m²，500 张床位。医院由门急诊楼，医技楼、1 号病房楼、2 号病房楼、行政可研办公楼组成，是按照三级甲等医院标准规划建设，及医疗、教学、科研于一体的现代化大型综合医院。

医院建成后，拟设置内科、外科、妇产科、放疗科、儿科、五官科等 13 个科室，共设有病床 1500 张，手术室 38 间，配备功能先进的 MRI、CT、DR 等检测仪器，能满足 4500 人次日接诊需求，是常德市经投集团精心打造的一项具有重要意义的“健康工程”、“民生工程”。

湘雅常德医院核技术利用主要分为放射科、介入中心、骨科、口腔科、放疗科、核医学科和手术室。

三、医院拟使用射线装置、放射源和非密封放射性物质分布情况

1、射线装置及分布情况

医院拟使用射线装置 36 台，。主要分布在门急诊楼 1 层、2 层、3 层、4 层和医技楼的 1 层、2 层、4 层。装置情况见表 1-1 及图 1-1。

表 1-1 本次环评设备情况一览表

序号	装置名称	型号	生产厂家	建设方提供拟购置装置主要参数	台数	所在场所		
1	CT 机	待定	待定	140KV,500mA	7	门急诊楼 (放射科)	1 层	1
							2 层	1
							3 层	1
						医技楼 (放射科)	1 层	2
							2 层	2
2	DR 机	待定	待定	150kV,800mA	11	门急诊楼 (放射科)	1 层	1
							2 层	2
							3 层	2
						医技楼 (放射科)	2 层	6
3	CT 定位机	待定	待定	140KV,800mA	1	地下室(放疗科)	地下室	1
4	模拟定位机	待定	待定	125KV,630mA	2	地下室(放疗科)	地下室	2

5	直线加速器	待定	待定	能量 15MV	3	地下室（放疗科）	地下室	3
6	DSA	待定	待定	150kV, 1250mA	3	医技楼（介入中心）	2 层	2
						医技楼（手术室）	4 层	1
7	乳腺钼靶机	待定	待定	50kV, 200mA	2	医技楼（放射科）	2 层	2
8	数字胃肠机	待定	待定	150kV, 800mA	1	医技楼（放射科）	2 层	1
9	全景牙科机	待定	待定	90kV, 100mA	1	门急诊楼（口腔科）	4 层	1
10	牙片机	待定	待定	80kV, 8mA	1	门急诊楼（口腔科）	4 层	1
11	骨密度仪	待定	待定	76kV, 150mA	1	门急诊楼（骨科）	2 层	1
12	PET-CT	待定	待定	140kV, 665mA		医技楼（核医学科）	1 层	1
13	移动 DR	待定	待定	120kV, 200mA	1	医技楼（放射科）	2 层	1
14	质子回旋加速器	待定	待定	11.5MV	1	地下室（核医学科）	地下室	1

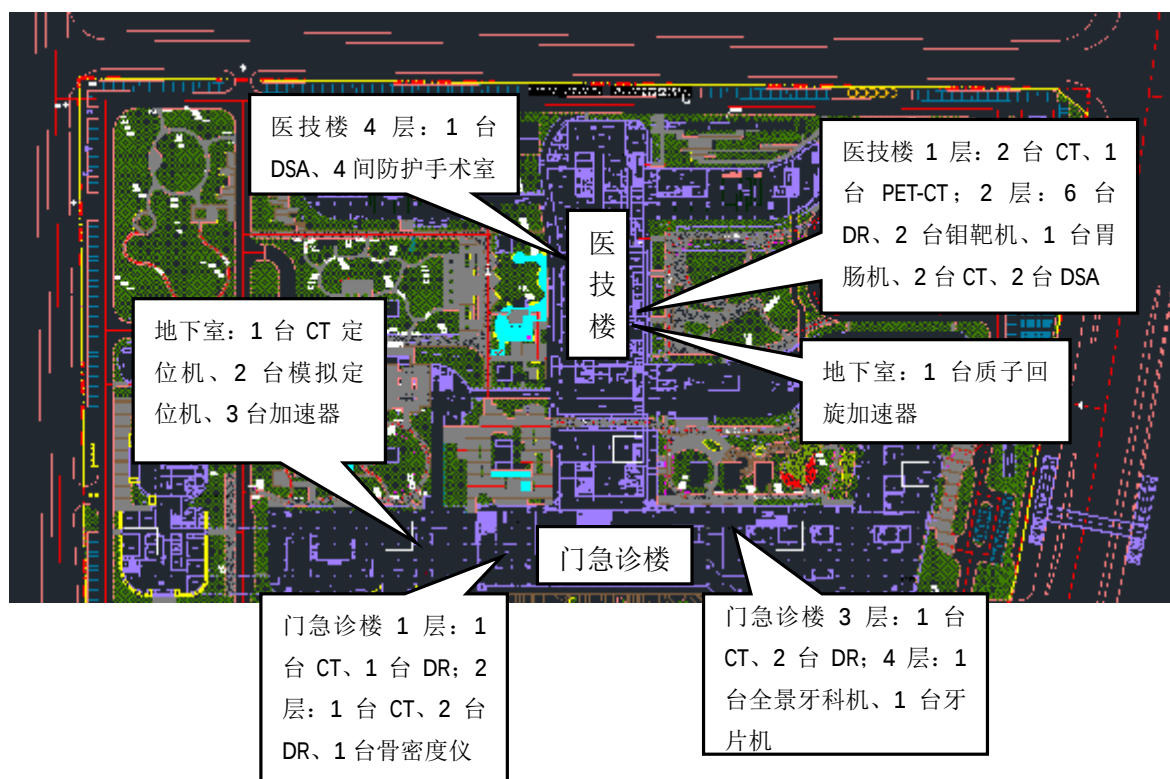


图 1-1 核技术利用项目分布图

2、放射源活度及使用场所情况

医院放疗科 1 台后装机拟使用放射源 ^{192}Ir ，PET-CT 使用校准源 ^{68}Ge 、 ^{137}Cs ，放射源情况见表 1-2。

表 1-2 医院拟使用的放射源一览表

序号	放射源	活度	类别/数量	所在场所	
1	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$	III/1 枚	门急诊楼	地下室
2	^{68}Ge	$5.55 \times 10^7\text{Bq}$	V /1 枚	医技楼	1 楼
3	^{137}Cs	$5.55 \times 10^7\text{Bq}$	V /1 枚	医技楼	1 楼

3、非密封放射性物质及使用场所情况

医院核医学科使用质子回旋加速器制备 ^{18}F 用于 PET-CT 扫描， ^{18}F 活度及使用场所见表 1-3。

表 1-3 医院拟使用的非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	场所等级	活度	所在场所	
1	^{18}F	乙	$5.5 \times 10^{12}\text{Bq}$	医技楼	负 1 楼、1 楼

四、产业政策符合性

本项目使用的直线加速器、质子回旋加速器属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）（修正）》的“鼓励类”第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，DSA、模拟定位机、CT 机、DR 机等属于属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）（修正）》的“鼓励类”第十三项“医药”中第 6 条“新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及机械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”，符合国家产业政策。

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	¹⁹² Ir	$3.7 \times 10^{11} / 3.7 \times 10^{11} \times 1$	III	使用	治疗	放疗科	密封在铅外壳屏蔽体安装在后装机设备内，放疗科	/
2	⁶⁸ Ge	$5.5 \times 10^7 / 5.5 \times 10^7 \times 1$	V	使用	校准	核医学科	PET-CT 扫描设备基座内，核医学科	/
3	¹³⁷ Cs	$5.5 \times 10^7 / 5.5 \times 10^7 \times 1$	V	使用	校准	核医学科	PET-CT 扫描设备基座内，核医学科	/
以下空白								

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	¹⁸ F	液体	使用	3.7E+10	3.7E+8	9.25E+12	治疗	简单操作	核医学科	置于铅罐中，核医学科
	以下空白									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (Mev)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	直线加速器	II	3	待定	电子	15	600Gy/min	治疗	放疗科	拟购买
2	质子回旋加 速器	II	1	待定	质子	据建设方介绍 拟购置设备能 量为 9.6	/	同位素 制备	核医学科	拟购买
	以下空白									

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型 号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	3	待定	150	1250	介入治疗	介入中心	拟购买
2	PET-CT	III	1	待定	140	665	放射诊断	核医学科	拟购买
3	CT 定位机	III	1	待定	140	800	放射诊断	放疗科	拟购买
4	模拟定位机	III	2	待定	125	630	放射诊断	放疗科	拟购买
5	CT	III	7	待定	140	500	放射诊断	放射科	拟购买
6	DR	III	11	待定	150	800	放射诊断	放射科	拟购买

7	乳腺钼靶机	III	2	待定	50	200	放射诊断	放射科	拟购买
8	数字胃肠机	III	1	待定	150	800	放射诊断	放射科	拟购买
9	骨密度仪	III	1	待定	76	150	放射诊断	骨科	拟购买
10	全景牙科机	III	1	待定	90	100	放射诊断	口腔科	拟购买
11	牙片机	III	1	待定	80	8	放射诊断	口腔科	拟购买
12	移动 DR	III	1	待定	120	200	放射诊断	放射科	拟购买
	以下空白								

(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 (μ 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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	以下空白												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废水	液态	^{18}F	/	/	/	排放口浓度 总 $\beta < 10\text{Bq/L}$	衰变池衰	经衰变池衰减 10 倍以上半衰期以后排入医院废水系统
退役 ^{192}Ir 源	密封源	^{192}Ir	$\leq 3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$	/	/	/	密封在铅外壳屏蔽体安装在后装机设备内	由供源单位回收
退役 ^{68}Ge 源	密封源	^{68}Ge	$\leq 5.5 \times 10^7\text{Bq}$	/	/	/	PET-CT 基座铅管储存	由供源单位回收
退役 ^{137}Cs 源	密封源	^{137}Cs	$\leq 5.5 \times 10^7\text{Bq}$	/	/	/	PET-CT 基座铅管储存	由供源单位回收
放射性废气 β 气溶胶	气体	^{18}F	/	/	800m ³	/	/	通过通风装置经过活性炭吸附后由管道排入大气，活性炭失去功效后，应按放射性固体废物进行处理。
		以下空白						

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废物要说明，其排放浓度/年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法律文件	1、《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订）； 2、《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 修订）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》； 4、《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 253 号令； 5、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2014 年 7 月 29 日修正版； 6、《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环保部令第 33 号； 7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环保部令第 3 号； 8、《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； 9、《射线装置分类办法》，环保总局公告[2006]第 26 号； 10、《放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环保总局公告[2006]第 145 号；
技术标准	1、《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2011）； 2、《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）； 3、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； 5、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； 6、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T201.2—2011）第 2 部分； 7、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126—2011）； 8、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130—2013）； 9、《便携式 X 射线检查系统放射卫生防护标准》（GBZ177-2006）； 10、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）； 11、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 12、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； 13、《放射性废物分类标准》（GB9133-1995）； 14、《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）。
其他	1、委托函（见附件 1）。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围：

根据导则（HJ 10.1—2016）中“第 1.5 评价范围和保护目标：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所所实体屏蔽物质边界外 50m 的范围。”

根据本项目特点，本表为医院核技术应用的环境影响评价，运营过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，且主要影响人员是射线装置（非密封源放射性物质工作场所）所在机房临近的职业工作人员和工作场所周围的公众。因此，本项目以各机房及非密封放射性物质工作场所墙体周围 50m 的区域为评价范围，如图 7-1 所示。

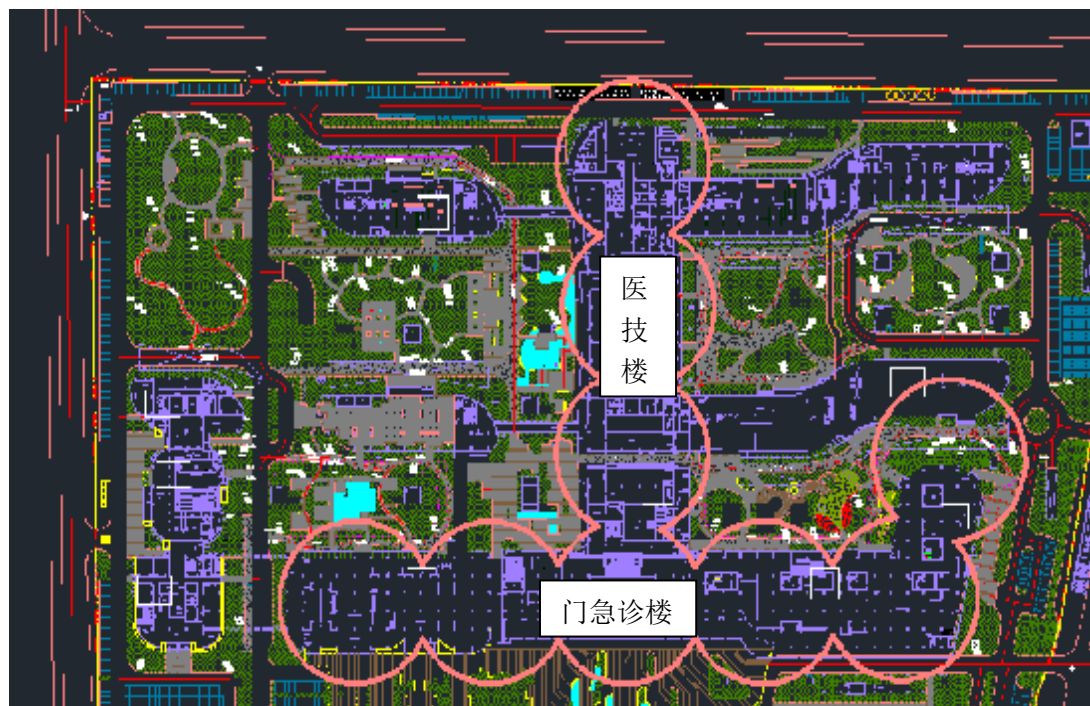


图 7-1 评价范围示意图（红色圈内为评价范围）

本项目中，主要评价因子为电子线、X 射线、 γ 射线、 β 射线、中子、感生射线、 β 表面污染。

保护目标:

本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目从事辐射工作的人员以及评价范围内相邻区域的公众。根据本项目射线装置机房布局及外环境特征，以及移动 DR 机特性。确定本项目环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 环境保护目标一览表

污染源	方位	保护目标	影响人群	距离	敏感人数
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 1 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 80 人
DR 机房 (1 间) 门急诊楼 1 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 80 人
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
DR 机房 (2 间) 门急诊楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
骨密度仪机房 (1 间) 门急诊楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 3 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 90 人
DR 机房 (2 间) 门急诊楼 3 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 90 人
全景牙科机房 (1 间) 门急诊楼 4 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
牙片机房 (1 间) 门急诊楼 4 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
CT 机房 (2 间) 医技楼 1 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 20 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
DR 机房 (1 间) 医技楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人

DR 机房 (2 间) 医技 楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
DR 机房 (1 间) 医技 楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
DR 机房 (2 间) 医技 楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
乳腺钼靶机房 (2 间) 医技 楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
数字胃肠机 (1 间) 医技 楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 200 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
CT 机房 (1 间) 医技 楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 190 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 190 人
	周边	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
CT 机房 (1 间) 医技 楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 190 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 190 人
	周边	未定	医务	4m	约 100 人
DSA 机房 (2 间) 医技楼 2 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	周边	未定	医务	4m	约 60 人
CT 定位机房 (1 间) 地下 室	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 60 人
	楼下	/	/	/	/
	周边	模拟定位机 房	病人、医务、陪同人员	4m	约 30 人
X 射线模拟定 位机房 (2 间) 地下室	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 60 人
	楼下	/	/	/	/
	周边	CT 定位机 房	病人、医务、陪同人员	4m	约 30 人
后装机	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 60 人
	楼下	/	/	/	/
	周边	直线加速器 机房	病人、医务、陪同人员	/	约 30 人
DSA 机房 (1 间) 医技楼 4 层	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	/	约 100 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人
	周边	手术室	病人、医务人员	4m	约 80 人
手术室 (4 间) 医技楼 4	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 10 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 100 人

层	周边	手术室	病人、医务人员	4m	约 20 人
直线加速器	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 60 人
	楼下	/	/	/	/
	周边	后装机	病人、医务、陪同人员	4m	约 30 人
PET-CT	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 60 人
	楼下	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 10 人
	周边	未定	病人、医务人员	4m	约 60 人
质子回旋加速器	楼上	未定	病人、医务、陪同人员	4m	约 50 人
	楼下	/	/	/	/
	周边	未定	医务人员	4m	约 10 人
移动 DR	周边	/	医务人员、病人	4m	约 5 人

评价标准:

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002):

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定: 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五年的年平均有效剂量, 20mSv;
- b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;
- c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;
- d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。

根据本项目情况, 从事介入治疗放射和核医学科工作人员年剂量管理目标值为 4mSv, 其他放射工作人员年剂量管理目标值为 2mSv。

2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定: 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;
- b) 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提供到 5mSv;
- c) 眼晶体的年当量剂量, 15mSv;
- d) 皮肤的年当量剂量, 50mSv。

根据本项目情况，经与建设单位协商，放射工作场所周围非放射医务人员及其他人员接受的年剂量管理目标值不超过 0.1mSv。

3. 参照其它射线装置机房入口处及防护墙外 30cm 处的周围剂量当量（空气比释动能）率控制水平，该项目有关场所屏蔽体外的空气比释动能率取 2.5μGy/h 作为管理目标值。

4. 设置安全可靠的放射防护设施，其中包括屏蔽、联锁、警示、应急、通风等安全装置。

5. 具备有效的控制事故照射以及事故应急处理措施。

6. 各射线装置机房内通风换气满足机械通风，保持良好通风的要求。

7. 开放型放射工作场所的表面污染控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒	其他	
工作台、设备墙壁、地面	控制区	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4

8、非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

第 C1 款，应按表 7-3 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-3 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

9、放射性废水排放标准

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 8.6.2 规定的限值要求：

（a）每月排放的总活度不得超过 $10ALL_{\min}$ （ $ALL_{\min}$ 是相应于职业照射的食入

和吸入 ALL 值中的较小者，其具体值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)。根据式 1-1，计算的 $10ALL_{min}$ 为：

(b) 每一次排放的活度不超过 $1ALL_{min}$ ($9.09 \times 10^6 \text{Bq}$)，并且每次排放后不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

$$ALL_{min}=DL/e_j \cdots \cdots \cdots \text{式 7-1}$$

DL —相应的有效剂量的年剂量限值，取 0.02Sv ；
 e_j — ^{131}I 的单位摄入量的待积有效剂量的相应值，取 $2.2 \times 10^{-8} \text{Sv/Bq}$ 。

根据《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 限值，标准值见表 7-4。

表 7-4 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

控制项目	排放标准(Bq/L)	预处理标准(Bq/L)	依据
总 α	1	1	(GB18466-2005) 表 2 限值
总 β	10	10	

二、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T201.2—2011) 第 2 部分：

本部分适用于 30MeV 以下的加速器放射治疗机房。本部分不适用于手术中加速器电子线治疗的机房。

第4.2款 剂量控制要求

第4.2.1款 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述a)、b)和c)所确定的剂量率参考控制水平 H_c ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录A，由以下周剂量参考控制水平(H_c)求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu \text{ Sv/h}$)：

- 1) 放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100 \mu \text{ Sv/周}$ ；
- 2) 放射治疗机房外非控制区的人员： $H_c \leq 5 \mu \text{ Sv/周}$ 。

B) 按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu \text{ Sv/h}$)：

- 1) 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 2.5 \mu \text{ Sv/h}$ ；
- 2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10 \mu \text{ Sv/h}$ 。

c) 由上述a)中的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和b)中的最高剂量率参考控

制水平 $H_{c,max}$ ，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)。

三、《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ130-2013)：

本标准适用于医用诊断放射学、牙科放射学和介入放射学实践。

第 5.2 款 每台 X 射线机（不含移动式和携带式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 2（表 7-5）要求。

表 7-5 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 m^2	机房内最小单边长度 m
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 ^a	30	4.5
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
透视专用机 ^c 、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
^a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。 ^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。		

第 5.3 款 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3（表 7-6）要求。
- b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

表 7-6 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 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） ^a 2.5（较大工作量） ^a	
^a 双按 GBZ/T 180 的要求。		

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置, 机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房(不含顶层)顶棚、地板(不含下方无建筑物的)应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 时, 可不使用带有屏蔽防护的机房。

第 5.4 款 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 7.2 和附录 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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$; 测量时, X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

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

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状：

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中有关布点原则，评价单位对湘雅常德医院进行辐射环境本底现状监测，测量辐射空气吸收剂量率。

监测仪器：JB4000X— γ 辐射仪，有效期至 2017 年 2 月 22 日。

监测日期：2016 年 4 月 1 日

采取探头距地面 1m 高度，每个监测点读取 3 个数据求平均值后进行计算，测量结果见表 8-1，监测布点见图 8-1。

表 8-1 项目所在区域环境 γ 辐射水平监测结果

监测位置	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	监测位置	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)
①门急诊楼西部	0.07	⑤医技楼南部	0.10
②门急诊楼中部北侧	0.09	⑥医技楼中部	0.07
③门急诊楼中部南侧	0.06	⑦医技楼北部	0.08
④门急诊楼东部	0.08	/	/

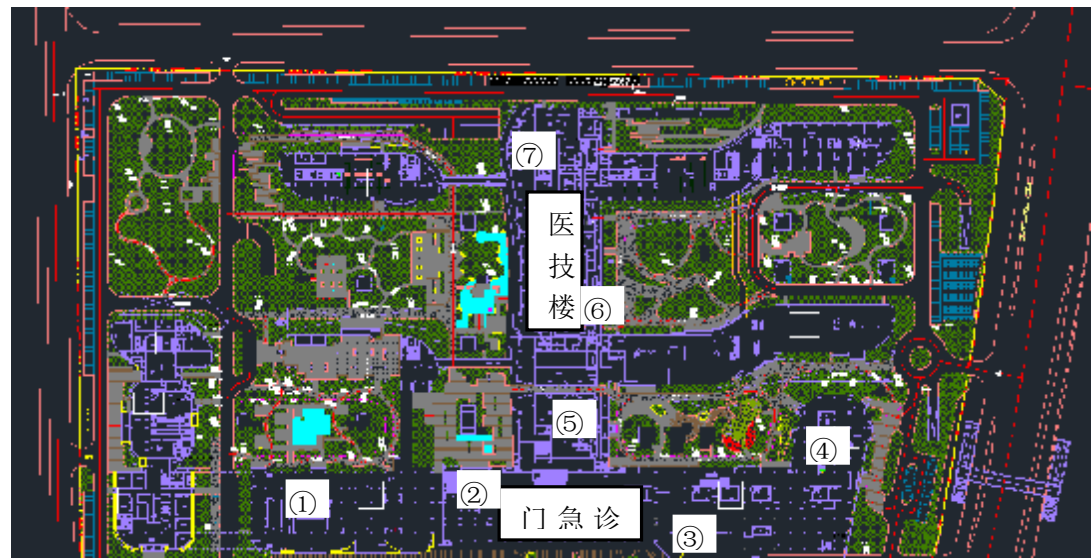


图 8-1 辐射环境本底现状监测

本项目场址 γ 辐射本底水平属常德市贯穿辐射剂量率平均范围（湖南省环境天然放射性水平调查研究 $97.3 \pm 21.6 \text{nGy/h}$ ），无辐射异常。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析： 一、项目的组成 本项目包括：质子回旋加速器机房 1 间，15MV 直线加速器机房 3 间，DSA 机房 3 间，CT 定位机房 1 间，模拟定位机机房 2 间、CT 机房 7 间，DR 机房 11 间、数字胃肠机房 1 间、乳腺钼机房 2 间，骨密度仪机房 1 间，全景牙科机房 1 间，牙片机房 1 间，PET-CT 机房 1 间，移动 DR 机房 1 间，使用 ^{192}Ir 后装机房 1 间，乙级非密封放射性物质工作场所 1 个；拟使用质子回旋加速器 1 台，15MV 直线加速器机 3 台，，DSA 机房 3 台，CT 定位机 1 台，模拟定位机 2 台、CT 机 7 台，DR 机 11 台、数字胃肠机 1 台、乳腺钼机 2 台，骨密度仪机 1 台，全景牙科机 1 台，牙片机 1 台，PET-CT 机 1 台，移动 DR 机 1 台，使用放射源 ^{192}Ir、^{68}Ge、^{137}Cs，乙级非密封放射性物质 ^{18}F。 二、各射线装置（核素）工作原理、工作流程、产污环节 1、核医学科 湘雅常德医院拟购置一台质子回旋加速器，生产 ^{18}F 作为示踪剂，用于 PET-CT 扫描。^{18}F 半衰期为 110min，主要射线为 β^+ 射线，能量为 0.511MeV，用于影像显影。β^+ 衰变后，释放出 β^+ 射线，很快发生湮没，在人体内移动大约 1mm 后与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生两个能量相等、方向相反的 γ 光子，因此应用放射性核素 ^{18}F 进行核素显像，对环境的污染因子为 γ 射线。 核医学科工作流程及产污节点见图 9-1。

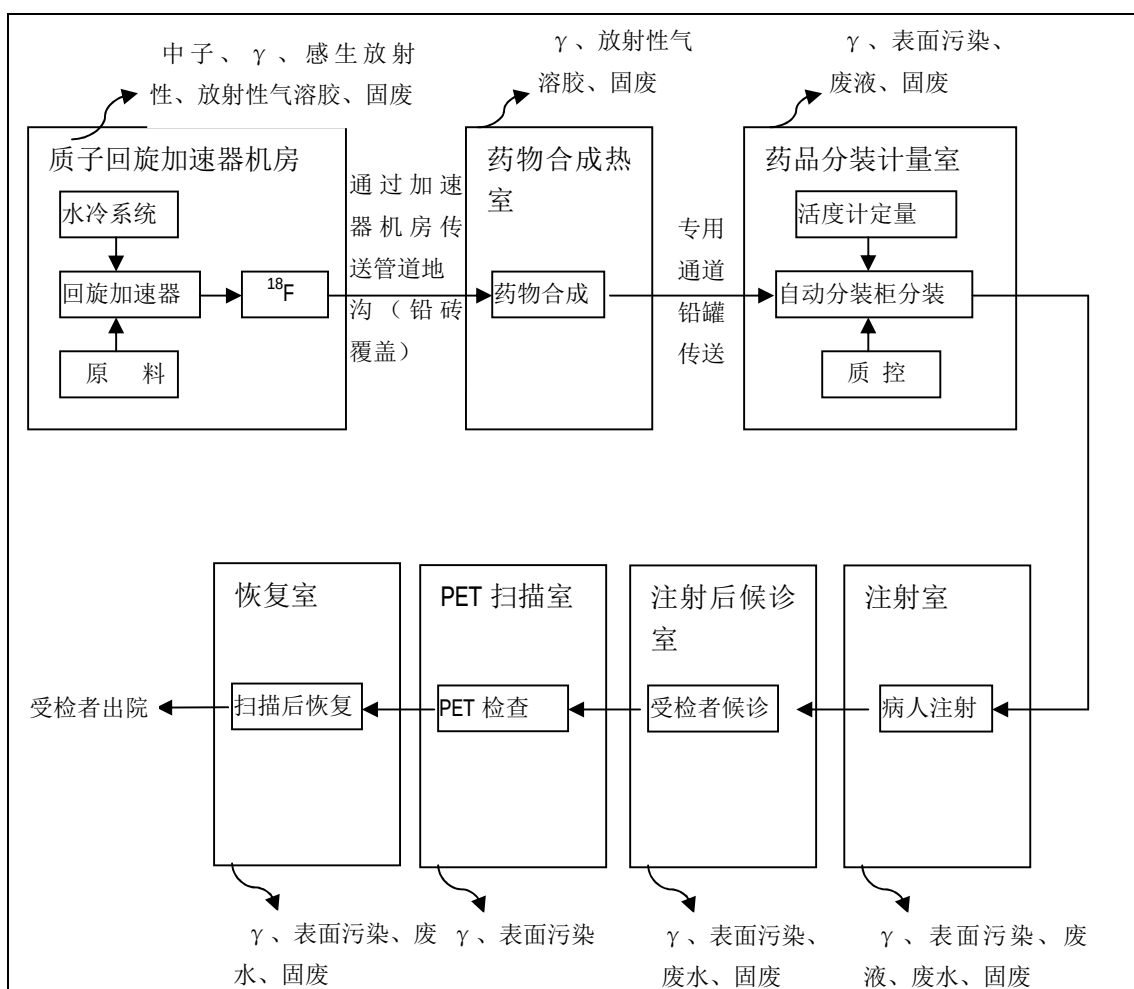


图 9-1 核医学科工作流程及产污节点图

(1) 质子回旋加速器

①工程分析

据建设方介绍，医院拟使用的质子加速器是结构紧凑的自屏蔽质子回旋加速器系统，用于产生放射性同位素。

该系统包括一个 11MeV 负离子加速器，双束流强度均为 $40\mu\text{A}$ 。主要辐照产物为 ^{18}F ，该加速器带一套自屏蔽系统，屏蔽体分多层，由环氧树脂、聚乙烯、硼、碳化物和铅复合铸造，内层用于慢化中子并吸收大部分瞬发 γ 辐射，外层用于将中子慢化为热中子，并吸收大部分热中子及次级 γ 辐射。对的辐射主要是自屏蔽系统的泄漏辐射。其中 γ 辐射平均能量为 8MeV，中子平均能量为 5MeV。

②辐射危害因子

中子：产生中子的核反应为 $^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$ ，最大能量为 8.5MeV， 90° 方向

中子注量率与 0° 方向之比为 0.1。在模箱边界处中子剂量当量率为 $4 \mu\text{Sv/h}$ ，平均能量为 5MeV。

γ 射线：中子与自屏蔽体，靶周围物质等部件作用产生次生 γ 射线；加速器部件、靶周围器件、准直器、自屏蔽体等受中子照射而活化，生成以短半衰期为主的感生放射性；在加速器打靶时，由 $^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$ 反应产生正电子发射核素 ^{18}F ， ^{18}F 的 β 衰变经湮没发射能量为 0.511MeV 的 γ 射线。

活化气体：加速器室内空气受中子照射后生成放射性活化气体，主要核素为 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{41}Ar 等，其中关键性核素为 ^{41}Ar 。若医院设置高效过滤器，经过高效过滤器后再排放， ^{41}Ar 的生成率极其微小。

感生放射性：在较高能量的质子加速器上，由于中子和质子都可以诱发活化，每千瓦的束流功率产生的放射性总量约 $1.7 \times 10^{13}\text{Bq}$ ，在空气和冷却水中会产生感生放射性。根据建设方提供资料，医院拟安放的加速器带自屏蔽系统，可起到屏蔽和密封的作用，且产生的感生放射性核素又主要是一些短寿命放射性核素，半衰期较短（ ^{15}O 半衰期为 124s， ^{16}N 半衰期为 7.4s， ^{11}C 半衰期为 20min），加速器停机后，可以较快衰减到较低水平，所以一般情况下不会对工作人员和公众产生影响，但打开自屏蔽体进行检修时，会对检修人员造成一定剂量的照射，检修必须按照操作规程。检修换下来的高活性配件应作为放射性废物储存。

放射性废水：工作人员淋浴、卫生间用水等属于放射性废水。

③辐射危害产生环节和污染途径

外照射：配置药物、质量检控等与源的直接接触所受到 γ 射线、感生放射性外照射；穿过屏蔽墙、防护门和屋顶的中子和 γ 射线、X 射线对工作人员和公众产生的外照射；由屏蔽体对源射线的散射，造成对工作人员的外辐射。

内照射：放射性污染通过食入、吸入后对工作人员和公众造成内照射。

（2）PET-CT 工作场所污染源及污染途径

①工程分析

PET 是 Positron Emission Tomography（正电子发射断层显像）的缩写，是目前最先进的放射性核素显像技术，在很多情况下，它可提供其他方法所不能提供的重要诊断信息。用于显像的同位素都属短半衰期的核素，如 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等，均为正电子发射体，正负电子互为反物质，两者发生湮没将产生两

个 0.511MeV 的方向相反的光子，PET-CT 的符合探测器通过探测湮没光子获取断层显像时所需的投影数据。为获取满足临床使用的量，这些短半衰期同位素需要由质子回旋加速器系统生产、合成、供给。

质子回旋加速器机房设在地下室核医学科。合成的放射性药物（F-18-2F 脱氧葡萄糖，简称 F-18 FDG，是一种葡萄糖模拟体），将药物分装后在注射室注射给受检者，注射药物后的受检者需要在注射后休息室休息 30-60min，等待药物的扩散、吸收，为下一步的扫描做准备。扫描后的受检者在恢复室内休息 1h 左右，无异常情况离开。

在 PET 中心设一间注射室、一间更衣室、一间洗涤室、四间注射后候诊室、一间 PET-CT 机房、一间恢复室，平面布置图见 9-2。

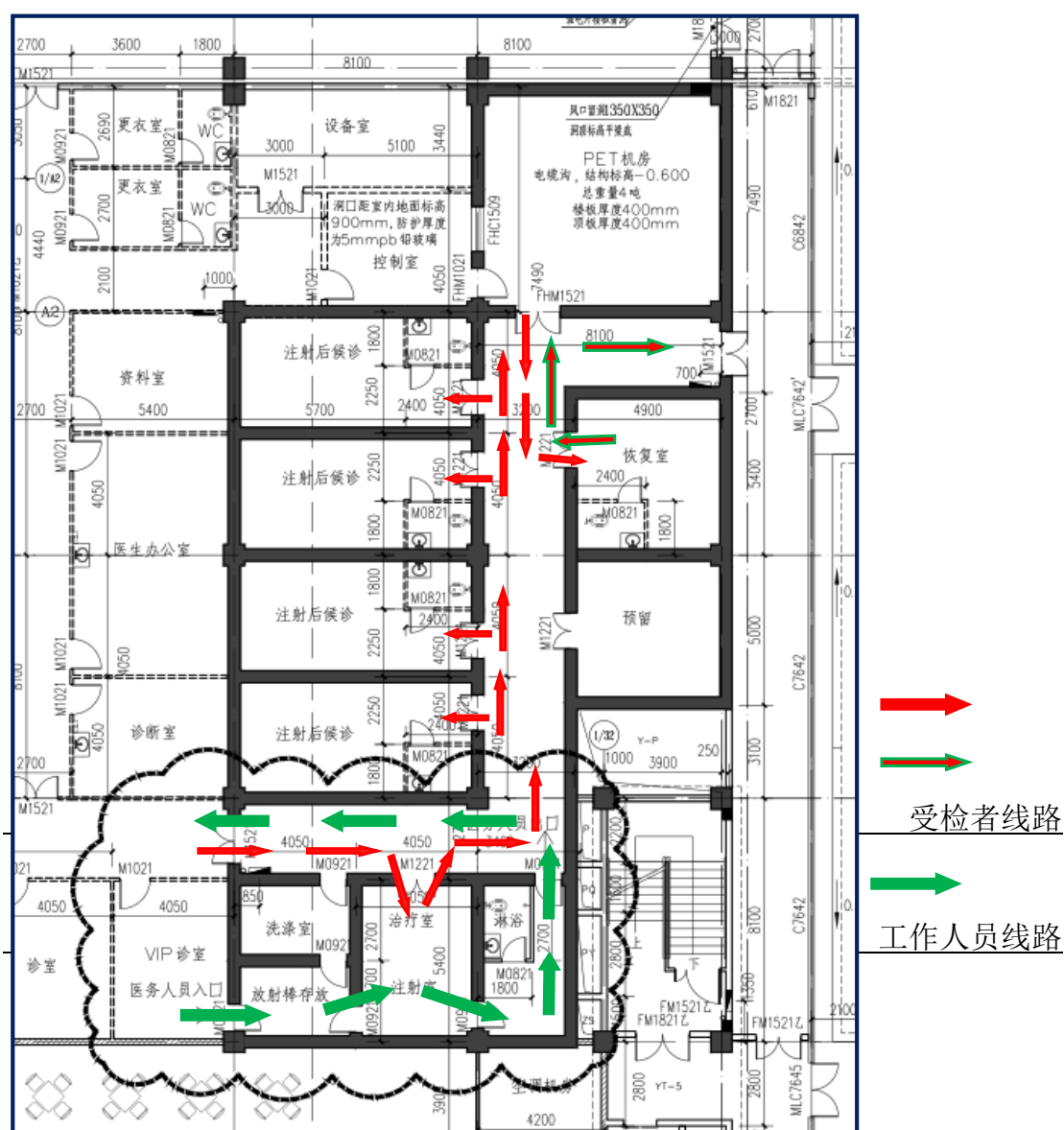


图 9-2 核医学科 PET-CT 工作场所一层平面布局

②辐射源项与种类

根据医院所提供的资料，核医学 PET-CT 扫描显像仅使用 ^{18}F ，预计的实际日最大操作量为 $3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

表 5-2 放射性核素毒性和修正因子一览表

核素 名称	毒性 分组	毒性组别 修正因子	放射源 状态	操作方式 修正因子
^{18}F	低毒	0.01	液态	1

工作场所的日等效最大操作量 $A_{E, \max}$ 为：

$$A_{E, \max} = \frac{A_{\max} \times K}{C}$$

式中： $A_{E, \max}$ ——工作场所日等效最大操作量，GBq；

$A_{\max}$ ——放射性核素实际日最大操作量；

K ——核素毒性组别修正因子；

C ——核素操作方式修正因子。

经计算， $A_{E, \max} = 3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 。该场所为乙级非密封源工作场所。

③辐射危害产生环节和污染途径

PET-CT 工作场所的同位素使用以及扫描显像过程中，工作人员和公众成员将主要受到内、外照射。

工作人员淋浴间、卫生间以及注射后候诊室卫生间的废水为放射性废水。

2、放疗科

（1）15MV 的直线加速器

湘雅常德医院直线加速器机房由治疗室、迷道、控制室、辅助机房、水冷机房组成，机房均为钢筋混凝土结构。在治疗室内直线加速器的安装位置是机头旋转面与迷道垂直。

① 主要技术参数

典型 15MV 直线加速器基本参数如下：

射线类型：X 射线，电子线

最大 X 射线能量：15MV

最大电子线能量：18MeV

最大照射野： $40 \times 40 \text{cm}^2$

1m 处最大 X 线剂量率: $6\text{Gy}/\text{min}$ ($3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)

射线类别: II 类射线装置

机架旋转角度: $0-360^\circ$

主射线最大出束角度 28°

② 工作原理

加速器是产生高能电子束的装置, 为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射, 即 X 射线, 其最大能量为电子束的最大能量。因此, 医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射, 也可利用 X 线束对患者病灶进行照射, 杀伤肿瘤细胞。医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔, 以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。

③ 设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器, 它的结构单元为: 加速管、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场, 所形成的电子束由电子窗口射出, 通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶, 产生大量高能 X 线, 经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束, 再通过监测电离室和二次准直器限束, 最后到达患者病灶实现治疗目的。典型直线加速器内部结构框图及外形示意图, 见图 9-3 和图 9-4。

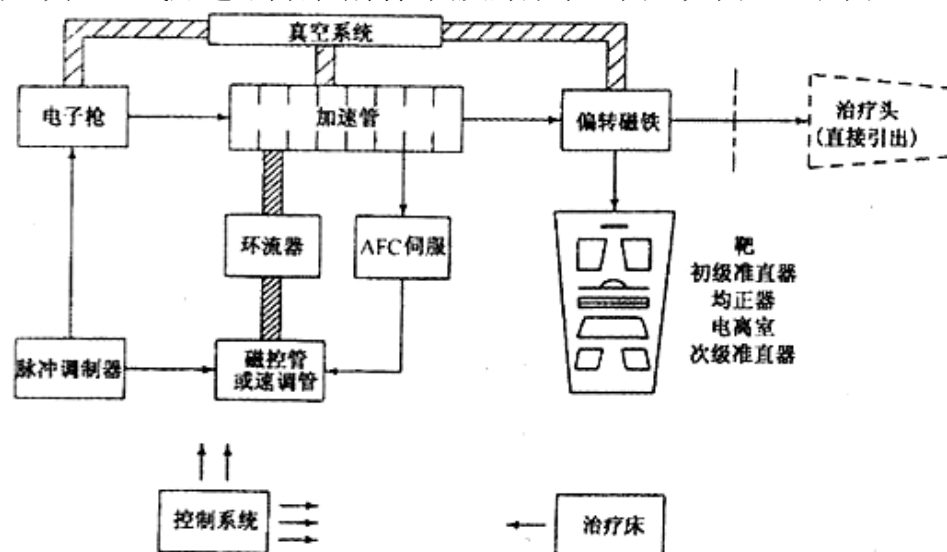


图 9-3 典型应用直线加速器内部结构框图

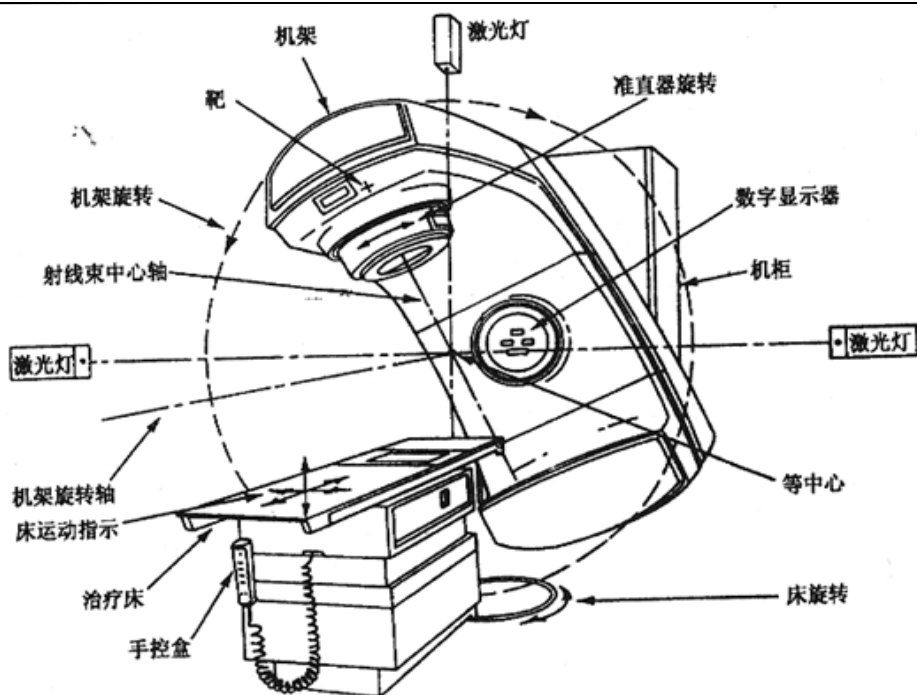


图 9-4 典型直线加速器外形示意图

④ 操作流程

(a) 利用医院的模拟机定位对病灶进行检查，然后进行照射方向、角度和照射视野进行拍片定位；

(b) 制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

(c) 固定患者体位。对患者定位、标记、调整照射角度及照射野。

(d) 开机治疗。

⑤ 污染因子

本项目拟使用最大 X 射线能量为 15MV，最大电子线能量为 18MeV，最大 X 射线吸收剂量率为 6Gy/min 的直线加速器 3 台。在用 X 线治疗时主要污染因子为 X 射线，用电子线治疗时主要污染因子为电子，这种 X 射线和电子是随机器的开关而产生和消失的。由于电子能量大于 10MeV，还会产生光中子和感生放射性（包括固态感生放射性和气态感生放射性核素）。此外，还产生中子，感生放射性物质以及少量的臭氧。使用加速器的治疗过程及其产污环节见图 9-5。

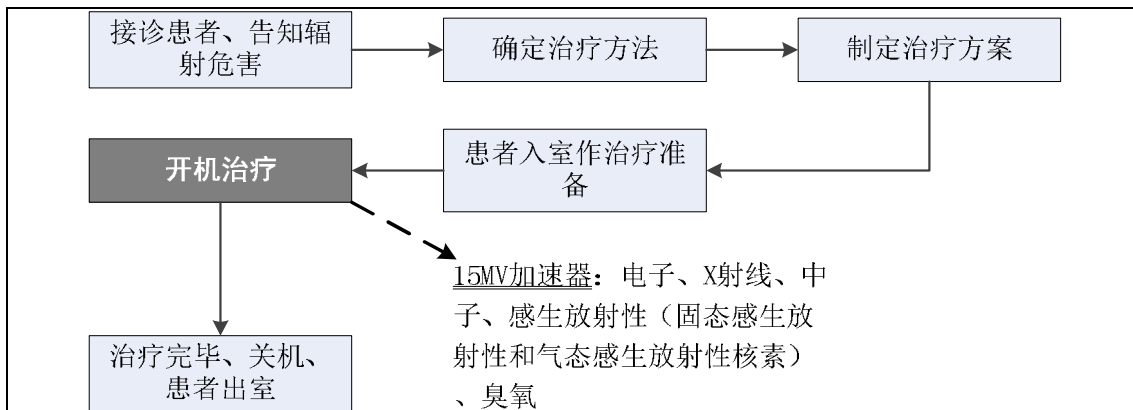


图 9-5 加速器治疗过程与产污环节简图

(2) 模拟定位机

① 工作原理

模拟定位机为X射线装置，X射线装置主要由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。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。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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高速电子轰击靶体产生X射线。

② 操作流程

模拟定位机主要操作流程为：确定患者体层摄影的体位，扫描定位，投照摆位，屏气曝光。扫描过程中，X线球管连续地发射X线，扫描床持续同步前移，实现无间断容积数据采集。其他X光机及模拟定位机主要操作流程为：依据X线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位屏气，曝光。

③ 污染因子

本项目使用的模拟定位机在非工作状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出X射线。由于射线能量较低，故不必考虑感生放射性问题。因此，在开机期间，X射线成为污染环境的主要因子，同时还有少量的臭氧。其诊断过程及其产污环节见图9-6：

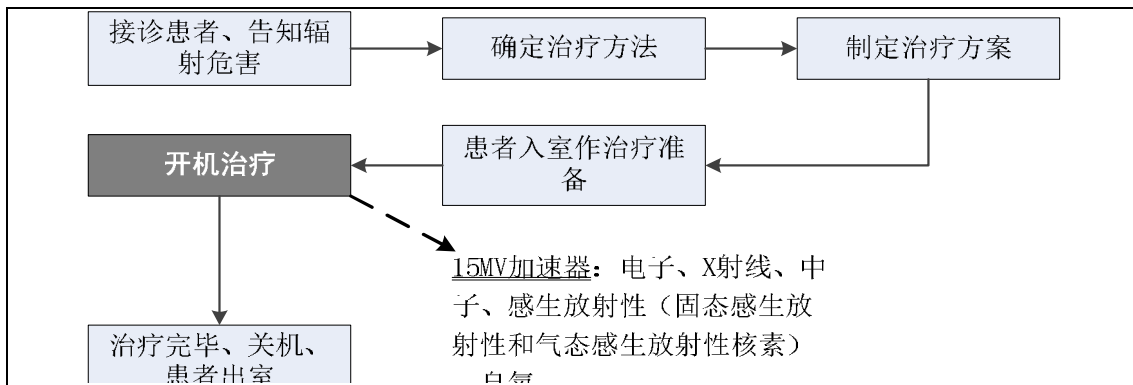


图9-6 模拟定位机诊断过程及产污环节简图

(3) 后装机

① 工程分析

后装机（使用 ^{192}Ir ）未使用时，放射源封闭在治疗机头的存储位置，机头活动门关闭，这时从源体漏出的射线较少，主要对进入治疗室的工作人员产生辐照射，对治疗室外的工作人员及公众基本不产生辐照射。

后装机（使用 ^{192}Ir ）开机治疗时，机头活动门开启，源对病灶进行照射，此时泄漏和散射出来的射线较强，经过辐射防护屏蔽后可能有一定的泄漏。后装机运行时除了可能产生少量的臭氧和氮氧化物以外，没有放射性“三废”产生， ^{192}Ir 报废后由厂家回收。

② 辐射危害因子

正常情况下， ^{192}Ir 为密封源， β 射线完全被屏蔽，构筑机房时采取 L 型迷倒的屏蔽措施，仅少量散射线和穿透机房屏蔽的漏射线对机房外环境产生辐射。

③ 辐射危害产生环节和污染途径

污染途径主要有：源密封壳破损，源活性物质泄漏；治疗过程中，发生卡源事故；病人治疗期间，安全联锁发生故障，无关人员误闯入治疗室；将治疗装置卖给非法用户。

3、介入中心与手术室的DSA

湘雅常德医院有3台DSA,其中两台位于介入中心，1台位于手术室。

(1) 工作原理

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导

管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达指定位置，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

(2) 工作流程

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，拍片。操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。此种情况实际运行中为个别情况，仅占很小比例。

第二种情况，透视。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作。

由于隔室操作时间占整台手术 DSA 出束时间约 5%，所占比例较小，而同室操作时间占整台手术 DSA 出束时间约 95%，所占比例较大，因此同室操作是本次评价的重点。

(3) 污染因子

本项目 DSA 主射方向主要为垂直朝向地面，透视时不存在靶头旋转的情况，但在拍片过程中存在靶头旋转的情况（旋转拍片，旋转角度为 30°）。旋转次数较少，一年约 5 次。项目污染因子为 DSA 工作时产生的 X 射线，同时产生少量的臭氧。项目 DSA 治疗流程及产污环节见图 9-7。

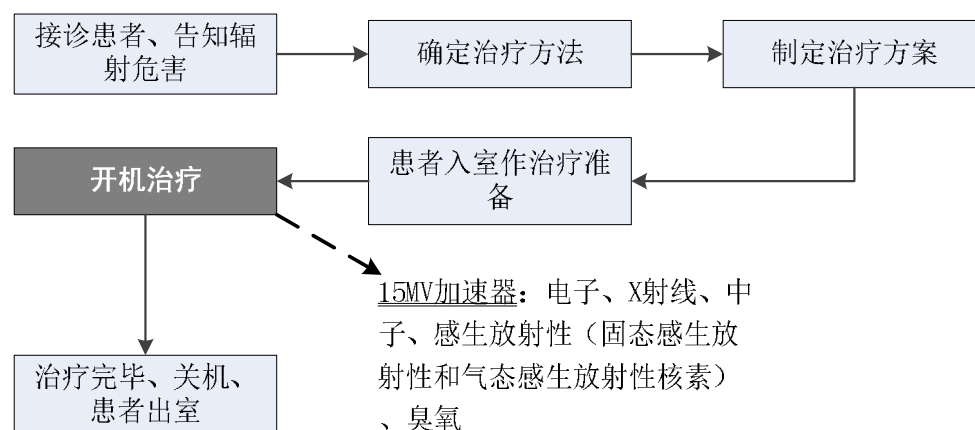


图 9-7 DSA 治疗流程及产污环节简图

4、放射科、骨科、口腔科

(1) CT 机

① 工作原理

CT机属于III类射线装置，主要依据X射线的穿透作用、差别吸收、感光作用

和荧光作用。由于X射线穿过人体时，受到不同程度的吸收，如骨骼吸收的X射线量比肌肉吸收的量要多，那么通过人体后的X射线量就不一样，这样便携带了人体各部密度分布的信息，在荧光屏引起的荧光作用或感光作用的强弱就有较大差别。因而在荧光屏上将显示出不同密度的阴影。根据阴影浓淡的对比，结合临床表现、化验结果和病理诊断，即可判断人体某一部分是否正常。

② 操作流程

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

③ 污染因子

由CT机的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生轫致辐射，即X射线，其最大能量为电子束的最大能量。这种X射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的CT机在非工作状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出X射线。由于射线能量较低，故不必考虑感生放射性问题。因此，在开机期间，X射线成为污染环境的主要因子，同时产生少量的臭氧。其诊断过程及其产污环节见图9-8：

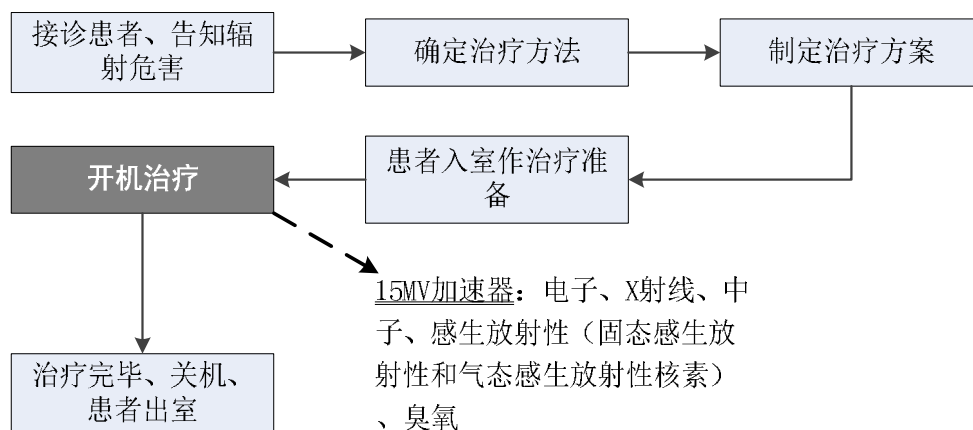


图9-8 CT机诊断过程及产污环节简图

(2) X光机(包括DR机、移动DR机、乳腺钼靶机、胃肠机、骨密度仪、全景牙科机、牙片机等)

(1) 工作原理

X射线机主要由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，阴极是钨制灯丝，装在聚焦环中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦环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。

(2) 操作流程

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位，然后曝光。

(3) 污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。所以，医院使用的 X 射线装置在非诊疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，同时产生少量的臭氧。其诊断过程及其产污环节见图 9-9：

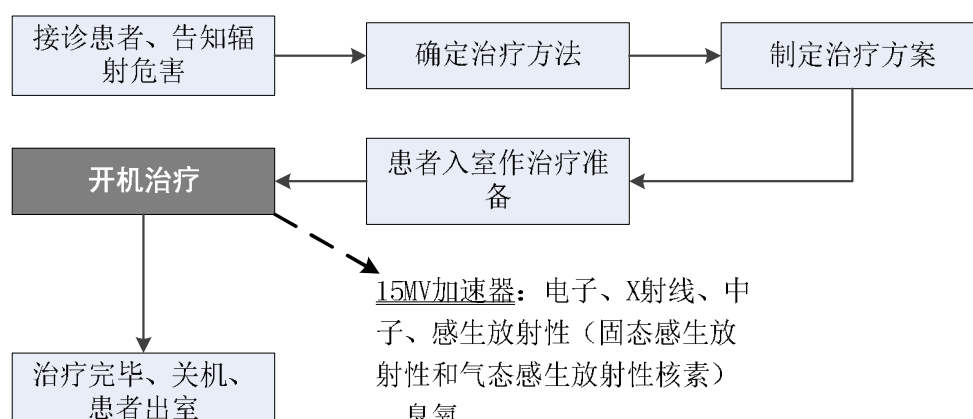


图 9-9 X 光机诊断过程与产污环节简图

污染源项描述：

一、施工期间污染源项分析

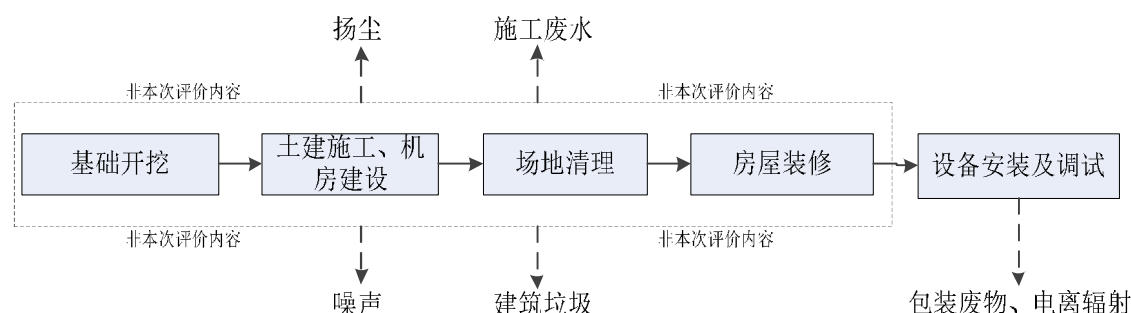


图 9-10 施工期施工工序及产污位置图

根据上图（图 9-10）可知，施工过程中产生辐射污环为设备安装及调试过程，因此，各设备各放射治疗及诊断设备的安装应请专业人员进行，医院方不

得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在治疗室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各治疗室必须上锁并派人看守。

二、运行期间正常工况下污染源分析

本项目拟使用质子回旋加速器 1 台，15MV 直线加速器机 3 台，DSA 机房 3 台，CT 定位机 1 台，模拟定位机 2 台、CT 机 7 台，DR 机 11 台、数字胃肠机 1 台、乳腺钼机 2 台，骨密度仪机 1 台，全景牙科机 1 台，牙片机 1 台，PET-CT 机 1 台，移动 DR 机 1 台，使用放射源 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs ，乙级非密封放射性物质 ^{18}F 。根据各射线装置（非密封放射性物质）的工作原理可知：

1、质子回旋加速器、直线加速运行时产生的主要污染物为：X 射线、电子、中子、感生放射性物质以及臭氧。

2、DSA 及其他 III 类射线装置运行时产生的主要污染物为：X 射线、臭氧。

3、非密封放射性物质 ^{18}F 主要污染物为： γ 射线、 β 射线；治疗病人的过程中会产生：含放射的废水，含放射性的固体废物，含放射性的废气。

4、放射源 ^{192}Ir 主要污染物为： γ 射线

使用以上射线装置（核素）的过程中产生的污染物通过有效的防护屏蔽措施、安全管理后对环境与人体能达到相关标准的要求。

表 10 辐射安全与防护

辐射安全和设施：

一、各射线装置（除移动 DR 机）

1、辐射工作场所分区

根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，把辐射工作场所分为控制区和监督区。

（1）控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

本项目控制区包括核医学科治疗室、同位素制备、贮存、分装、PET-CT 扫描机房、放疗科治疗室、放射诊断、介入治疗设备机房和手术室使用射线装置的手术间，在该区需要最优化的辐射屏蔽，以保证正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射及事故性医疗照射的发生。

（2）监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的指定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作的状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本项目监督区包括质子回旋加速器、PET-CT、放疗科、放射诊断、介入治疗设备的控制室以及周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

2、辐射屏蔽设计

（1）核医学科

① 质子回旋加速器

根据建设方提供资料，医院核医学科质子回旋加速器自带屏蔽，机房四周墙体和顶棚楼面防护为 600mm 砼，图纸见图 10-1。

情况设计热室、分装室、输送通道的位置以及空间尺寸，并采取有效的防护屏蔽材料及厚度。

从分装室将源送至 PET-CT 注射室应采用专门的通道，源必须采用铅罐运输。

④ PET-CT

a、注射屏蔽计算

顶棚和地板计算：考虑顶棚和地板的防护时，采用距离为 2.8m，则所需减弱倍数为 5.3 倍，按 $TVT=24.6\text{cm}$ 计算，则墙厚需要 177mm 砼即可。据建设方介绍，注射室顶棚和地板厚度为 400mm 砼，比 177mm 砼厚，满足要求。

防护窗的计算：在治疗室内以一次只有一个病人接收注射考虑，保守考虑防护窗外关心点距源距离为 1.5m，需要减弱 18.2 倍，按 $TVT=1.54\text{cm}$ 计算，则需要 20mmPb。环评要求防护窗不低于 20mmPb 当量。

b、注射后候诊室屏蔽计算

注射后候诊室共设计了 4 间，带源候检的人数同时最多应不会超过 4 人，因为注射后一小时才能扫描检测，每次检查需要 30~45min，医院只有一台扫描设备，因此不可能有多人同时在一个吸收室候诊。病人在注射了 $3.7 \times 10^8\text{Bq}$ 的药物，体表外 1m 处剂量率为 $30 \mu\text{Gy/h}$ 。由于病人可以在室内活动，因此屏蔽计算时采用的距离均为 1.5m，则须减弱 13.33 倍，需要混凝土 27.67cm。根据建设方提供资料，注射候诊室墙壁、顶板、地板均为 400mm 砼，可满足要求。

注射后候诊室大门的屏蔽：休息病人离门外距离保守估计为 2m，以 $1 \mu\text{Gy/h}$ 限值要求，则所需衰减倍数为 7.5 倍，按 $TVT=1.54\text{cm}$ 计算，则需要 13.5mmPb。

固体废物储存室和洗涤室屏蔽设计：正常情况下固体废物产生的量很少，即使是药物合成出现问题时，出问题的源应放在合成热室内过足够的半衰期再移动到固体废物存储间来，所以设计中给固体废物储存间和洗涤室的墙和顶棚设计 40cm 砼，已经足够。但为了在固体废物储存时能够区分不同时期的废物，建议在固体废物储存间做 3 个储存池，池壁用 20cm 混凝土，盖板 5mmPb。

c、PET-CT 扫描室的评价

由于扫描室的源强是患者服药 1 小时后的源强，参考中南大学湘雅二医院

报告，认为经过 1h 衰变，源强为注射时的 70%。但出于偏安全考虑，计算墙厚等防护厚度时，以 $30 \mu\text{Gy/h}$ 为源强计算。

扫描室规格为 $7550 \times 6990 \times 4000\text{mm}$ ，保守取源距离墙外 30cm 的最小距离为 3.4m，源到控制室的最短距离取 3.5m，墙外为走廊、其他用房，均以 $1 \mu\text{Gy/h}$ 为限值要求。

防护墙屏蔽计算：到墙外 30cm 处，需衰减 3.3 倍，按 $\text{TVT}=24.6\text{cm}$ 计算，则墙厚需要 129mm 砼即可。本项目 PET-CT 机房四周墙体、顶板、地板均为 400mm 砼，满足要求。

操作室墙、小防护门及观察窗屏蔽计算：控制室也以 $1 \mu\text{Gy/h}$ 为限值要求，需减弱倍数为 2.8 倍，按 $\text{TVT}(\text{混凝土})=24.6\text{cm}$ 计算，则墙厚需要 109mm 砼即可。按 $\text{TVT}(\text{铅})=1.54\text{cm}$ 计算，则大门所需的铅当量为 6.8mmPb。考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，在上述计算基础上再加上一个半值层，则墙厚为 185mm 砼，门需要 11.4mmPb，项目 PET-CT 机房控制室为 400mm 砼，防护窗为 5mm 铅当量，防护门待定，环评要求增加墙壁辐射屏蔽厚度，门窗防护不低于 11.4mmPb 当量。

楼顶和大防护门屏蔽计算：保守楼上 30cm 处离病人最近距离为 2.8m，门外 30cm 处离病人最近为 3.3m，则楼上需要减弱 3.83 倍，门外需要减弱 2.8，按 $\text{TVT}(\text{混凝土})=24.6\text{cm}$ 计算，则楼板厚需要 144mm 砼即可。按 $\text{TVT}(\text{铅})=1.54\text{cm}$ 计算，则大门所需的铅当量为 7mmPb。考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，在上述计算基础上再加上一个半值层，则楼板厚为 220mm 砼，门需要 12mmPb。

(2) 放疗科

湘雅常德医院放疗科拟使用 3 台直线加速器，1 台使用 ^{192}Ir 的后装机，1 台 CT 定位机，2 台模拟定位机，采取的防护措施详见表 10-1、表 10-2。加速器机房平面如图 10-2 所示。

表 10-1 医用直线加速器机房辐射防护主要参数

机房名称		直线加速器机房
几何尺寸	面积, m ²	113.82
	空高, m	4.0
	体积, m ³	455.82
屏蔽体厚度 mm	北墙	主防护部分 3100mm 砼, 主防护部分宽度 4000mm, 次防护部分 1700mm 砼
	南墙	主防护部分 3100mm 砼, 主防护部分宽度 4000mm, 次防护部分 1700mm 砼
	西墙	1700mm 砼
	东墙 1 (迷道内墙)	1700mm 砼
	迷道宽	2200mm
	东墙 2 (迷道外铅)	1700mm 砼 (与 2 号加速器机房共用)
	顶棚	主防护部分 3000mm 砼, 主防护部分宽度 4000mm, 次防护部分 1700mm 砼
机房防护门		联锁铅门屏蔽待定 (建议: 10mm 铅加含硼 (5%) 聚乙烯板 11cm)

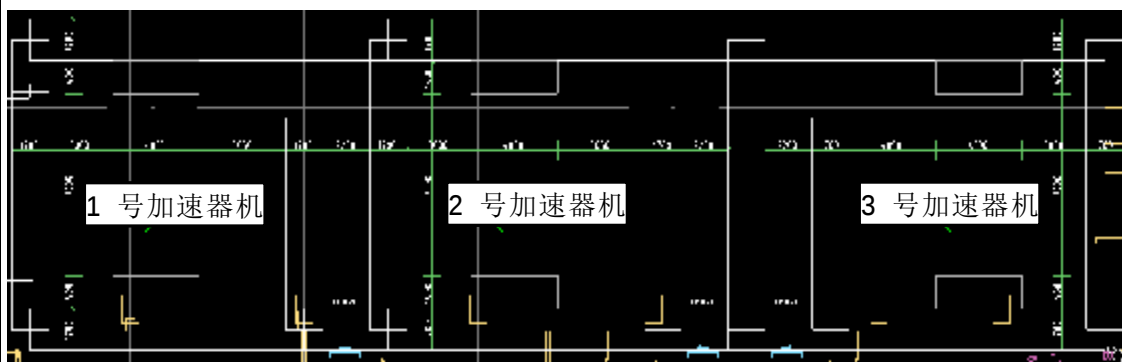


图 10-2 直线加速器机房平面图

表 10-2 后装机、CT 定位机、模拟定位机机房辐射防护措施一览表

机房名称	屏蔽体厚度, mm					机房面积 (m ²)
	墙壁 (mm)	天花板 (mm)	地板 (mm)	门	观察窗	
后装机	600 砼	600 砼	600 砼	待定	/	54.75
CT 定位机房 (1 间) 地下室	300 砼+20mm 钡水泥	250 砼	400 砼	3.5mmPb	3.5mmPb	63.08
X 射线模拟定位机房 (1 间) 地下室	300 砼	250 砼	400 砼	3mmPb	3mmPb	48.45
X 射线模拟定位机房 (1 间) 地下室	300 砼	250 砼	400 砼	3mmPb	3mmPb	48.95

本次评价建议后装机房防护门按 11mm 铅当量设计。

(3) 介入中心、放射科、骨科、口腔科、手术室各机房辐射屏蔽措施
各射线装置机房屏蔽措施详见表 10-5。

表 10-5 各机房辐射防护措施一览表

机房名称	屏蔽体厚度, mm					机房面积 (m ²)
	墙壁 (mm)	天花板 (mm)	地板 (mm)	门	观察窗	
介入中心 DSA 机房 (2 间) 医技楼 2 层	240 砣	200 砣	200 砣	3mmPb	3mmPb	61.78
手术室 DSA 机房 (1 间) 医技楼 4 层	200 砣	200 砣	200 砣	3mmPb	3mmPb	122.74
CT 机房 (1 间) 门急 诊楼 1 层	200 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3.5mmPb	3.5mmPb	51.35
DR 机房 (1 间) 门急 诊楼 1 层	200 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3mmPb	3mmPb	20.64
CT 机房 (1 间) 门急 诊楼 2 层	200 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3.5mmPb	3.5mmPb	56.28
DR 机房 (2 间) 门急 诊楼 2 层	200 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3mmPb	3mmPb	45.88
骨密度仪机房 (1 间) 门急诊楼 2 层	100 砣	180 砣	320 砣	待定	待定	12.21
CT 机房 (1 间) 门急 诊楼 3 层	200 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3.5mmPb	3.5mmPb	56.28
DR 机房 (2 间) 门急 诊楼 3 层	200 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3mmPb	3mmPb	45.88
全景牙科机房 (1 间) 门急诊楼 4 层	200 页岩多 孔砖	160 砣	300 砣	2mmPb	2mmPb	21.09
牙片机房 (1 间) 门急诊楼 4 层	200 页岩多 孔砖	160 砣	300 砣	2mmPb	2mmPb	18.04
CT 机房 (2 间) 医技楼 1 层	230 砣	260 砣	400 砣	3.5mmPb	3.5mmPb	47.14
移动 DR 机房 (1 间) 医技楼 2 层	100 砣	120 砣	120 砣	待定	待定	28.53
DR 机房 (1 间) 医技楼 2 层	250 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3mmPb	3mmPb	29.72
DR 机房 (2 间) 医技 楼 2 层	250 砣+20mm 钡水泥	260 砣	400 砣	3mmPb	3mmPb	28.17

DR 机房（1 间） 医技楼 2 层	250 砵+20mm 钡水泥	260 砵	400 砵	3mmPb	3mmPb	29.92
DR 机房（2 间） 医技楼 2 层	250 砵+20mm 钡水泥	260 砵	400 砵	3mmPb	3mmPb	31.45
乳腺钼靶机房（2 间）医技楼 2 层	240 砵	260 砵	400 砵	3mmPb	3mmPb	29.72
数字胃肠机（1 间） 医技楼 2 层	250 砵+20mm 钡水泥	260 砵	400 砵	3mmPb	3mmPb	29.72
CT 机房 （1 间）医技楼 2 层	230 砵	260 砵	400 砵	3.5mmPb	3.5mmPb	47.14
CT 机房（1 间） 医技楼 2 层	230 砵	260 砵	400 砵	3.5mmPb	3.5mmPb	64.30
手术室（4 间） 医技楼 4 层	200 砵	260 砵	400 砵	3mmPb	3mmPb	58.43

3、安全联锁装置及紧急停止装置

（1）加速器及其机房有下述多重辐射安全联锁系统

①辐照参数预选值联锁：控制台在选择各种辐照参数之前，照射不能启动。

②两道独立的剂量监测系统：每一道剂量监测系统均能独立终止辐照，当其中一道剂量监测系统发生故障不会影响另一道系统的功能。

③计时器联锁：控制台配置具有时间显示的辐照控制计时器，并能独立完成控制辐照终止系统。当辐照中断或终止后，能保持其读数，必须将计时器复零后，方能启动下一次照射。

④剂量复零联锁：显示的剂量读数在辐照中断或终止后保持不变，辐照中断或终止后需将显示器复位到零，下次辐照才能启动。

⑤门机联锁：当防护门处于开启状态时，加速器不能启动辐照；当加速器处于辐照状态时，一旦防护门被强迫打开，加速器能立即切断高压电源，停止出束。

⑥紧急开关：装在控制台上、加速器立柱、治疗床上和机房的迷道内墙端面、迷道入口，用于紧急状态时终止照射。

⑦电源钥匙开关：控制台上装有电源钥匙开关，专用钥匙由专人保管，只

有钥匙在“开”的位置，才能接通电源，启动加速器。

只有同时具备下列条件时加速器才能开机出束：

a、电源钥匙置于“开”的位置；b、防护门处于关闭状态；c、计时器复零；d、选择各种辐照参数；e、剂量显示器复零后，并预置了剂量；f、两道独立的剂量监测系统设置值有一定的差值。

只要具备下列任一条件加速器不能出束：

a、电源钥匙置于“关”的位置或没有插入；b、防护门处于开启状态；c、计时器没有复零；d、没有选择各种辐照参数；e、剂量显示器没有复零。

在下列情况时加速器可以停止出束：

a、按下控制台上、调制器、治疗床上和机房内墙面的紧急停机开关；b、强行将防护门打开；c、切断电源。

(2) DSA 及其它各 III 类射线装置

每间机房中应有 3 个以上紧急停控制开关，以便出现紧急情况的时候能够及时地切断加速器电源，以保护病人和操作人员的安全。

4、警示装置

(1) 工作状态指示灯：应按相关标准要求，设备安装调试完毕后，在机房防护门正上方已经安装了工作状态指示灯，用来警示人员不要进入处于工作状态的机房。

(2) 电离辐射标志：应按相关标准要求，设备安装调试完毕后，各机房外醒目位置粘贴了“当心电离辐射”、“禁止入内”、“禁止停留”标志，用来提示附近或经过人员不要进入处于工作状态的机房。各机房操作室内需粘贴“戴防护眼镜”、“穿防护服”等警示标识。

5、通风

通风是排出有害气体的有效途径。机房设计时应合理设计抽风口，确保机房内排出的有害气体不对人员造成影响，同时确保机房换气 4 次每小时以上，施工建设是应严格按照设计要求施工。核医学科的通风管道应单独设计，高出周边建筑物 5m，并在排放管口设置活性炭过滤装置或其他专用过滤装置。

6、三级衰变池

核医学科源与废物储存室、分装与注射室、病人候诊室和病人专用卫生间的废水经专用下水管与洗涤池和以上各室地漏相连，集中收集废水于三级衰变

池中，经三级衰变池后排入医院总废水站。

7、监视与对讲装置

(1) 监视系统：加速器机房、后装机房，可在操作室内监测机房内（包括迷道）的设备或人员活动情况。

(2) PET-CT 机房、CT 定位机房、模拟定位机机房、DSA 机房、CT 机房、DR 机房、数字胃肠机机房、乳腺钼靶机机房、DR 机房、全景牙科机机房、牙片机机房等需安装视野良好的铅玻璃观察窗，以保证在控制室内能观察到机房内的设备或人员活动情况。

(3) 对讲装置：加速器机房、后装机房、PET-CT 机房、CT 定位机房、模拟定位机机房、DSA 机房、CT 机房、DR 机房、数字胃肠机机房、乳腺钼靶机机房、DR 机房、全景牙科机机房、牙片机机房等与各自的控制室间均应装配对讲装置，用于指挥人员进出和方便与患者之间的沟通，避免病人照射时移动而导致重复照射。

8、电缆布设

加速器机房、后装机房、PET-CT 机房、CT 定位机房、模拟定位机机房、DSA 机房、CT 机房、DR 机房、数字胃肠机机房、乳腺钼靶机机房、DR 机房、全景牙科机机房、牙片机机房控制电缆布设于电缆沟内，电缆沟穿墙部分应采取以 45 度斜穿入地下 0.5m 深的方式以不破坏屏蔽墙体，如必须破坏屏蔽墙体，应采取“Z”字型的走向穿越墙体。电缆沟的布设方式不会影响屏蔽墙体的屏蔽效果。

9、其它

(1) 直线加速器机房建设时应一次整体浇筑并有充分的振捣，以防止出现裂缝和过大的气孔。

(2) 当机房内墙、外墙伤的电器部件的位置，应与同侧墙体有同等的屏蔽，对嵌入式安装造成的就不屏蔽减弱的地方，应进行屏蔽补偿。

(3) 安装有观察窗的机房，带有屏蔽的观察窗应略大于窗口并镶嵌墙内。

二、移动 DR 机

(1) 辐射工作人员每次去病房拍片时，应穿好铅衣、铅围脖；

(2) 拍片前应疏散病人内的相关人员，并合理设置拍片条件；

(3) 拍片时，辐射工作人员应远离设备，并设置合理的屏障以减少个人

所受剂量。

三、乙级非密封源工作场所

(1) 根据设计图可知：和医学科位于医技楼的负 1 楼和 1 楼，工作场所实现分区管理；各房间墙体屏蔽能满足相关标准屏蔽防护要求。

(2) 控制区与监督区的地面与工作台面均应铺设易清洁的材料，易于清洗不渗漏，有利于表面污染的防治。

(3) 医院对所有能产生贯穿辐射的污染源应采取辐射屏蔽措施，包括操作放射性同位素的职业工作人员穿戴防护用具，操作过程中对注射用具的屏蔽。

(4) 辐射工作场所均应设置电离辐射警告标志。

(5) 在各易产生放射性固废的房间均应设置放射性固废专用收集桶，放射性废物收集桶有放射性标志。

(6) 放射性药物存放应专人负责，保险柜钥匙要专人保管，双人双锁，存取记录要详细、清晰。补充完善放射性药物保管、领用和登记制度。

(7) 核医学科生产、合成、分装、注射 ^{18}F 的房间不能堆放与诊断治疗工作无关的杂物。各项规章制度、操作规程、应急处理措施制度等均应张贴上墙。

(8) 分源贮藏室及注射后候诊室、恢复室内均应设置放射性废物收集桶收集放射性废物，放射性废物收集桶（污物桶）有一定屏蔽能力；固体放射性废物应经过 10 个半衰期后方能做普通医疗废物处理。

(9) 加强了对注射后病人的管理，墙面张贴了醒目的“病人须知”。

(10) 控制区内所有的废水均应进入衰变池，衰变池应按标准要求设标识，池壁与池底应能够防渗、防漏、防辐射；进水管尽量避开人流，同时，应尽量缩短放射性废水排放管道的长度，放射性废水应在衰变池中应经过 10 个半衰期，经过 10 个半衰期的废水需监测达标（总 α 排放标准：1Bq/L；总 β 排放标准 10Bq/L）后才能排入医院污水处理站，池内沉渣如难于排出，可进行酸化预处理再排入下水系统。放射性固废槽壁应能防腐、防渗、防辐射。

(11) 病人、医生通道应设置箭头标识出入走向。

(12) 分源柜的方面应安装抽风系统，通风量能保证在通风柜半开条件下风速不小于 1m/s，并连接管道直至顶楼，管道内应放置活性炭，放置活性炭的位置便于更换，管道内的活性炭量应能满足废气排放的吸附，同时，根据实际情况对管道内的活性炭进行更换，建议每个季度更换一次。

(13) 建议注射后候诊室内安装监视系统，以便及时了解注射后候诊室的情况。

三废的治理：

1、废气：核医学科废气采用专用的通风管道，并在管道内放置活性炭吸附废气中的气溶胶，高出周边建筑物 5m 高空排放，排放口避开人群活动密集区。

2、废水：核医学科废水经专用管道收集排入三级衰变池，放射性废水应在衰变池中应经过 10 个半衰期，经过 10 半衰期的废水需监测达标（总 α 排放标准：1Bq/L；总 β 排放标准 10Bq/L）后才能排入医院污水处理站，尽量缩短放射性废水排放管道的长度。

3、固废：退役的放射源有供源单位回收，核医学科的固废应统一收集，经 10 个半衰期后方可作为普通医疗固废处理

表 11 环境影响分析

项目施工期辐射对环境的影响分析： 各放射治疗及诊断设备的安装应请专业人员进行，医院方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在治疗室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各治疗室必须上锁并派人看守。
运行阶段对环境的影响： 1、核医学科 （1）质子回旋加速器 根据建设方提供资料，医院核医学科质子回旋加速器自带屏蔽，机房四周墙体和顶棚楼面防护为 600mm 砼，图纸见图 10-1。因此，箱模边界处相当于机房内 γ 射线剂量率最高处。箱模边界 γ 射线剂量率为 $16 \mu\text{Sv/h}$，中子剂量率为 $4 \mu\text{Sv/h}$。根据下式计算防护墙外 30cm 处剂量率。 $H_R = \left(\frac{r_0}{R}\right)^2 \times (16 \times 10^{-X/\text{TVT}_\gamma} + 4 \times 10^{-X/\text{TVT}_n}) \quad (11-1)$ 式中：H_R为距靶心 R 处的中子和 γ 射线剂量总和（$\mu\text{Sv/h}$）； r_0为靶心至参照点的距离，保守估计，取 $3.1-1.09=2.01\text{m}$； R 为测量点至靶心距离，m；南、北墙：R 取 4.3，东、西墙：R 取 3.3，顶板 R 取 3.2； X 为质子回旋加速器室屏蔽墙厚度，cm； 对混凝土：$\text{TVT}_n=43\text{cm}$；$\text{TVT}_\gamma=38\text{cm}$。 由式 10-1 计算得出南、北墙防护墙外 30cm 处最大剂量率为 $0.13 \mu\text{Sv/h}$；东、西墙外 30cm 处最大剂量率为 $0.22 \mu\text{Sv/h}$；顶板上 30cm 处最大剂量率为 $0.23 \mu\text{Sv/h}$，小于剂量率约束值 $1 \mu\text{Gy/h}$。 本项目门厚未定，通过类比湘雅二医院同类型质子回旋加速器，环评建议门厚不低于 7mmPb，在满足门厚不低于 7mmPb 铅当量的情况下进行核算。 R 为测量点至靶心距离，m，取 3.6；

TVTn=43cm; TVTr=38cm; TVT2 为铅的 γ 射线十分之一值层, 5cm。

有式 6-16 计算得 $H_1=0.18 \mu \text{ Sv/h}$ 。

$$H_2=H_r+H_n$$

$$H_r = \left(\frac{R_1}{r_0}\right)^{-2} \times 16 \times 0.1 \times 0.1 \times (R_2/R_1)^{-2} \times 10^{-X/TVT} \quad (11-2)$$

$$H_n = \left(\frac{R_1}{r_0}\right)^{-2} \times 4 \times 0.1 \times 0.1 \times (R_2/R_1)^{-2} \quad (11-3)$$

H_r 为 γ 射线散射剂量率;

H_n 为中子散射剂量率;

计算得出 $H_2=8.8 \times 10^{-3} \mu \text{ Sv/h}$, 门外剂量率 $H=H_1+H_2=0.19 \mu \text{ Sv/h}$ 。

②放射性药物化学合成室(热室)和药物分装室屏蔽计算

热室为将加速器激活的靶物质制成 PET-CT 检查制剂的场所, 被照射的靶材料被送入该室的厚壁工作箱中制取 PET 放射性制剂。放射性核素主要是 ^{18}F , 属于低毒物质, 其辐射能量为 0.511MeV, 操作方式为简单操作。实际日最大操作量为 $3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ 。

主要技术参数:

放射源核素: ^{18}F

核素活度: $3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$;

核素的 γ 射线能量: 0.511MeV;

距源中心 1m 处的剂量率为 5.1mGy/h;

TVT=1.54cm (Pb)

TVT=24.6cm (混凝土)

据文献报道, 在注射了 $3.7 \times 10^8 \text{ Bq}$ 药物的病人体表外一米处剂量率为 $30 \mu \text{ Gy/h}$, 分装的针剂为 $3.7 \times 10^8 \text{ Bq}$, 距源 1m 处剂量率为 $51 \mu \text{ Gy/h}$ 。

屏蔽计算公式:

$$\text{点源计算公式: } D = 5.1 \times A \times R^{-2} \times 10^{-X/TVT} \quad (11-4)$$

式中: D 为距源 R 处穿过屏蔽材料厚度为 X 的某材料的空气比释动能率, $\mu \text{ Gy/h}$ 。

A 为源的活动 (mCi);

TVT 为屏蔽材料厚度为 X 的某材料的十分之一值层。

已知距源 R_1 处的剂量率 D_1 ，穿过屏蔽厚度为 X 的某材料后距源 R_2 处的所关心点的剂量率 D_2 由下式计算。

$$D_2 = D_1 \times (R_1 / R_2)^2 \times 10^{-X/TVT} \quad (11-5)$$

放射性药物化学合成室（热室）和分装室各墙体、顶棚、地板和防护门的辐射屏蔽厚度：

根据建设方提供资料，热室和分装室外墙、顶板、地板均为 300mm 砼，长、宽、高均为 4m，当 3.7×10^{10} Bq 的药物离墙壁表面 0.5m 时，按式 11-5 计算，距热室外 30cm 处剂量率为 $254 \mu\text{Cy/h}$ ，达不到标准要求。环评要求热室自身增设 40mm 铅防护，在加设铅防护后，距热室外 30cm 处，剂量率可将至 $0.64 \mu\text{Cy/h}$ ，满足墙、门外剂量率低于 $1 \mu\text{Cy/h}$ 的要求。

药物分装室：环评要求药物分装室分装柜按 60mmPb 设计，在满足这一条件下， 3.7×10^{10} Bq 的药物离铅屏蔽表面 0.5m 时，按 6-19 式计算，柜外壳 30cm 处剂量率只有 $0.88 \mu\text{Gy/h}$ 。

运输源地沟通道的屏蔽：

从质子回旋加速器机房到热室，从热室到分装柜需要带屏蔽的运输源通道，从质子回旋加速器到热室采用地沟进行，通道内一次最大输送源活度为 3.7×10^{10} Bq，要满足通道上方 1m 处小于 $2.5 \mu\text{Cy/h}$ ，建设方应根据场地的实际情况设计热室、分装室、输送通道的位置以及空间尺寸，并采取有效的防护屏蔽材料及厚度。

从分装室将源送至 PET-CT 注射室应采用专门的通道，源必须采用铅罐运输。

类比分析

本次评价选中南大学湘雅二医院质子加速器作为类比对象进行类比，湘雅二医院采用德国西门子质子回旋加速器，型号为 ECLIPSE RD，与本项目可类比性能好。

表 11-1 回旋加速器类比对象可比性对照表

比较内容	本项目	类比对象	可比性
项目性质	新建	已建	好
加速器技术参数	据建设方介绍拟购置 9.6MV 质子回旋加速器，厂家型号未定	西门子 11.5MV 质子回旋加速器	较好
机房技术参数	机房墙体及天花板：600mm 砼 防护门：未定，建议按 7mmPb 设计 核素传送管道：50mmPb	机房墙体及天花板：550mm 砼 防护门：7mmPb 核素传送管道：50mmPb 迷道内墙：400mm 砼 迷道外墙：550mmPb	好

表 11-2 湘雅二医院质子回旋加速器监测结果

监测地点	监测条件	监测位置	空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)		监测位置	空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)	
			本底值	开机值		本底值	开机值
内科楼负一楼 ECLIPSE RD 型回旋加速器	14.7KV 束流 233uA	淋浴间	0.14	0.14	操作室门左	0.10	0.10
		卫生间	0.14	0.14	操作室门中	0.07	0.07
		存储间	0.12	0.12	操作室门右	0.06	0.06
		医疗废物	0.09	0.10	操作室门上	0.09	0.09
		操作位	0.10	0.11	操作室门下	0.09	0.09
		导线孔	0.11	0.12	走道	0.11	0.12
		外墙面	0.12	0.13	---	---	---

从类比监测资料来看，湘雅二医院质子回旋加速器运行时，机房周围剂量率水平平均小于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ ，本项目加速器主、副防护门均较湘雅二医院墙厚要厚，满足辐射防护的要求，正常工况下，质子回旋加速器机房屏蔽效果能满足防护要求。

(2) PET-CT

a、注射屏蔽计算

每次注射 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ 的药物，注射室最多存药一份 ($3.7 \times 10^8 \text{Bq}$)。

防护墙屏蔽计算：若源距墙外的最近距离为 1.8m，则所需减弱倍数为 12.6 倍，按 $\text{TVT}=24.6\text{cm}$ 计算，则墙厚需要 271mm 砼即可。

顶棚和地板计算：考虑顶棚和地板的防护时，采用距离为 2.8m，则所需减弱倍数为 5.3 倍，按 $\text{TVT}=24.6\text{cm}$ 计算，则墙厚需要 177mm 砼即可。据建设方介绍，注射室顶棚和地板厚度为 400mm 砼，比 177mm 砼厚，满足要求。

防护窗的计算：在治疗室内以一次只有一个病人接收注射考虑，保守考虑防护窗外关心点距源距离为 1.5m，需要减弱 18.2 倍，按 $TVT=1.54\text{cm}$ 计算，则需要 20mmPb。环评要求防护窗不低于 20mmPb 当量。

b、注射后候诊室屏蔽计算

注射后候诊室共设计了 4 间，带源候检的人数同时最多应不会超过 4 人，因为注射后一小时才能扫描检测，每次检查需要 30~45min，医院只有一台扫描设备，因此不可能有多人同时在一个吸收室候诊。病人在注射了 $3.7 \times 10^8\text{Bq}$ 的药物，体表外 1m 处剂量率为 $30 \mu\text{Gy/h}$ 。由于病人可以在室内活动，因此屏蔽计算时采用的距离均为 1.5m，则须减弱 13.33 倍，需要混凝土 27.67cm。根据建设方提供资料，注射候诊室墙壁、顶板、地板均为 400mm 砼，可满足要求。

注射后候诊室大门的屏蔽：休息病人离门外距离保守估计为 2m，以 $1 \mu\text{Gy/h}$ 限值要求，则所需衰减倍数为 7.5 倍，按 $TVT=1.54\text{cm}$ 计算，则需要 13.5mmPb。

固体废物储存室和洗涤室屏蔽设计：正常情况下固体废物产生的量很少，即使是药物合成出现问题时，出问题的源应放在合成热室内过足够的半衰期再移动到固体废物存储间来，所以设计中给固体废物储存间和洗涤室的墙和顶棚设计 40cm 砼，已经足够。但为了在固体废物储存时能够区分不同时期的废物，建议在固体废物储存间做 3 个储存池，池壁用 20cm 混凝土，盖板 5mmPb。

c、PET-CT 扫描室的评价

由于扫描室的源强是患者服药 1 小时后的源强，参考中南大学湘雅二医院报告，认为经过 1h 衰变，源强为注射时的 70%。但出于偏安全考虑，计算墙厚等防护厚度时，以 $30 \mu\text{Gy/h}$ 为源强计算。

扫描室规格为 $7550 \times 6990 \times 4000\text{mm}$ ，保守取源距离墙外 30cm 的最小距离为 3.4m，源到控制室的最短距离取 3.5m，墙外为走廊、其他用房，均以 $1 \mu\text{Gy/h}$ 为限值要求。

防护墙屏蔽计算：到墙外 30cm 处，需衰减 3.3 倍，按 $TVT=24.6\text{cm}$ 计算，则墙厚需要 129mm 砼即可。本项目 PET-CT 机房四周墙体、顶板、地板均为 400mm 砼，满足要求。

操作室墙、小防护门及观察窗屏蔽计算：控制室也以 $1 \mu\text{Gy/h}$ 为限值要

求，需减弱倍数为 2.8 倍，按 TVT（混凝土）=24.6cm 计算，则墙厚需要 109mm 砵即可。按 TVT（铅）=1.54cm 计算，则大门所需的铅当量为 6.8mmPb。考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，在上述计算基础上再加上一个半值层，则墙厚为 185mm 砵，门需要 11.4mmPb，项目 PET-CT 机房控制室为 400mm 砵，防护窗为 5mm 铅当量，防护门待定，环评要求增加墙壁辐射屏蔽厚度，门窗防护不低于 11.4mmPb 当量。

楼顶和大防护门屏蔽计算：保守楼上 30cm 处离病人最近距离为 2.8m，门外 30cm 处离病人最近为 3.3m，则楼上需要减弱 3.83 倍，门外需要减弱 2.8，按 TVT（混凝土）=24.6cm 计算，则楼板厚需要 144mm 砵即可。按 TVT（铅）=1.54cm 计算，则大门所需的铅当量为 7mmPb。考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，在上述计算基础上再加上一个半值层，则楼板厚为 220mm 砵，门需要 12mmPb。

(3) 布局合理性分析

核医学科分为两部分，一是位于负一楼的生产 ^{18}F 的场所，二是位于一楼的 PET-CT 扫描中心，通过分析平面布局，本次评价认为核医学科人流组织存在“医患互通”的情况，应进一步进行优化，使医生通道与患者通道完全分流。核医学科气流组织应采用单独的、专用的排气管道。

2、放疗科

(1) 直线加速器

加速器防护设计见表 10-1。

① 电子线

据建设方介绍，拟购置医用加速器可提供最大能量为 15MV 的 X 射线和最大能量为 18MeV 的电子线。因为电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。在能量为 2~20MeV 范围内，电子最大射程（单位为 g/cm^2 ）约为能量（MeV）的 0.6 倍，即电子最大射程为 $10.8\text{g}/\text{cm}^2$ ，由此计算的电子在混凝土中的射程为 $10.8/2.35=4.6\text{cm}$ 。本项目机房采用厚度 1700~3100mm 的混凝土（密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）作屏蔽体，加速器运行过程中电子线的影响较小。

② 中子

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZT 201.2-2011）附录C：

C.1.1 加速器治疗机头外的杂散中子称为直接光中子，它来源于X射线中能量大于10MeV的光子与加速器的靶、准直器、均整器及电子束和光子束通道上的其他物质相互作用发生光核反应所产生的中子。直接光中子平均能量不超过1MeV。直接光中子与加速器厅壁作用发生弹性散射和非弹性散射，散射中子的能量约为0.24MeV。直接光中子和散射中子的平均能量约为0.34MeV。

C.1.2 混凝土中含有4%~5%的水，对0.34MeV中子的什值层衰减厚度为21cm，而混凝土对10MV~25MV X射线治疗装置90°泄漏辐射的什值层为31cm~36cm，当混凝土厚度为110cm时，对中子的衰减为对10MV泄漏辐射(TVL=31cm)衰减的50倍。直接光中子在距靶1m处的最大值为 $(1\sim4)\times 10^{-3}\text{Sv/Gy}$ ，泄漏辐射在距靶1m处的值小于 10^{-3}Sv/Gy 。110cm混凝土墙外的中子剂量小于X射线剂量的1/10。治疗机房采用混凝土屏蔽墙时，墙的屏蔽只需考虑对X射线的屏蔽。

本项目加速器机房的屏蔽材料均为混凝土，故在对X射线的屏蔽能满足要求的情况下，也能满足对中子的屏蔽。

③ 加速器机房臭氧浓度估算结果

参照《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994年4月第14卷第2期，P101），辐射所致臭氧的产额和浓度可由式（11-6）~（11-10）估算得到。

a) 有用射线束O₃产额

采用下列公示计算有用射线束所致O₃产额：

$$P_1 = 2.43 \times D_0 \times (1 - \cos \theta) \times R \times G \quad (11-6)$$

式中：D₀为距靶1m处的比释动能率，本项目为6Gy/min；R为靶距室壁的距离，最大距离为4.15m；G为空气吸收100eV辐射能量产生的O₃分子数，根据文献该值取10；θ为有用束的半张角，θ=+15°/-15°，计算得有用线束

$P_1=20.62\text{mg/h}$ 。

b) 泄漏辐射 O_3 产额

将漏射辐射看成为 4π 方向均匀分布的点源，并考虑加速器机房墙壁的散射线使室内的 O_3 产额增加 10%， O_3 的产额 P (mg/h) 为：

$$P_2 = 3.32 \times 10^{-3} \times D_0 \times G \times V^{1/3} \quad (11-7)$$

医用直线加速器机房容积分别为 455.82m^3 ，由公示 11-7 计算得泄漏辐射的 $P_2=4.6 \text{ mg/h}$ ，因此医用直线加速器 O_3 产生额为 22.12 mg/h 。

治疗室内产生的臭氧一部分由通风系统排放到室外，另一部分自然分解。辐射室空气中臭氧的平均浓度可由下式计算：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \times (1 - e^{-t/T}) \quad (11-8)$$

式中： $Q_{(t)}$ 为辐照室内 t 时刻臭氧的平均浓度， mg/m^3 ； Q_0 为臭氧的辐射化学产额， mg/h ； V 为辐照室的体积， m^3 ； T 为有效清除时间， h 。如果照射时间很长 ($t \gg T$) 则：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \quad (11-9)$$

若以 t_v 表示换气一次所需要的时间 h ； t_d 表示臭氧的有效分解时间（取 0.83h ），则有效清除时间为：

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \quad (11-10)$$

机房设计通风量为 $4000\text{m}^3/\text{h}$ ，正常通风时治疗室的换气次数达到 10 次/h ，即 $t_v=0.1\text{h/次}$ ，由 6-5 计算得 T 为 0.089h 。当 $t \gg T$ 时，臭氧达到饱和浓度，由 6-4 计算得到正常排风时臭氧浓度为 0.004mg/m^3 ，满足标准要求。治疗室内臭氧通过排风系统排放，经过大气的稀释和扩散作用浓度进一步降低，对周围大气环境影响十分轻微。

④ 氮氧化物

在多种氮氧化物中，以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半，工作场所的限值大于 O_3 限值的十倍，因而氮氧化物产生和排放对周围大气环境的影响很小。

⑤ 加速器机房感生放射性气体

医用直线加速器在治疗中发出的电离辐射通过空气时，还会产生感生放射性气体。加速器运行时可能产生 ^{13}N 和 ^{15}O 放射性气体，经过 10min 可以衰减到初始值的一半。在治疗通风量足够情况下，有害气体的累积不会对人体产生影响，治疗室内的通风换气应不小于每小时 4 次。

本项目通风量 $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，换气次数 ≥ 10 次/h。机房内设置地埋风道，气体经管道引出机房，加速器治疗室内产生的废气对放射工作人员和公众产生影响较小。

⑥ X 射线

a) 防护墙体屏蔽 X 射线所需厚度的计算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中计算方法对医院提供的加速器机房辐射屏蔽设计进行核算。

有用线束和泄漏辐射的屏蔽渗透因子：

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_o} \times \frac{R^2}{f} \quad (11-11)$$

患者一次散射辐射的屏蔽渗透因子：

$$B = \frac{\dot{H}_c \times R_s^2}{\dot{H}_o \times a_{ph} \times (F / 400)} \quad (11-12)$$

$$X_e = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-13)$$

$\dot{H}_c$ 、 $\dot{H}_o$ ：分别为剂量率控制水平和距靶 1m 处常用最高剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R 、 R_s ：分别为辐射源点和患者至关注点的距离，m；

f ：对有用束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率；

F ：治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；

a_{ph} ：患者 400cm^2 面积上的散射因子；

TVL_1 、 TVL ：辐射在屏蔽物质中的第一个十分之一值层厚度和平衡十分之一值层厚度，cm；

$H_{L,W}$: 以每周的剂量当量表示的剂量限值, Sv/w

X_e : 以 θ 角倾斜入厚度为 X 的屏蔽物质时有效屏蔽厚度, cm,

$$X = X_e \times \cos q。$$

b) 加速器治疗室防护门屏蔽计算

$$\dot{H}_n = 2.4 \times 10^{-15} \times \Phi_B \times \sqrt{\frac{S_0}{S_1}} \times [1.64 \times 10^{-(d_2/1.9)} + 10^{-(d_2/Tn)}] \times \dot{H}_0 \quad (11-14)$$

$$\dot{H}_\gamma = 6.9 \times 10^{-15} \times \Phi_B \times 10^{-d_2/Tn} \times \dot{H}_0 \quad (11-15)$$

$$\Phi_B = \frac{Q_n}{4\pi d_1^2} + \frac{5.4Q_n}{2pS} + \frac{1.26Q_n}{2pS} \quad (11-16)$$

$$X_g = TVL_g \times \log[2\dot{H}_g / (\dot{H}_c - H_{og})] \quad (11-17)$$

$$X_n = TVL_n \times \log[2\dot{H}_n / (\dot{H}_c - \dot{H}_{og})] \quad (11-18)$$

$\dot{H}_n$ 、 $\dot{H}_\gamma$: 机房内的中子经迷路散射后产生的中子俘获 γ 射线, 在机房入口门外 30cm 处无防护门时的剂量率, μ Sv/h;

$\dot{H}_{og}$: 穿过迷路内的泄漏辐射在迷路入口处的剂量率, μ Sv/h;

Φ_B : 等中心处 1Gy 治疗照射时迷路内口处的总中子注量, 中子数/ m^3 /Gy;

Q_n : 在等中心处每 1Gy 治疗照射时射出加速器机头的总中子数, 中子数 Gy;

T_n : 什值距离, $T_n = 2.06\sqrt{S_1}$, m;

TVL_n 、 TVL_r : 分别为中子和中子俘获 γ 射线在不同屏蔽材料中的十分之一值层, cm;

S : 治疗机房的总内表面积 (包括四周墙壁、顶面和地面, 不包括迷路), cm^2 ;

S_0 、 S_1 : 迷路内口面积、迷路横截面积, m^2 ;

d_1 、 d_2 : 等中心点至迷路内口的距离、迷路入口至迷路内口的距离, m;

X_n 、 X_r : 分别屏蔽中子和中子俘获 γ 射线辐射的屏蔽材料的厚度, cm。

参数选择:

- a. 加速器每周工作负荷为 1500Gy;
- b. 当以放射工作人员年剂量 2mSv 为目标值时, 相应的周剂量控制目标为 40 μ Sv;
- c. 束定向因子 $U=1/4$, 放射工作人员居留因子 $q=1$, 公众 $q=1/16$;
- d. X 射线的十分之一值层 $TVT=410\text{mm}$ (X 射线能量 15MV, 混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$);
- e. 15MV X 射线的输出量为 6Gy/min。

表 11-3 加速器机房屏蔽厚度理论值与设计值对照表

名称	屏蔽体		理论计算值 (cm)	设计值 (cm)
医用直线加速器	北墙、南墙	主防护墙	厚 265/宽 380	厚 310/宽 400
		次防护墙	130	170
	东墙、西墙	侧防护墙	125	170
		迷道内墙	130	170
	迷道外墙		110	170
	房顶	主防护墙	厚 265/宽 380	厚 310/宽 400
		次防护墙	130	170
	防护门厚度		2mmFe+14mmPb+120mm 聚乙烯 +14mmPb+2mmFe	未定 建议: 2mmFe+14mmPb+120mm 聚乙烯 +14mmPb+2mmFe

由表 11-3 可知, 本项目按设计尺寸进行施工, 经计算四周墙体、顶棚屏蔽符合要求。

⑦ 同类工程类比

因本项目为新建, 为了验证各机房屏蔽效果, 本项目增加类比调查资料进行分析。

根据该项目实际情况, 在工程分析的基础上, 按照相似性原则选择湘雅三医院现有的 15MV 加速器作为类比对象。核工业二三〇研究所于 2014 年 11 月 25 日对湘雅三医院现有 15MV 直线加速器进行了现场监测。本项目加速器机房与类比对象各类比参数比较见表 11-4。

表 11-4 加速器类比对象可比性对照表

比较内容	本项目	类比对象	可比性
项目性质	新建	已建	好
加速器技术参数	据建设方介绍，拟购置能量为 15MV 直线加速器，厂家型号未定	瓦安里 15MV 医用电子直线加速器	较好
机房技术参数	主防护墙厚：3.1m； 副防护墙：1.7m； 迷道内墙：1.7m； 主防护顶棚：3.0m； 副防护顶棚：1.7m； 铅防护门：未定 建议：直线加速器为 2mmFe+14mmPb+120mm 聚乙烯 +14mmPb+2mmFe；	主防护墙厚：2.7m； 副防护墙：1.7m； 迷道内墙：0.85-1.36m； 主防护顶棚：2.7m； 副防护顶棚：1.7m； 防护门：第一道： 16mmPb+128mm5%含硼石 蜡；第二道：5mmPB	好

表 11-5 湘雅三医院 15MV 直线加速器机房监测结果

装置名称	监测条件	监测位置	监测结果	监测位置	监测结果
瓦安里 15MV 医用 电子 直线加速器	12MV 2400mGy /min 270°	外防护门左	0.56	操作室操作台墙面 30cm 处	0.17
		外防护门中	0.43		
		外防护门右	0.50	操作室操作台墙面 30cm 处（主射 口）	0.20
		外防护门上	0.46		
		外防护门下	0.55	操作室设备间墙面 30cm 处（主射 口）	0.81
		外防护门 30cm 处	0.43		
		外防护门 1m 处	0.37	操作室设备间墙面 1m 处（主射口）	0.46
		外防护门 2m 处	0.32		
		负一楼仓库地面 1	0.17	操作室设备间墙面 2m 处（主射口）	0.29
		负一楼仓库地面 2	0.19		

从类比监测资料来看，湘雅三医院加速器运行时，机房周围剂量率水平均小于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ ，本项目直线加速器主、副防护门均较湘雅三医院墙厚要厚，满足辐射防护的要求，正常工况下，湘雅常德医院医用直线加速器机房屏蔽效果能满足防护要求。

（2）后装机

医院后装机房位于门急诊楼地下室，与 1 号加速器机房紧邻。本项目后装机房内径为 7500（长）×7300（宽）×4000（高），面积为 54.75m^2 ，容积为 219m^3 ，迷道宽度为 2500mm，外入口宽度为 2500mm，内入口宽度为 2650mm，整体采用混凝土结构，墙体、顶棚、地面设计全部为 600mm 的混凝土，密度为

2.35g/cm³。后装机主体面积为 54.75m² 满足《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》（GBZ121-2002）对后装放射治疗室使用面积不小于 20m² 的要求。

① 机房四周墙体屏蔽厚度

后装机 ¹⁹²Ir 源的活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，比释动能率常数为 $1.3 \times 10^{-7} \mu \text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h} \cdot \text{Bq}$ ，源至考察点的最近距离 $r=3.75\text{m}$ ，居留因子 $T=1$ ，考察点控制比释动能率 K_1 为 $2.5 \mu \text{Gy}/\text{h}$ ，带入点源公式并换算单位计算。

$$K_0 = A \times \tau_k / r^2 = 3.7 \times 10^{11} \times 1.3 \times 10^{-7} / 3.75^2 = 3420.44 \mu \text{Gy}/\text{h} \quad (11-19)$$

则减弱倍数： $K = K_0 / K_1 = 3420.44 / 2.5 = 1368.18$

半值层法， $K = 2^n$ ， $1368.18 = 2^n$ ，则 $n=11$

已知混凝土 HVT=4.1cm，则 $11 \times 41\text{mm} = 451\text{mm}$

机房的屏蔽墙四周设计厚度为 600mm，大于 451mm。

② 机房天花板厚度

源至考察点的最近距离为 $r=2.8\text{m}$ ，保守取 $T=1$ ，天花板外考察点控制比释动能率为 $2.5 \mu \text{Gy}/\text{h}$ ，代入上式进行计算，得出天花板厚度为 492mm，实际天花板设计厚度为 600mm，满足防护要求。

③ 防护门铅当量

源至防护门的最近距离 $r=5.6\text{m}$ ，铅对 ¹⁹²Ir 的半值层为 0.12cm，机房防护门设计还未确定，通过计算，建议按 11mmPb 设计。

(3) CT 定位机、模拟定位机

① 机房相关屏蔽体厚度与国家相关标准的对照

表 11-6 射线装置机房屏蔽防护厚度与 GBZ130-2013 的对照

机房名称及屏蔽体		实际厚度	标准要求 Pb (mm)	是否符合	符合标准需要的最小厚度 mm
CT 定位机房 (1 间)	四周墙体	300 砼+20mm 钡水泥，约 5.2mmPb	2.5	符合	/
	地板	400 砼，约 5.2mmPb	2.5	符合	/
	顶板	250 砼，约 3.0mmPb	2.5	符合	/
	防护门	3.5mmPb	2.5	符合	/
	观察窗	3.5mmPb	2.5	符合	/
X 射线模拟定位	四周墙体	300 砼，约 4.0mmPb	3.0	符合	/

机房（2间）	地板	400 砵，约 5.5mmPb	3.0	符合	/
	顶板	250 砵，约 3.0mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/

从表 11-6 的结果看，CT 定位机、模拟定位机的机房四周墙体、地板、顶板和防护门窗各屏蔽厚度设计方案能够符合标准要求。

② 各机房面积、尺寸

根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》中不同类型设备 X 射线机房的最小有效面积、尺寸的要求，对照本项目各机房列表如下。

表 11-7 射线装置机房面积与 GBZ130-2013 的对照

机房名称	机房面积，m ²		最小单边长度 m		是否符合要求
	实际面积	标准要求的面积	实际最小单边长	标准要求的的最小单边长	
CT 定位机房	63.08	30	7.6	4.5	符合
X 射线模拟定位机房	48.45	20	5.5	3.5	符合

从表 6-6 的结果看，医院放疗科定位机、模拟定位机房设计的面积、单边长度均可以满足标准要求。

3、介入中心

医院介入中心位于医技楼 2 层，有 2 间 DSA 机房，采用的屏蔽防护厚度完全一样，详见表 11-8。

机房相关屏蔽体厚度与国家相关标准的对照

表 11-8 DSA 机房屏蔽防护厚度与 GBZ130-2013 的对照

机房名称及屏蔽体		实际厚度	标准要求 Pb（mm）	是否符合	符合标准需要的最小厚度 mm
DSA 机房（2 间）	四周墙体	240 砵，约 2.5mmPb	2.0	符合	/
	地板	400 砵，约 5.2mmPb	2.0	符合	/
	顶板	260 砵，约 3.5mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	2.0	符合	/

	观察窗	3.0mmPb	2.0	符合	/
--	-----	---------	-----	----	---

从表 11-8 的结果看，介入中心涉及的 2 间 DSA 机房墙体、地板、顶板和防护门、窗的屏蔽厚度设计方案能够符合标准要求。

4、手术室

医院手术室位于医技楼的四层，在手术中用到移动设备的手术安排在专门做了屏蔽防护的手术室。医院有 5 间手术室做了防护，其中 1 间为 DSA 介入手术室，4 间为使用移动 DR 的手术室。手术室的屏蔽防护相同。详见表 11-9。

表 11-9 手术室屏蔽防护厚度与 GBZ130-2013 的对照

机房名称及屏蔽体		实际厚度	标准要求 Pb (mm)	是否符合	符合标准需 要的最小厚 度 mm
介入手 术室（1 间）	四周墙体	200 砣，约 2.0mmPb	2.0	符合	/
	地板	400 砣，约 5.2mmPb	2.0	符合	/
	顶板	260 砣，约 3.5mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	2.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	2.0	符合	/
其他手 术室（4 间）	四周墙体	200 砣，约 2.5mmPb	2.0	符合	/
	地板	400 砣，约 5.5mmPb	2.0	符合	/
	顶板	260 砣，约 3.5mmPb	1.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	2.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	2.0	符合	/

由上表可知，各手术室的屏蔽防护厚度符合标准要求。

4、其他Ⅲ类射线装置

医院放射科位于门急诊楼的 1 层、2 层、3 层和医技楼的 1 层、2 层、4 层。口腔科位于门急诊楼 4 层，骨科位于门急诊楼 2 层。由于本项目设备较多，机房较分散，表 6-1 中根据机房面积、是否在同一楼层等因素分类。如 CT 机房在同一楼层，各屏蔽体厚度、材料相同，但因机房面积不同，在表中分别列出。

(1) 机房相关屏蔽体厚度与国家相关标准的对照

表 11-10 射线装置机房屏蔽防护厚度与 GBZ130-2013 的对照

机房名称及屏蔽体		实际厚度	标准要求 Pb (mm)	是否符合	符合标准需要的 最小厚度 mm
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 1 层	四周墙体	200 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	2.5	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.2mmPb	2.5	符合	/
	顶板	260 砵, 约 3.0mmPb	2.5	符合	/
	防护门	3.5mmPb	2.5	符合	/
	观察窗	3.5mmPb	2.5	符合	/
DR 机房 (1 间) 门急诊楼 1 层	四周墙体	200 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.0mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 2 层	四周墙体	200 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	2.5	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.2mmPb	2.5	符合	/
	顶板	260 砵, 约 3.0mmPb	2.5	符合	/
	防护门	3.5mmPb	2.5	符合	/
	观察窗	3.5mmPb	2.5	符合	/
DR 机房 (2 间) 门急诊楼 2 层	四周墙体	200 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.0mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
骨密度仪 机房 (1 间) 门急诊楼 2 层	四周墙体	100 砵, 约 1.0mmPb	1.0	符合	/
	地板	320 砵, 约 3.3mmPb	1.0	符合	/
	顶板	180 砵, 约 1.8mmPb	1.0	符合	/
	防护门	2.0mmPb	1.0	符合	/
	观察窗	2.0mmPb	1.0	符合	/

CT 机房 (1 间) 门急诊楼 3 层	四周墙体	200 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	2.5	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.2mmPb	2.5	符合	/
	顶板	260 砵, 约 3.0mmPb	2.5	符合	/
	防护门	3.5mmPb	2.5	符合	/
	观察窗	3.5mmPb	2.5	符合	/
DR 机房 (2 间) 门急诊楼 3 层	四周墙体	200 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.0mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
全景牙科 机房 (1 间) 门急 诊楼 4 层	四周墙体	200 多孔页岩砖, 约 2.0mmPb	1.0	符合	/
	地板	300 砵, 约 4.0mmPb	1.0	符合	/
	顶板	160 砵, 约 2.0mmPb	1.0	符合	/
	防护门	2.0mmPb	1.0	符合	/
	观察窗	2.0mmPb	1.0	符合	/
牙片机房 (1 间) 门急诊楼 4 层	四周墙体	200 多孔页岩砖, 约 2.5mmPb	1.0	符合	/
	地板	300 砵, 约 3.2mmPb	1.0	符合	/
	顶板	160 砵, 约 1.5mmPb	1.0	符合	/
	防护门	2.0mmPb	1.0	符合	/
	观察窗	2.0mmPb	1.0	符合	/
CT 机房 (2 间) 医技楼 1 层	四周墙体	230 砵, 约 2.5mmPb	2.5	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.2mmPb	2.5	符合	/
	顶板	260 砵, 约 3.0mmPb	2.5	符合	/
	防护门	3.5mmPb	2.5	符合	/
	观察窗	3.5mmPb	2.5	符合	/
DR 机房 (1 间) 医技楼 2 层	四周墙体	250 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/

	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
DR 机房 (2 间) 医技楼 2 层	四周墙体	250 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
DR 机房 (1 间) 医技楼 2 层	四周墙体	250 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
DR 机房 (2 间) 医技楼 2 层	四周墙体	250 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
乳腺钼靶 机房 (2 间) 医技 楼 2 层	四周墙体	240 砵, 约 2.0mmPb	1.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 3.4mmPb	1.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.0mmPb	1.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	1.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	1.0	符合	/
数字胃肠 机 (1 间) 医技 楼 2 层	四周墙体	250 砵+20mm 厚钡水 泥, 约 3.5mmPb	3.0	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.0mmPb	3.0	符合	/
	顶板	260 砵, 约 2.9mmPb	2.0	符合	/
	防护门	3.0mmPb	3.0	符合	/
	观察窗	3.0mmPb	3.0	符合	/
CT 机房 (1 间)	四周墙体	230 砵, 约 2.5mmPb	2.5	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.2mmPb	2.5	符合	/

医技楼 2 层	顶板	260 砵, 约 3.0mmPb	2.5	符合	/
	防护门	3.5mmPb	2.5	符合	/
	观察窗	3.5mmPb	2.5	符合	/
CT 机房 (1 间)	四周墙体	230 砵, 约 2.5mmPb	2.5	符合	/
	地板	400 砵, 约 5.2mmPb	2.5	符合	/
	顶板	260 砵, 约 3.0mmPb	2.5	符合	/
医技楼 2 层	防护门	3.5mmPb	2.5	符合	/
	观察窗	3.5mmPb	2.5	符合	/

从表 11-10 的结果看, 各射线机房法人四周墙体、地板、顶板和防护门、窗符合防护要求。

(2) 各机房面积、尺寸

根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》中不同类型设备 X 射线机房的最小有效面积、尺寸的要求, 对照本项目各机房列表如下。

表 11-11 射线装置机房面积与 GBZ130-2013 的对照

机房名称	机房面积, m ²		最小单边长度 m		是否符合要求
	实际面积	标准要求的面积	实际最小单边长	标准要求的的最小单边长	
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 1 层	51.35	30	6.5	4.5	符合
DR 机房 (1 间) 门急诊楼 1 层	20.64	20	4.15	3.5	符合
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 2 层	56.28	30	6.7	4.5	符合
DR 机房 (2 间) 门急诊楼 2 层	45.88	20	6.2	3.5	符合
骨密度仪机房 (间) 门急诊楼 2 层	12.21	10	3.09	2.5	符合
CT 机房 (1 间) 门急诊楼 3 层	56.28	30	6.7	4.5	符合
DR 机房 (2 间) 门急诊楼 3 层	45.88	20	6.2	3.5	符合
全景牙科机房 (1 间) 门急诊楼 4 层	21.09	5	3.8	2.0	符合
牙片机房 (1 间) 门急诊楼 4 层	18.04	3	3.25	1.5	符合
CT 机房 (2 间) 医技楼 1 层	47.14	30	5.77	4.5	符合
DR 机房 (1 间) 医技楼 2 层	29.72	20	5.16	3.5	符合

DR 机房（2 间） 医技楼 2 层	28.17	20	5.16	3.5	符合
DR 机房（1 间） 医技楼 2 层	29.92	20	5.46	3.5	符合
DR 机房（2 间） 医技楼 2 层	31.45	20	5.46	3.5	符合
乳腺钼靶机房（2 间）医技楼 2 层	29.72	10	5.16	2.5	符合
数字胃肠机（1 间） 医技楼 2 层	29.72	20	5.16	3.5	符合
CT 机房（1 间） 医技楼 2 层	47.14	30	5.77	4.5	符合
CT 机房（1 间） 医技楼 2 层	64.30	30	7.87	4.5	符合

从表 11-11 的结果看，医院放射科、口腔科、骨科各射线装置机房面积、最小单边长度均可以满足标准要求。

5、有害气体分析

本项目的有害气体主要是核医学科的放射性废气和射线装置运行过程中，X 射线与空气相互作用产生的少量臭氧。

（1）放射性废气：核医学科的放射性废气经专用管道收集，并在管道中加活性炭吸附，高出周边建筑物 5m 排放，排放口避开人群活动密集区。

（2）臭氧会损坏人体健康，能造成眼、鼻、喉刺痛，轻者引起咳嗽、头痛、胸闷，重者则会导致肺气肿和肺炎。此外，臭氧还会对仪器设备产生腐蚀作用。

为了排出机房内臭氧和氮氧化物等有害气体，在放射诊疗机房应安装通风、排风系统，各机房通风要求见表 11-12。

表 11-12 各机房通风要求

机房名称	机房面积，m ²	设计排风系统	国家相关标准要求
CT 机房（1 间）门急诊楼 1 层	51.35	要求各射线装置机房均采用中央空调，加排风系统，在机房吊顶上设置排风口，每间机房排风量大于 600m ³ /h，通过管道排放至室外，距离室外地面 2.5 米以上。	动力排风
DR 机房（1 间）门急诊楼 1 层	20.64		动力排风
CT 机房（1 间）门急诊楼 2 层	56.28		动力排风
DR 机房（2 间）门急诊楼 2 层	45.88		动力排风
骨密度仪机房（1 间）门急诊楼 2 层	12.21		动力排风
CT 机房（1 间）门急诊楼 3 层	56.28		动力排风
DR 机房（2 间）门急诊楼 3 层	45.88		动力排风
全景牙科机房（1 间）门急诊楼 4 层	21.09		动力排风
牙片机房（1 间）门急诊楼 4 层	18.04		动力排风

CT 机房（2 间）医技楼 1 层	47.14		动力排风
DR 机房（1 间）医技楼 2 层	29.72		动力排风
DR 机房（2 间）医技楼 2 层	28.17		动力排风
DR 机房（1 间）医技楼 2 层	29.92		动力排风
DR 机房（2 间）医技楼 2 层	31.45		动力排风
乳腺钼靶机房（2 间）医技楼 2 层	29.72		动力排风
数字胃肠机（1 间）医技楼 2 层	29.72		动力排风
CT 机房（1 间）医技楼 2 层	47.14		动力排风
CT 机房（1 间）医技楼 2 层	64.30		动力排风
DSA 机房（2 间）医技楼 2 层	61.78		动力排风
CT 定位机房（1 间）医技楼 2 层	63.08		动力排风
X 射线模拟定位机房（1 间）地下室	48.45		动力排风
X 射线模拟定位机房（1 间）地下室	48.95		动力排风
后装机	54.75		动力排风
DSA 机房（1 间）医技楼 4 层	122.74		动力排风
手术室（4 间）医技楼 4 层	58.43		
医用直线加速器	455.82	据建设方介绍机房设计通风量为 4000m ³ /h，正常通风时治疗室的换气次数达到 10 次/h，满足要求。	动力排风
后装机	34.2		动力排风
核医学科	/	专用通风管道，加活性炭吸附，高出周边建筑 5m 排放，排放口避开人员活动密集区	动力排风

在采取以上防护措施前提下，设备正常工作状态下能满足国家相关标准要求。

6、项目运行对周围保护目标可能造成的辐射影响

根据对医院相关机房防护设计情况分析，结合各设备的工作量情况，估算出公众成员可能受到的年剂量结果。

X 射线产生的外照射附加年有效剂量计算公式为：

$$H_{E-X, \gamma} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-3}$$

公式中： $H_{E-X, \gamma}$ ——X 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r ——X 射线空气吸收剂量率， μ Gy/h；

t ——X 射线照射时间，h/a；

0.7——剂量换算系数，Sv/Gy。

在各机房屏蔽措施符合标准要求的前提下，正常运行情况下，摄片曝光每人每次平均取 1.0s；胃肠透视平均按每人每次 10min 计；乳腺摄影每人每次扫描时间 5s，

介入治疗人员因为需在机房内，X 射线球管曝光情况下进行手术导管引导，受到的剂量相对较大，在正常运行情况下，DSA 介入平均按每人次 30min 计，剂量率床旁工作人员胸部(铅衣内)1.9 μ Gy/h。据建设方介绍，加速器每天照射 80 野次，每野次出束时间为 30s，按一年工作 250d，则年累积出束时间为 166h（放射性工作人员居留因子取 1，公众取 1/4）。据建设方介绍，后装机每天照射 30 次，每野次出束时间为 30s，按一年工作 250d，则年累积出束时间为 62.5h（放射性工作人员居留因子取 1，公众取 1/4）。由于质子回旋加速器的化学合成模块（热室）已作了必要的屏蔽措施，在他们的工作位上的辐射剂量为 1 μ Gy/h 以下，在正常情况，每日他们与源接触时间为 60 分钟，以人均年接触日 100 天计算，所受的年照射剂量为 0.1mSv 以下。PET-CT 护士每次注射时间为 30 秒，注射时手指与放射源的距离为 5cm，躯干与放射源的距离为 60cm。按 10 人次计算，手指日受照剂量为 1.7mSv，全身平均日受照剂量为 11.7 μ Sv，按人均年工作日 100 天（两名护士）计算，护士手指年受照剂量为 170mSv，全身为 1.17mSv。PET-CT 扫描诊断室技师扫描时间一般为 30~45 分钟，技师与被检者平均接触的距离为 1m，摆位用 2 分钟，扫描结束后帮被检者离开用 1 分钟。每日按 10 人次计算，技师的日受照剂量为 10.7 μ Sv，按人均年工作日 100 天（两名技师）计算，技师年受照剂量为 1.1mSv。PET-CT 科室其他医生、护士在工作场所内工作所受的屏蔽泄漏辐射最大为 1 μ Gy/h，按每日工作 8 小时计算，日受照剂量为 8 μ Sv，年受照剂量为 0.8mSv，考虑到人员在受辐射影响区域的居留因子（1/4），则一般医生、护士的年受照剂量为 0.2mSv。医院为放射工作人员配备了一定数量的个人防护用品，可以进一步降低一般医生和护士的个人剂量。

结合以上情况，可保守地估算出项目正常运行情况下工作人员（居留因子取 1）及公众（居留因子取 1/16）可能受到的最大年有效剂量见表 11-13、11-14、11-15、11-16。

表 11-13 各设备年预计工作量情况

设备	用途	工作时间 (h/a)
CT	拍片	6.0
DR 机房	拍片	6.0
数字胃肠机房	透视、拍片	125
乳腺钼靶机房	乳腺摄影	0.7
全景牙科机	拍片	0.7
牙片机	拍片	0.4
骨密度仪	拍片	350
移动 DR	拍片	500
DSA	介入治疗	480
X 射线模拟定位机	模拟定位	125
CT 模拟定位机	模拟定位	125
医用直线加速器	放疗	166
后装机	放疗	62.5

表 11-14 各设备运行时对人员可能产生的辐射剂量

射线装置	所致人员年剂量 (mSv/a)	
	放射科工作人员	公众
DR 机	0.01	$\infty 0$
胃肠机	0.01	$\infty 0$
CT 机	0.01	$\infty 0$
乳腺钼靶机	0.01	$\infty 0$
全景牙科机	0.01	$\infty 0$
牙片机	0.01	$\infty 0$
骨密度仪	0.01	$\infty 0$
移动 DR	0.01	$\infty 0$
DSA	0.91	$\infty 0$
X 射线模拟定位机	0.01	$\infty 0$
CT 模拟定位机	0.01	$\infty 0$
医用直线加速器	0.06	0.01
后装机	0.001	$\infty 0$

表 11-15 PET-CT 运行时对职业照射人员可能产生的辐射剂量

职业人群	年剂量 (mSv)
药物合成和分装工作人员	小于 1
注射护士	1.2
扫描技师	1.1
其他工作人员	小于 0.2
回旋加速器操作人员	小于 1

表 11-16 PET-CT 运行时对公众可能产生的附加辐射剂量

公众人群	年剂量 (mSv)
PET-CT 中心周围科室的工作人员和病人	0.054
PET-CT 病人的陪护和到访者	$\infty 0$
院内过路人员	$\infty 0$
周围居民	$\infty 0$

通过估算，PET-CT 注射护士职业照射的附加最大年有效剂量为 1.2 mSv，PET-CT 扫描技师职业照射的附加最大年有效剂量为 1.1mSv，注射护士职业照射的附加最大年有效剂量为 1.2mSv，从事介入治疗工作人员所造成的附加最大年有效剂量为 0.91mSv，机房周边公众可能产生的年有效剂量趋向于 0。

事故影响分析：

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号 2014 年 7 月 29 日修正版)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-17。

表 11-17 国务院令第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-18。

表 11-18 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量 / Gy	急性放射病发生率 / %	辐射剂量 / Gy	死亡率 / %
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

根据表 11-17 和表 11-18，本项目各射线装置可能发生的辐射事故等级见表 11-19。

表 11-19 本项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	危害结果	事故等级
质子回旋加速器、直线加速器——II 类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射。	事故状况下单次受到的辐射剂量为 2Gy，导致 9 人以下（含 9 人）急性放射病的发生率为 99%。	较大辐射事故
DSA——II 类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射。	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故
DR、CT、数字胃肠机、乳腺钼靶机、CT 定位机、模拟定位机、PET-CT、骨密度仪、全景牙科机、牙片机、移动 DR 机——III 类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射。	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故
后装机（ ^{192}Ir ）	γ 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③卡源	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故
^{18}F 非密封放射性物质	γ 射线	放射性药物撒漏、被盗、丢失	短时间内受照射剂量剂量较小，如果持续发生可能受到超过年剂量照射限值	一般辐射事故

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全领导小组

为认真贯彻执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求及国家的有关规定，加强医院内部管理，医院成立了以李远斌担任组长的“辐射安全领导小组”，包括了 2 名副组长，8 名成员（见附件 2）。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：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。

从医院目前配置的辐射领导小组人员信息看，小组成员有一定的管理能力。本项目开展后，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

医院设置的辐射安全与环境保护管理机构职责包括：相关制度的制定、修改与完善；安排辐射工作人员参加学习培训；定期的辐射工作场所巡查和辐射事故应急演练；辐射工作人员的健康档案管理等。医院具体情况如下：

（1）职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划要求

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。环境保护部令第 18 号第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。因此，本环评要求医院在本项目运营前，工作人员必须参加辐射安全培训，并取得合格证。取得培训合格证的人员，医院应每四年组织一次复训。

（2）辐射工作人员健康管理和个人剂量监测管理

医院对从事放射工作的职业人员按照《辐射工作人员健康标准》的规定进行的职业健康上岗前体检，并为辐射工作人员建立个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结构及其评价处理意见，并妥善长期保存，直至工作人员脱离放射工作后 20 年。

医院根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号中对工作人员个人剂

量的要求，医院定期组织放射工作人员进行个人剂量监测，还应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。内容包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员的个人剂量档案将保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或停止辐射工作三十年。

本环评要求，新进的辐射工作人员在上岗前必须进行职业健康体检，参加环保部门组织的辐射安全与防护培训，取得培训证书，同时为辐射工作人员配备个人剂量计，并定期送检。

辐射安全管理规章制度

为保障放射源及射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，医院针对辐射设备情况和预期工作情况初步制定了以下管理制度：

《辐射事故预防措施及应急处理预案》、《放射影像科主任职责》、《放射影像科主任（副主任）医师职责》、《放射影像科主治医师职责》、《放射影像科医师职责》、《放射影像科技师职责》、《放射影像科技术员职责》、《放射源安全管理及退役制度》等。本次评价要求，医院尽快制定可操作性强的射线装置的操作规程。同时还应做到以下几点：

1、医院加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

2、在本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须张贴上墙明示；所有的辐射工作场所均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要在工作指示灯。警告标志的张贴必须规范。

3、为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，该公司应培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，医院应对本项目的辐射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。

4、医院应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求

对相关内容进行补充和修改。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修改）（环境保护部第 3 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）及相关管理要求，医院应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、X- γ 辐射监测仪等。建立放射性诊疗项目的日常辐射监测方案，定期或不定期对项目中涉及的设备四周屏蔽措施进行检查；同时接受环境保护部门开展的辐射环境监督（监测）检查。医院应对本项目的辐射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。

1、射线装置监测要求：

1) 监测项目：X- γ 射线空气吸收剂量率、中子剂量当量率。

2) 监测频度：3 个月 1 次（自主监测），每年 1 次（委托有资质的单位）；

3) 监测范围：X- γ 射线空气吸收剂量率监测范围包括：各个射线装置机房防护门及缝隙处，候诊区、控制室、观察窗等以及机房屏蔽墙外（包括上楼和楼下区域）。

4) 监测设备：X- γ 辐射监测仪，中子剂量当量率。

2、核医学科监测要求

1) 监测项目：X- γ 射线空气吸收剂量率、核医学科非密封放射性物质工作场所的表面沾污；

2) 监测频度：每次用药后（自主监测），每年 1 次（委托有资质的单位）。

3) 监测范围：核医学科控制区和监督区；

4) 监测设备： β 表面污染检测仪、便携式 X- γ 辐射监测仪。

3、个人剂量监测

根据《辐射工作人员职业健康管理办法》第 11 条的规定：放射工作单位应当安排本单位的辐射工作人员接受个人剂量监测。外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天。

4、设备防护性能监测

在设备初次投入使用或大修及更换关键组件时，需要委托有资质的单位进行设备防护性能检测，以保证符合有关标准的要求。

5、其他

1) 根据《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)，核医学科职业人员还应特别注意采用合适的方法做好个人内照射监测，以及皮肤污染监测、手部剂量监测等。

2) 对衰变池排水口进行定期的监测，监测内容主要是总 β 。

在使用过程中，需要委托有资质的单位进行状态检测，检测内容及频度详见表 12-1。

表 12-1 自主监测和委托监测监测周期及内容

监测项目	监测内容	监测周期	备注
X 射线 工作场所	工作场所 外照射辐射水平	1 次/3 月	单位自检
		1 次/年	委托有资质的单位
个人剂量	外照射剂量	1 次/3 月， 4 次/年	委托有资质的单位
核医学科 工作场所	表面污染、外照射辐射水平	1 次/年	委托有资质的单位
	表面污染	每次用药后	单位自检
	外照射辐射水平	每次用药后	
	衰变池排放口总 β	按实际情况定期监测	委托有资质的单位

通过以上各种对策措施，可避免或减少辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众及辐射环境安全。

辐射事故应急

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射事故应急工作小组成员，由其向市公安局、市环保局，并同时向省环保厅报告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

辐射安全管理办公室：0736-2910909

市公安局电话：110

市环保局电话：0736-7222562 12369（24 小时） 省环境保护厅电话：0731-85698110

湘雅常德医院制定的应急预案，内容详实，可操作性较强，能够满足在发生辐射安全事故时的应急处理的需要。同时，建设单位在日常加强事故演习，

加强医院人员的安全文化素养培植，使树立较强的安全意识，减少人为因素导致的意外事故的发生率，确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益。

表 13 结论与建议

结论:

1、湘雅常德医院是常德市经济建设投资集团有限公司与中南大学湘雅医院合作项目，由常德市经济建设投资集团有限公司投资，中南大学湘雅医院负责日常营运。医院位于柳叶湖管理区沾天湖北环路与金牛路交汇处西南角，按照三级甲等医院标准规划建设，及医疗、教学、科研于一体的现代化大型综合医院。

医院于 2011 年 7 月取得常德市发改委的立项批复（常发改社[2011]293 号），占地面积 231 亩，总投资 19.6 亿元，其中核技术投资 1.5 亿元，环保投资 0.8 亿元。于 2011 年 7 月 15 日取得常德市环境保护局《关于常德湘雅医院新建工程项目环境影响报告书的批复》（常环建[2011]79 号）。

湘雅常德医院核技术利用主要分为放射科、介入中心、骨科、口腔科、放疗科、核医学科和手术室。

2、医院拟使用射线装置 36 台。射线装置包括 3 台 DSA、7 台 CT、1 台数字胃肠机、11 台 DR 机、2 台乳腺钼靶机、1 台骨密度仪、1 台全景牙科机、1 台牙片机、1 台 CT 定位机、2 台模拟定位机、3 台直线加速器、1 台 PET-CT 机、1 台质子回旋加速器、1 台移动 DR。1 台后装机拟使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源，活度为 $3.7\text{E}+11\text{Bq}$ 。PET-CT 使用 1 枚 ^{68}Ge 校准源，活度为 $5.5\text{E}+7\text{ Bq}$ ，1 枚 ^{137}Cs 校准源，活度为 $5.5\text{E}+7\text{ Bq}$ 。核医学科使用非密封放射性物质 ^{18}F ，日等效最大操作量 $3.7\text{E}+8\text{ Bq}$ 。

3、项目规划符合性

本项目位于湘雅常德医院内，用地性质为医疗用地，不影响城市规划。因此，项目符合常德市城市总体规划。

4、产业政策符合性

本项目使用的直线加速器、质子回旋加速器、DSA、PET-CT、CT 定位机、模拟定位机、CT 机、DR 机、数字胃肠机、乳腺钼靶机、全景牙科机、牙片机、骨密度仪，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

5、选址可行性

机房选址均远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均得到有效治理，达标排放对环境影响

小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

6、布局合理性

本项目布局在发挥核技术利用项目诊断与诊疗疾病的优势的前提下，也便于工作人员及病人的辐射防护工作及就医流程的简化。核医学科设置病人走向指示，并对控制区、监督区布置进行了设计较好地满足了乙级非密封放射性物质工作场所布局要求；

各射线装置相关用房分为控制区和监督区：各个射线装置机房为控制区，各个射线装置机房的控制室及工作场所、办公用房划分为监督区。本项目放射诊断、诊疗项目分区明确从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

7、墙体屏蔽性能

根据医院提供的资料进行核算，机房四周墙体外的辐射剂量率均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，对屏蔽辐射是安全的，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“辐射防护最优化”原则。

8、废水、废气、固废

各射线机房中均会安装通风装置，并保证机房换气每小时 4 次以上。核医学科分装柜上方安装抽风系统，通风量能保证在通风柜半开条件下风速不小于 1m/s ，通过专用管道排放，管道内防治活性炭，排放口高出周边建筑物 5 米，且避开人群活动密集区。

衰变池的池壁能够防渗、防漏，容量满足 10 倍半衰期；放射性固废槽壁能防腐防渗，固废放置时间达核素的 10 个半衰期后，经放射防护部门检测合格后，作医疗废物按相关规定处理。

9、剂量估算

通过核算，拟从事本项目的辐射工作人员和公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量约束限值的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）及相关标准的要求。

10、辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全领导小组，制定了辐射事故应急预案，应急预案具有可操作性，但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练，同时制定各射线装置的操作规程。医院应严格执行各项规章制度，辐射工作人员在工作时必须佩戴

个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，湘雅常德医院切实按照相关要求建设后，医院辐射工作场所对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；该项目的辐射防护安全措施可行；规章制度基本健全；该项目对环境的辐射影响是可接受的。湘雅常德医院在采取本环评提出的各项环境保护及污染防治措施后，从环境保护的角度来看，本环评认为该新建项目是可行的。

建议

1、按照本报告表验收一览表的要求配备个人防护用品和辅助防护设施。加强对受检者非投照部位的防护，并对必要的陪护人员进行防护。

2、在醒目位置公布放射性污染防治的规章制度、操作规程、辐射事故应急预案等；做好自主监测，并做好监测记录。

3、补充完善各个设备的操作规程，加强对辐射工作人员的管理，组织辐射工作人员定期进行职业健康体检，严格按照职业健康监护检查的结果，对于需要调离和暂时脱离辐射工作岗位的工作人员进行相应安排；每年按期接受个人剂量监测，并正确佩戴个人剂量计；医院所有辐射负责人员定期在环保部门认可的培训单位进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训。建立的个人剂量档案与健康监护档案应终生保存，并按照职业健康监护检查结果及建议对辐射工作人员进行相应的安排。

4、定期对放射诊疗的各项辐射安全措施（如辐射安全联锁、警示标识、监视、对讲系统）进行检查，保证其能正常运行或有效，从而减小辐射事故的发生概率。

5、医院在取得本次环评报告批复文件后，及时向省环保厅申请办理《辐射安全许可证》，并在每年的1月31日前提交年度评估报告。

6、医院现有的应急预案尚未包括核医学部分，应进一步完善应急预案，同时各项制度应及时更新。

7、医院核技术利用项目竣工后，在试运行三个月内向环境保护主管部门申请三同时竣工验收。

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

环境保护验收一览表

序号	验收项目	验收内容		验收要求
1	环保资料	项目建设的环评评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告。		落实
2	环境管理制度	有专人负责，制度上墙等。		落实
3	警示装置	各机房防护门上方设置工作状态指示灯；防护门上均贴辐射警示标识。		落实
4	人员管理	每台设备应配备至少 2 人，配备辐射工作人员应持证上岗，4 年进行 1 次复训。		环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号
5	机房面积	质子回旋加速器、直线加速器机房：≥45m ² ；DSA 机房：≥20m ² ；PET-CT、CT 定位机、CT 机房：≥30m ² ；模拟定位机机房：≥20m ² ；DR 机机房：≥20m ² ；数字胃肠机机房：≥20m ² ；乳腺钼靶机机房：≥10m ² ；全景牙科机：≥5m ² ；牙片机房：≥3m ² ；骨密度仪≥10m ² ；		GB165-2012 GBZ130-2013 GBZ/T180-2006
6	电离辐射	剂量限制	DSA：≤4mSv/a；核医学科：≤4mSv/a，其他：≤2 mSv。公众成员年有效剂量≤0.1mSv/a。	GB18871-2002、及环评要求
		墙体外剂量率控制	机房防护屏蔽体外 30cm 处空气比释动能率<2.5 μ Gy/h。	GB18871-2002
7	防护用品	质子回旋加速器、直线加速器	每间机房：固定式剂量报警仪 1 套、便携式剂量报警仪 1 台、视频监控系统 1 套、个人剂量计 1 个/人。	配置齐全
		CT 定位机、模拟定位机	铅衣 1 件，个人剂量计 1 个/人。	
		介入中心	每间机房：铅衣 6 件、铅眼镜 6 副、铅围裙 6 件、铅帽 6 顶、铅围脖 6 个，铅屏风 1 块；个人剂量计不少于 6 个。	
		放射科、口腔科、骨科、手术室	每间机房：个人剂量计 1 个/人、铅衣 1 件。	
		核医学科	X-γ 剂量率测量仪、表面污染测量仪、便携式剂量报警仪各 1 台，个人剂量计 2 个、铅衣 1 件、铅帽 1 顶、铅眼镜 1 副、铅围脖 1 块，铅屏风 1 块。	
8	放射性废水	衰变池：有效容积满足 10 个半衰期要求，并做到防渗、防漏、防腐；在衰变池总排口设置标准采样口，总 β 放射性<10Bq/L。		GB18466-2005
9	放射性废气	排气管道设置采样口；排气口采用活性炭吸附。		GBZ120-2006
10	放射性固体废物	废物包装盒外表面：β <0.4 Bq/cm ² ，有废物处理台账。		GBZ133-2009
11	验收监测点位	机房墙体外表面 30cm 及人员所在场所。		/

常德市经济建设投资集团有限公司

委 托 函

核工业二三 0 研究所：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等有关法律法规的规定，现委托贵所承担“湘雅常德医院核技术利用新建项目”的环境影响评价工作，请贵所按照国家有关法律法规和技术规范的要求抓紧实施。

我单位对所提供的资料负法律责任。

湘雅常德医院（筹）

2016 年 3 月 29 号

附件 2 关于成立辐射安全防护管理小组的通知

湘雅常德医院

关于成立湘雅常德医院辐射安全防护领导小组的决定

(院行字[2016]1号)

医院各科室：

为了加强放射诊疗工作的管理，保证医疗质量和医疗安全，经医院研究决定，成立医院辐射安全防护领导小组，组成人员如下：

组 长：李远斌

副组长：肖目张 邓天亮

成员：白念岳 胡 硕 胡康新 冯 梅 杨立群
鲁晓琴 鄢昌渝 倪众慧

领导小组下设办公室，地点在医务部，由白念岳同志任主任，负责日常工作。



2016年3月1日

附件3 关于常德湘雅医院新建工程项目环评报告书的批复

常德市环境保护局

常环建(2011)18号

常德市环境保护局 关于常德湘雅医院新建工程项目 环境影响报告书的批复

常德湘雅医院：

你院《新建工程环境影响报告书》、《关于环境影响报告书审批的报告》及相关附件收悉。根据环境影响评价结论、专家审查意见、市环保局环评分局预审意见以及审批公示情况，经研究，现批复如下：

一、常德湘雅医院新建工程项目拟选址和可规划建设度假区近天湖北环路与金平路交汇处西南角，用地面积153340m²，总建筑面积240000m²（其中地下建筑面积60000m²），项目总投资150536万元，其中环保投资1670万元。主要工程内容包含门诊楼、住院楼、传染病房、行政管桩用房专家楼、医工训练楼、环保工程及供水、供电、供热等配套设施建设，设病床2000张，拟建成大型综合性三级甲等医院。项目选址已经规划行政主管部门审批，符合城市总体规划，项目建设符合国家产业政策。在达到环保要求的情况下，从环境保护角度，同意建设。

二、建设单位在规划、施工、营运过程中要认真落实环评文

作提出的各项环保措施，严格执行“三同时”，着重做好以下环保工作：

(一)按照建设部、卫生部颁发的《综合医院建设标准》进行合理布局。

(二)施工期要科学管理，规范化施工，采取有效措施防治扬尘、噪音等污染，渣土管理要符合当地市的有关规定；按照该项目水土保持方案报告书要求，采取有效措施防止水土流失，所用混凝土采用商品混凝土，施工现场不设混凝土搅拌站。

(三)配套建设“雨污分流、污污分流”设施和污水处理设施。

1.新建污水处理站布置在传染病房西南角，采用水解酸化+生物接触氧化二级处理+二氧化氯消毒工艺，处理能力为2000吨/天，排出口建设须达到国家有关要求，并按要求配套建设医疗废水流量、COD、pH值等在线监测装置，并与相关平台联网。

2.新建工段含酸、含汞、含铬、含氮、放射性等特殊废水须按国家一类污染物的相关要求单独收集经预处理达标后汇入污水处理站处理。

3.规划的花山污水处理厂建成投运前，所有医疗区废水经处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2排放标准限值。规划的花山污水处理厂建成投运后，所有医疗区废水经处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2预处理标准并污水处理厂进水水质要求后排入城市污水管网；生活区生活废水经预处理后排入城市污水管网。

4. 污水处理站须配备应急设备和器材，防范因停水、停电或者设备故障等紧急情况下产生的环境风险，同时加强在线监测装置运行管理，确保正常运行。

(四) 污水处理站废气须经除臭除尘处理，确保污水处理站周边大气污染物达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表3标准要求；食堂油烟须经油烟净化装置处理达标后宜即即排放，柴油发电机废气经排烟除尘处理后有组织排放；所有排气筒高度满足环评要求。

(五) 选用先进、低噪、节能型设备，柴油发电机组、地下室空调机组主机、地下室排风机组布置在地下室专用设备工房内，空调机位管冷桥处安装减振门诊楼顶，所有产生噪声的设施均须采取隔声减振、隔声、消声，确保厂界噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》中的2类标准且不扰民。

(六) 传染病区须严格按照《突发公共卫生事件医疗救治体系建设规划》进行设计和设置，传染病区消毒措施须达到相关规范要求，其废水、粪便须单独消毒后纳入综合医疗废水处理系统处理，其排风系统风机须设置在专门隔声间内并进行减振、消声处理，确保噪声达标。

(七) 医疗废物必须严格按照《医疗废物管理条例》规定进行收集、贮存、运输、处置管理，污水处理站污泥属危险废物，须经脱水后与医疗废物一并送至医疗废物处置中心进行安全处置；生活垃圾须分类收集，及时外运与城市生活垃圾一并处置，不得在院内焚烧。

(八) 核与辐射装置的环境影响评价工作必须另行委托有资质的环评单位进行，并在本项目试运转前报环保行政主管部门批准。

(九) 建设单位要进一步完善环境管理机构，建立健全各项环保制度，切实保障环保设施的正常运行。

三、根据市环保局柳叶湖分局核定的排污总量及市环保局审核意见，核定你单位本项目总量控制指标为：二氧化硫 ≤ 5.5 吨/年、氮氧化物 ≤ 25.6 吨/年、COD ≤ 26 吨/年、氨氮 ≤ 6.2 吨/年。

四、建设单位须按照环评报告编制的监测计划委托环境监测单位组织开展施工期和营运期环境监测。

五、项目建成后必须报经我局批准后方可投入试营运，试营运三个月内必须申请竣工环境保护验收，经我局验收合格后方可投入正式运营。

六、市环保局柳叶湖分局负责该项目的日常环境监督。



主送：环保 湘雅医院△ 报告书 批复

抄送：市环保局柳叶湖分局。

常德市环境保护局办公室

2011年7月15日印发

附件 4 仪器检定证书

湖南省电离辐射计量站

检定证书

证书编号: hnjlh2016005-11



送检单位 核工业二三〇研究所

计量器具名称 X-γ 辐射测量仪

型号/规格 JB4000

出厂编号 0242

制造单位 上海精博工贸有限公司

检定结论 合格

(检定专用章)

批准人: 何文忠

核验员: 何文忠

检定员: 何文忠

检定日期 2016 年 2 月 23 日
有效期至 2017 年 2 月 22 日

计量证书编号: (湘) 法计 (2015) 10037 号

地址: 湖南省长沙县滨湖西路 26 号

传真: 0731-86799918

电话: 0731-86799805

邮编: 410100

电子邮件: 758450104@qq.com

湖南省电离辐射计量站

证书编号: hnjln2016005-11

一、相关资质证书

(湘)法计(2015)10037号



二、测量标准名称/证书号

名称	型号/规格	不确定度	证书编号
地面放射性测量模型标准装置	Y	10%(k=2)	【2014】湘量标企 证字第 137 号

三、检定依据文件

JJG(核工)020-1998 轻便 γ 总量闪烁辐射仪检定规程

四、检定地点及环境条件

地点: 湖南省宁乡县一环北路 123 号计量站

天气: 晴; 温度: 4℃; 湿度: 72%RH

五、我站仅对加盖“湖南省电离辐射计量站检定专用章”的完整证书负责, 本证书的检定结果只对被检定的计量器具有效。

湖南省电离辐射计量站

证书编号: hnjlh2016005-11

检 定 结 果



一、重复性

在本底模型体源上连续测量 n 次, 每次测量 1 分钟, 测量结果的重复性: $S_r=6.45\%$

二、校准系数/因子

档位	校准系数/因子
$\mu\text{Sv/h}$	0.929
$\mu\text{R/h}$	0.792

在实际工作中按下式计算测量结果:

$$X = k \times (X_i - X_0)$$

式中: X -测量结果; k -校准系数/因子; X_i -仪器测量示值; X_0 -仪器水面本地。

三、验证结果

模型	档位	标称值	测量值	相对偏差(%)
混合模型	$\mu\text{Sv/h}$	0.616	0.613	3.484
	$\mu\text{R/h}$	63.551	59.378	6.567

四、检定结果的扩展不确定度

$$U_{rel} = 11.99\% (k=2)$$

敬告:

1. 被检计量器具修理后, 应立即重新检定。
2. 在使用过程中对被检计量器具的技术指标产生怀疑, 请重新检定。

附件 5 辐射事故预防措施及应急处理预案

辐射事故预防措施及应急处理预案

为提高本院对突发辐射事故的处理能力，最大程度地预防和减少突发辐射事故的损害，保护环境，保障工作人员和公众的生命财产安全，维护社会稳定，特制定本预案。

1. 辐射事故分级

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

1.1 特别重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

1.2 重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

1.3 较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

1.4 一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

2. 本预案适应范围

凡院内发生的放射源丢失、被盗、失控或人员超剂量照射等所致辐射事故均适用本应急预案。

3. 辐射事故的预防

辐射事故多数是人为因素造成的责任事故，严格放射防护管理，做好预防工作，是防止辐射事故发生的关键环节。

3.1 健全放射防护管理体制和规章制度，放射源使用和保管落实到人，纪律要严肃，奖惩要分明。

3.2 组织放射防护知识培训，不准无证上岗，严格操作规程。

3.3 定期检查放射防护设施，发现问题，及时检修。

4. 组织机构及职能

4.1 辐射事故应急处理领导小组

组长：院长

副组长：主管医疗、后勤副院长、副书记

成员：肿瘤科、放射科、心导管室、后勤、保卫办、医务部相关人员

4.2 技术专家组

组长：医疗副院长

副组长：肿瘤科主任

成员：肿瘤科、放射科、核医学科、伽马刀治疗中心相关人员

4.3 应急处理领导小组职责：（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。

4.4 应急办公室（设医务部）的职责：（1）按照辐射事故应急处理预案的要求，落实应急处理的各项日常工作；（2）组织辐射事故应急人员的培训；（3）负责与技术专家组、现场处置组的联络工作；（4）负责与行政主管部门、环保、公安、卫生等相关部门的联络、报告应急处理工作；（5）负责辐射事故应急处理期间的后勤保障工作；（6）完成应急处理领导小组交办的其它工作；应急值班电话：0736-2910909

5. 辐射事故的报告

发生或者发现辐射事故的科室和个人，必须立即向医务部（或总值班）报告。医务部（或总值班）应立即向主管院领导汇报，并及时收集整理相关处理情况向区、市环保局（0736-7222562）、省环保局（电话：0731-85698110）、环保热线（电话：12369）、市公安局、市卫生局（电话：0736-7958000,7705009）、省公安厅、省卫生厅（电话：0731-84822223、84822021）报告，最迟不得超过 2 小时；同时，医务部需在 24 小时内报出《辐射事故报告卡》。重大辐射事故应当在 24 小时内逐级上报到环保部、公安部、卫生部。

6. 辐射事故的处理

6.1 立即撤离有关工作人员，封锁现场，控制事故源，切断一切可能扩大污染范围的环节，防止事故扩大和蔓延。放射源丢失，要全力追回，对放射源脱出，要将源迅速转移至容器内。

6.2 对可能受放射性核素污染或者损伤的人员，立即采取暂时隔离和应急救援措施，在采取有效个人防护措施的情况下组织人员彻底清除污染并根据需要实施医学检查和医学处理。

6.3 对受照人员要及时估算受照剂量。

6.4 污染现场未达到安全水平之前，不得解除封锁，将事故的后果和影响控制在最低限度。

附件 6 放射影像科主任职责

放射影像科主任职责

- 1.在院长领导下，负责本科的医疗、教学、科研、预防、行政管理工作；科主任是本科诊疗质量与病人安全管理和持续改进第一责任人，应对院长负责。
- 2.定期讨论本科在贯彻医院影像诊断与介入治疗质量方针和落实质量目标、执行质量指标过程中存在的问题，提出改进意见与措施，并有反馈记录文件。
- 3.制订本科工作计划，组织实施，经常督促检查，持续改进服务品质，按期总结汇报。
- 4.根据本科任务和人员情况进行科学分工和管理，保证对病员进行及时的诊断和治疗。
- 5.定期主持集体阅片，审签重要的诊断报告单，亲自参加临床会诊和对疑难病例的诊断治疗，经常检查放射诊断、治疗和投照质量。
- 6.参加医院工作会议，主持科务会，经常与临床科室取得联系，征求意见，改进工作。
- 7.组织本科人员的业务训练和技术考核，提出升、调、奖、惩的意见。学习、使用国内外的先进医学技术，开展科学研究。督促科内人员做好资料积累与登记、统计工作。
- 8.承担教学工作，重视并切实抓好住院医师、研究生、进修生、实习生的培训。
- 9.组织领导本科人员，认真执行各项规章制度和技术操作规程，检查工作人员防护情况，严防差错事故的发生。
- 10.确定本科人员轮换、值班和休假。
- 11.审签本科药品器材的请领与报销，经常检查机器的使用与保管情况。
- 12.加强医德医风建设，教育本科人员树立以病人为中心的服务宗旨，不断改善服务态度，改进工作作风。
- 13.副主任协助主任负责相应的工作。

附件 7 放射影像科主任（副主任）医师职责

放射影像科主任（副主任）医师职责

1. 在科主任领导下进行工作。
2. 遵纪守法，廉洁行医，不以医谋私。
3. 着重负担疑难病例的诊断，参加会诊和教学科研工作。
4. 主持每天的集体阅片，审签诊断报告单。
5. 其他职责与放射科医师同。

附件 8 放射影像科主治医师职责

放射影像科主治医师职责

1. 在科主任领导下进行工作。
2. 遵守法律、法规和各项规章制度，廉洁行医，不以医谋私。
3. 参加院内外会诊和教学科研工作。
4. 主持每天的集体阅片，审签诊断报告单。
5. 指导下级医师做好进修、实习人员的培训。开展医疗新技术。

附件 9 放射影像科医师职责

放射影像科医师职责

1. 在科主任领导和主治医师指导下工作。
2. 遵纪守法，廉洁行医，不以医谋私。
3. 负责 X 线诊断工作，按时完成诊断报告，遇有疑难问题，及时请示上级医师。
4. 参加会诊和临床病例讨论会。
5. 担任一定的科学研究和教学任务，做好进修、实习人员的培训。
6. 掌握 X 线机的一般原理、性能、使用及投照技术。
7. 加强与临床科室密切联系，不断提高诊断符合率。

附件 10 放射影像科技师职责

放射影像科技师职责

1. 在科主任领导下开展各项工作。
2. 服从技师长对工作的统一安排和调配，虚心请教主管技师以上的技师。
3. 指导技士及实习人员的工作。
4. 积极参加技术组及医生组组织的各项教学及培训活动。
5. 按三甲要求，优质服务于每位患者。
6. 按三甲要求，确保照片质量符合要求。
7. 严于律己，不迟到、不早退、不擅自离岗，更不得私自调班。
8. 负责资料的及时刻录及存贮、保管，不得私自刻盘赠与他人。
9. 负责病人的体位设计及摄影，照片归档及传送工作，认真填写摄片记录。
10. 负责领取，正确使用，定期补充，妥善保管各类设备、药物、器材、胶片等，并作相关记录，并准时交接，办理交接手续。
11. 负责机器、器材的保洁、保养。机器故障及时汇报。
12. 认真填写机器使用手册。
13. 注意三防工作，确保医疗安全，关好门窗、水、电。
14. 光盘刻录及存档。

附件 11 放射影像科技术人员职责

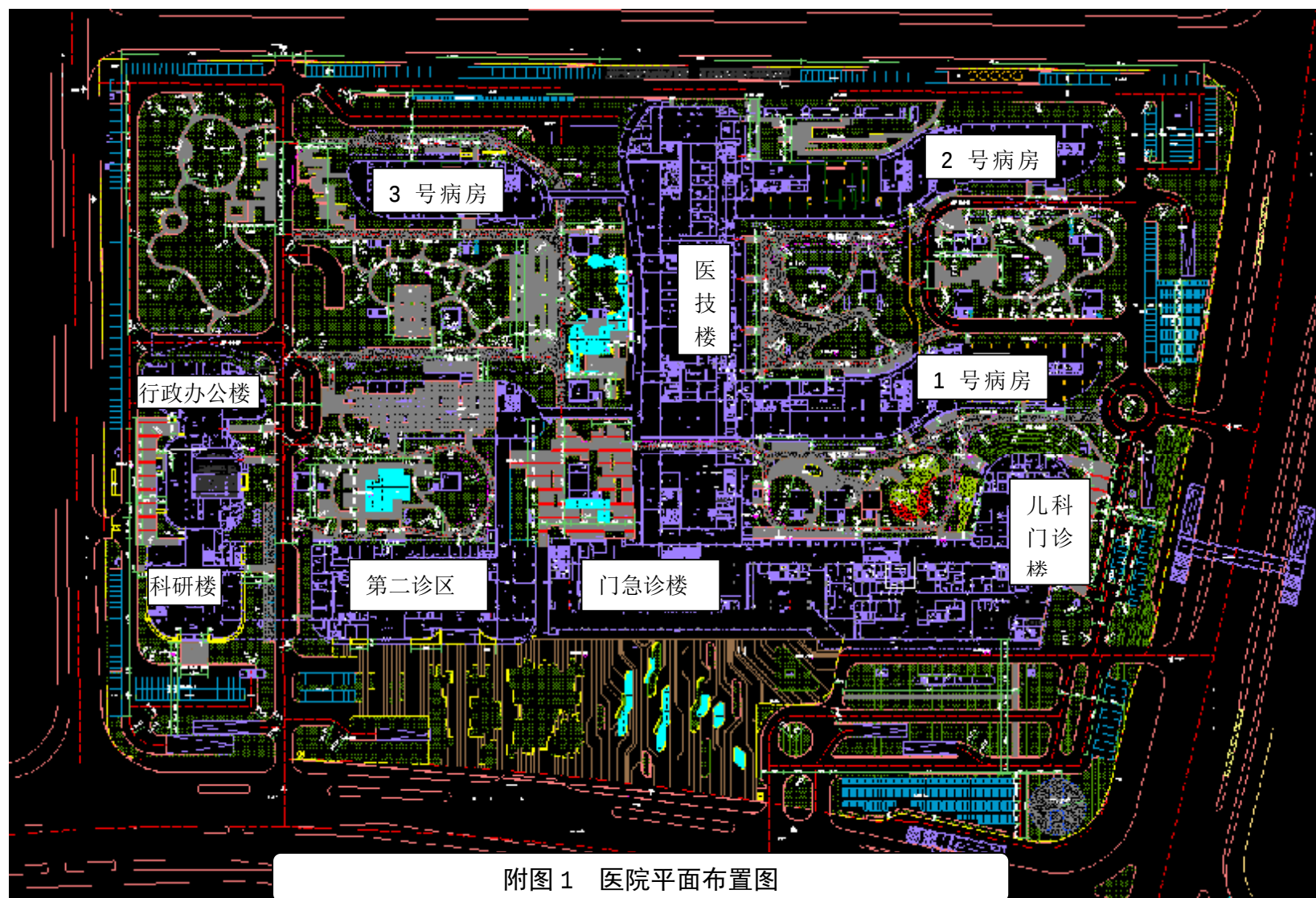
放射影像科技术员职责

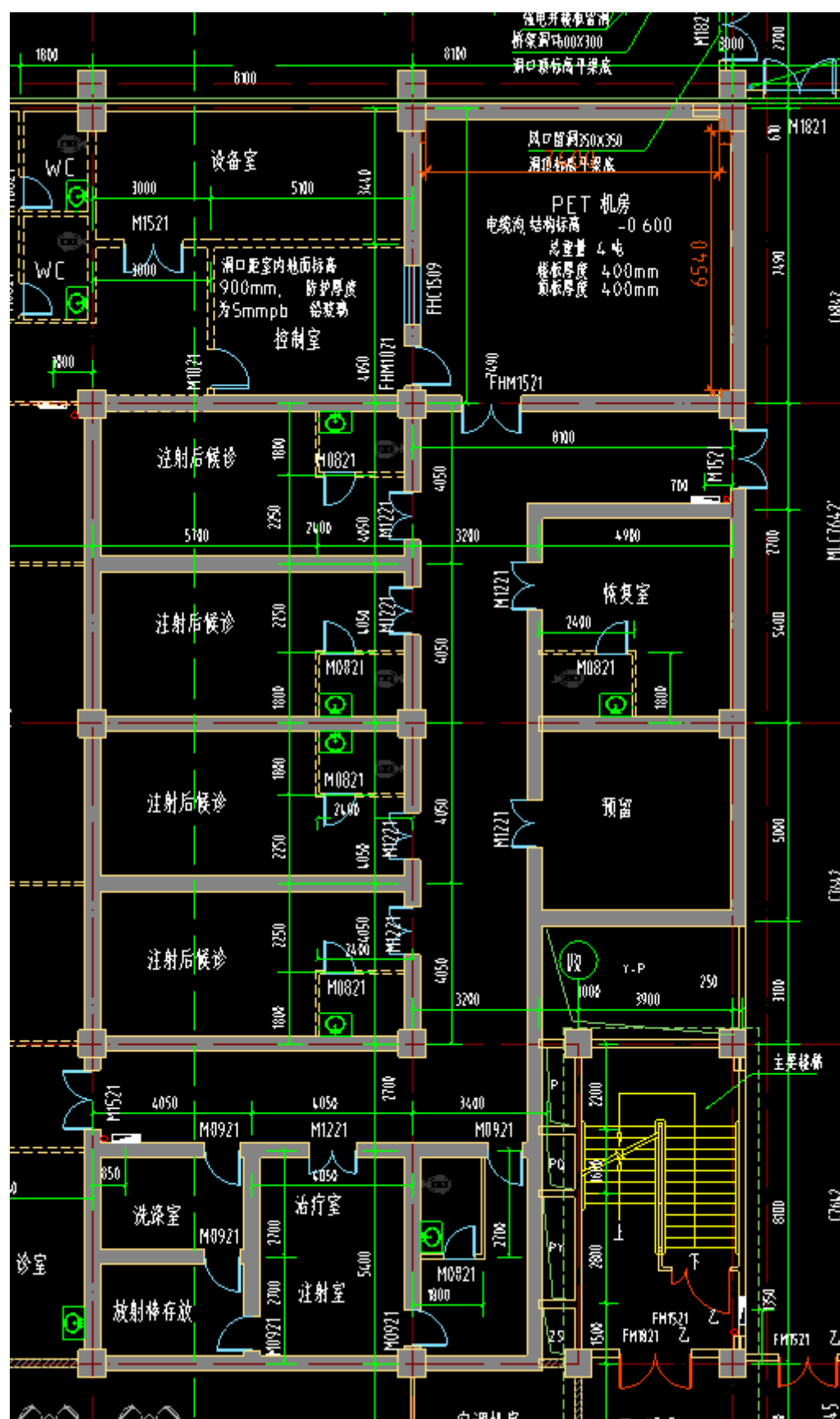
1. 在科主任和技师长领导下开展各项工作。
2. 服从技师长对工作的统一安排和调配，虚心请教技师及主管技师以上的技师。
3. 指导技术组实习人员的工作。
4. 积极参加技术组及医生组组织的各项教学及培训活动。
5. 按三甲要求，优质服务于每位患者。
6. 按三甲要求，确保照片或扫描、成像质量符合要求。
7. 严于律己，不迟到、不早退、不擅自离岗，更不得私自调班。
8. 负责资料的及时刻录及存贮、保管，不得私自刻盘赠与他人。
9. 负责病人的体位设计及摄影，照片归档及传送工作，认真填写摄片记录。
10. 负责领取，正确使用，定期补充，妥善保管各类设备、药物、器材、胶片等，并作相关记录，并准时交接，办理交接手续。
11. 负责机器、器材的保洁、保养。机器故障及时汇报。
12. 认真填写机器使用手册。
13. 注意三防工作，确保医疗安全，关好门窗、水、电。

附件 12 放射源安全管理及退役制度

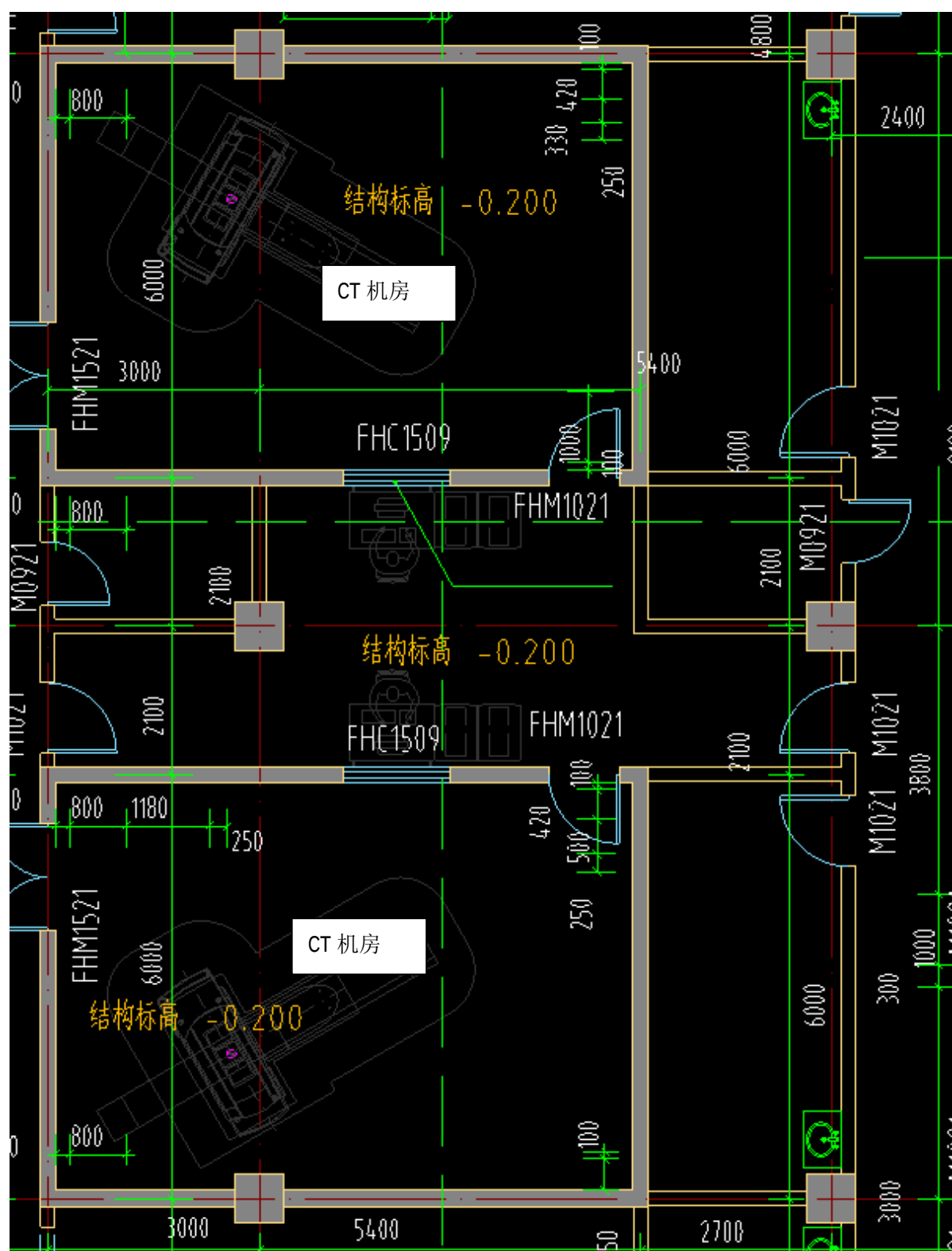
放射源安全管理及退役制度

- 1.放射源辐射防护应符合国家电离辐射防护与辐射源安全基本标准。
- 2.购置新源时，应与放射源生产单位（或原出口国或废源集中贮存机构）签订废弃放射源贮存和处置协议；新购放射源必须有国家统一编号。
- 3.放射源的转让（购置）须通过互联网访问“全国核技术利用辐射安全申报系统”进行申报，并经过省环保厅和市环保局审批。
- 4.医院所购放射源应在活动完成之日起 20 日内，到辖区内省环保厅和市环保局完成转让（购置）备案手续。
- 5.退役放射源的送贮应在放射源送贮活动完成 20 日，到辖区内省环保厅和市环保局完成送贮备案手续。
- 6.放射源的运输须严格按照国家《放射性物品运输安全管理条例》进行处理。
- 7.新建、扩建、改建的放射源建设项目，建成调试后，在试运行三个月内，必须经环保部门验收合格后方可使用
- 8.配备必要的检查或监测设备。受辐射剂量较高的技术和操作维修人员要配备带报警装置的个人辐射剂量计。
- 9.对运行中含放射源的装置和场所，要配置剂量监测和报警装置，并定期检验，确保辐射防护设施完好与含源装置性能的稳定。放射源的使用场所应有相应的辐射屏蔽，安装带报警的剂量测量仪器。
- 10.建立放辐射安全管理机构，实行“法人代表”负责制。
- 11.放射源实行专人保管，实行管理、使用分离的原则，杜绝“以管带管”现象，防止放射源失控现象发生。建立放射源使用登记制度，贮存、领取、使用、归还放射源时应当进行登记、检查，做到账物相符。
- 12.制定放射源使用操作规程，责任到人，并在工作场所悬挂。
- 13.存放和使用放射源场所应当设置放射性警示标志。附近不得放置易燃、易爆、腐蚀性物品。
- 14.辐照设备或辐照装置应有必要的安全联锁、报警装置或者工作信号。
- 15.放射源的包装容器上应当设置明显的放射性标志并配有中文警告文字。
- 16.建立安全保卫制度，落实防火、防盗、防丢失、防泄漏。发生放射源丢失、被盗、火灾和放射性污染事故时，应在第一时间内向当地政府、环保、公安部门报告。

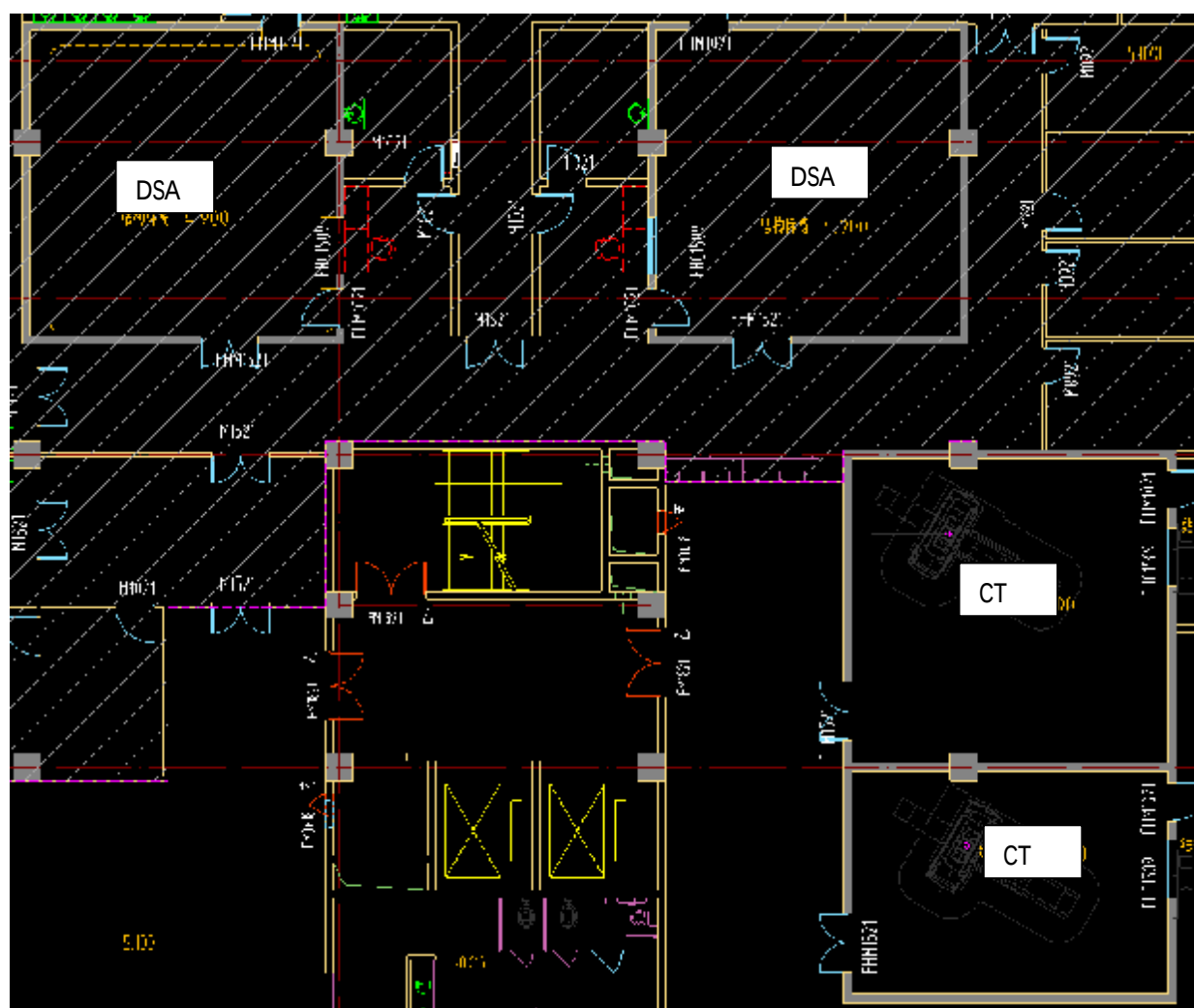




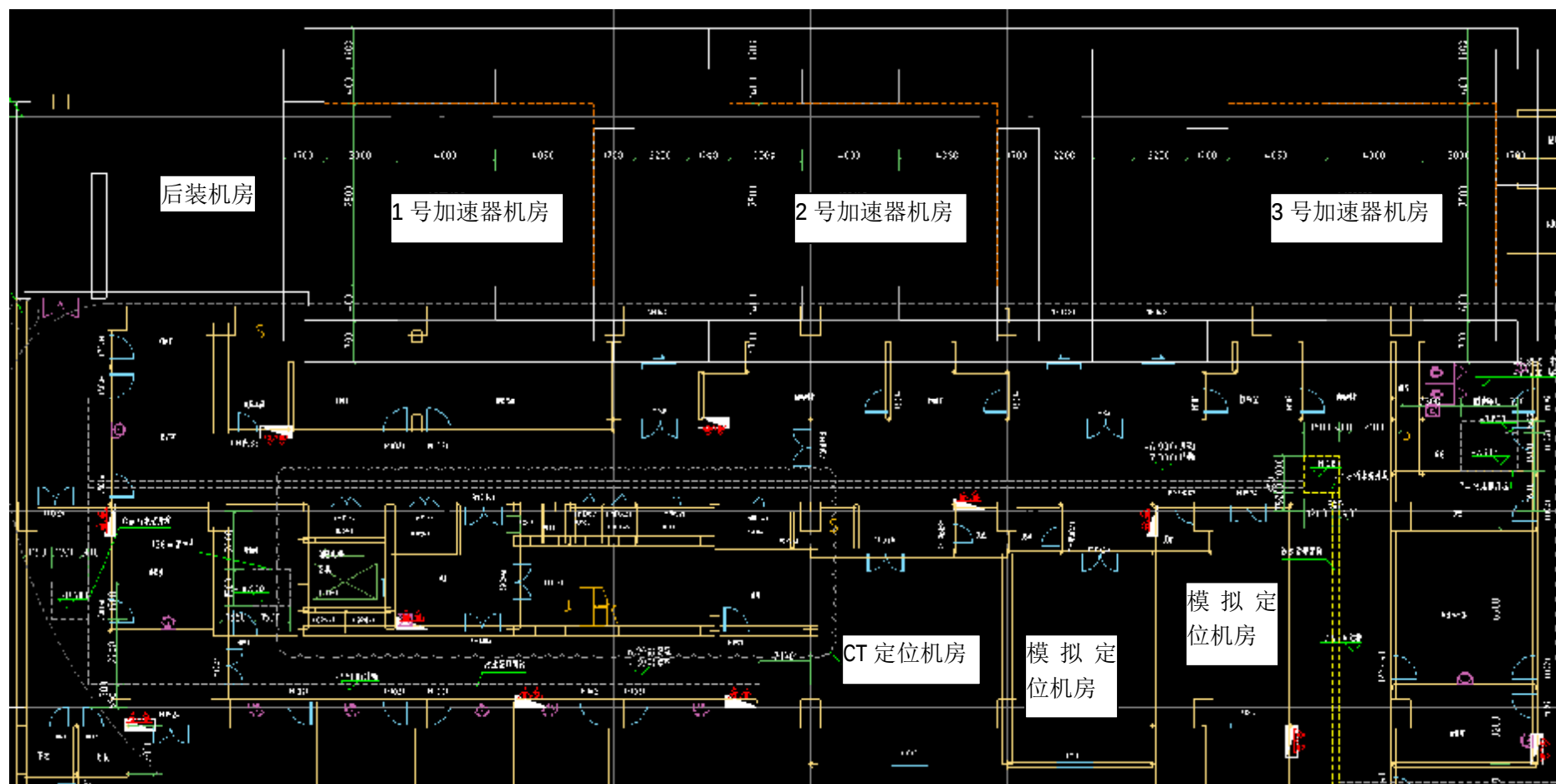
附图 2 PET-CT 平面布置图



附图 3 医技楼 1 层 CT 平面图



附图 4 医技楼 2 层 DSA、CT 平面图



附图 5 放疗中心平面布置图



附图 6 地理位置示意图

《湘雅常德医院核技术利用项目环境影响报告表》

专家评审意见

2016年5月9日，湖南省环境保护厅在长沙市主持召开了《湘雅常德医院核技术利用项目环境影响报告表》技术评估会，参加会议的有常德市环境保护局、3位专家（名单附后）组成的技术审查组、核工业二三〇研究所（环评单位）和湘雅常德医院（建设单位）等单位的领导和代表。与会专家和代表听取了建设单位对核技术利用项目的介绍和评价单位对该项目报告表内容的汇报，对报告表进行了认真审查，经充分讨论，形成审查意见如下：

一、项目概况

湘雅常德医院位于柳叶湖管理区沾天湖北环路与金牛路交汇处西南角，规划建筑总面积42.5万m²，分两期建设，第一期工程27万m²，1000张床位，第二期工程15.5万m²，500张床位。医院由门急诊楼，医技楼、1号病房楼、2号病房楼、行政科研办公楼组成，是按照三级甲等医院标准规划建设，及医疗、教学、科研于一体的现代化大型综合医院。

医院建成后，拟设置内科、外科、妇产科、放疗科、儿科、五官科等13个科室，共设有病床1500张，手术室38间，配备共嫩先进的MRI、CT、DR等检测仪器，能满足4500人次日接诊需求，是常德市经投集团精心打造的一项具有重要意义的“健康工程”、“民生工程”。

湘雅常德医院核技术利用涉及的科室有放射科、介入中心、骨科、口腔科、放疗科、核医学科和手术室。

二、医院核技术利用项目情况

医院拟使用射线装置 36 台。主要分布在门急诊楼 1 层、2 层、3 层、4 层、医技楼的 1 层、2 层、4 层和地下室。

表 1 环评设备情况一览表

装置名称	型号	生产厂家	建设方提供拟购置装置主要参数	台数	所在场所		
CT 机	待定	待定	140KV,500mA	7	门急诊楼 (放射科)	1 层	1
						2 层	1
						3 层	1
					医技楼 (放射科)	1 层	2
						2 层	2
DR 机	待定	待定	150kV,800mA	11	门急诊楼 (放射科)	1 层	1
						2 层	2
						3 层	2
					医技楼 (放射科)	2 层	6
CT 定位机	待定	待定	140KV,800mA	1	地下室(放疗科)	地下室	1
模拟定位机	待定	待定	125KV,630mA	2	地下室(放疗科)	地下室	2
直线加速器	待定	待定	能量 15MV	3	地下室(放疗科)	地下室	3
DSA	待定	待定	150kV,1250mA	3	医技楼 (介入中心)	2 层	2
					医技楼(手术室)	4 层	1
乳腺钼靶机	待定	待定	50kV,200mA	2	医技楼 (放射科)	2 层	2
数字胃肠机	待定	待定	150kV,800mA	1	医技楼 (放射科)	2 层	1
全景牙科机	待定	待定	90kV,100mA	1	门急诊楼 (口腔科)	4 层	1
牙片机	待定	待定	80kV,8mA	1	门急诊楼 (口腔科)	4 层	1
骨密度仪	待定	待定	76kV,150mA	1	门急诊楼 (骨科)	2 层	1
PET-CT	待定	待定	140kV,665mA		医技楼 (核医学科)	1 层	1
移动 DR	待定	待定	120kV, 200mA	1	医技楼 (放射科)	2 层	1
质子回旋加速器	待定	待定	11.5MV	1	地下室(核医学科)	地下室	1

医院放疗科拟使用的放射源和放射性核素情况如下：

表 2 医院拟使用的放射源一览表

序号	放射源	活度	类别/数量	所在场所	
1	^{192}Ir	$3.7\times 10^{11}\text{Bq}$	III/1 枚	门急诊楼	地下室
2	^{68}Ge	$5.55\times 10^7\text{Bq}$	V /1 枚	医技楼	1 楼
3	^{137}Cs	$5.55\times 10^7\text{Bq}$	V /1 枚	医技楼	1 楼

表 3 医院拟使用的非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	场所等级	活度	所在场所	
1	^{18}F	乙	$5.5\times 10^{12}\text{Bq}$	医技楼	1 楼

三、对环评报告表的评价

该报告表编制依据的法律、法规、标准和相关文件正确，格式和内容符合国家有关规定的要求，评价目的明确，对环境影响因子识别和评价描述清楚，评价内容比较全面，方法正确，评价结论整体可信，建议基本可行。

四、对环评报告表的修改意见

- 1.补充完善评价适用法规、标准。
- 2.核医学工作场所布局图中的物流、人流、气流组织情况辅以文字描述，并进行合理性评价。
- 3.结合院方提供的就诊工作量情况，进一步核实放射性“三废”产生量。
- 4.潜在照射应急方案和措施应包含有核医学方面的内容。
- 5.专家提出的其他意见。

综上所述，专家组一致认为报告表经修改完善，可上报湖南省环境保护厅审批。

审查专家组：唐耀远 何文鑫 许志勇（执笔）

二〇一六年五月九日

建设项目项目环境影响评价评审会 评审会专家组名单

姓名	单位	职称	签名
谭兆尧	湖南省地质调查局	主任医师	谭兆尧
许志勇	省职业病防治院	副主任医师	许志勇
何文龙	湖南省地质调查局地质研究所 地质研究所	高工	何文龙

项目名称: 湘雅常德医院核技术应用项目

环评文件的修改意见:

专家姓名: 何文强 日期: 20160503

1. 该医院核技术应用现状
只做好辐射安全吸收剂量率
应按(HJ/T 61-2001)的规定做好辐射监测。
2. 监测计划太粗了。
应按不同设施设置监测计划类别, 监测对象, 监测内容
监测频率, 监测的地点。
3. 外区有溪, 应细化核算。
4. 居住核算, 考虑地及防护距离。
5. 高估估算参数应注明出处。
6. 合成室及人员剂量核算。
7. 对X射线屏蔽设计取值为200kV的同方值不妥。
8. 集气排风最好核算臭氧浓度, 同时控制吸
尘及通风量是列名称。
9. 为控制室设置需补充及完善。

项目名称:

常德市医院污水处理项目

环评文件的修改意见:

专家姓名:

日期: 2016.5.9

报告编制目的明确, 规范, 符合国家规范。环评文件可信, 对意见具有可操作性。

应修改:

1. 补. 地理位置图;
2. 评价范围应列明; 环评范围应明确;
3. 各防护距离应明确, 应尽快落实; 环评要求;
4. P29. 监测计划要注明“自测”部分 (38台);
5. 补充说明“3区”应明确划分, 提出具体要求; 环评中,
6. 28号中“3区”应明确; 通风应有区别。
7. “环评”中第8条, 应明确, 因为取. CT. CT控制板, 环评中第8条, 应明确, 环评中第8条, 应明确, 环评中第8条, 应明确。
8. 环评中第8条, 应明确, 环评中第8条, 应明确, 环评中第8条, 应明确。