

核技术利用建设项目

深圳禾正医院 核技术利用项目 环境影响报告表 (报批稿)

深圳禾正医院 (盖章)

二〇二〇年六月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

深圳禾正医院 核技术利用项目 环境影响报告表



建设单位名称：深圳禾正医院

建设单位法人代表：郭云洪

通讯地址：深圳市南山区西丽龙苑路

邮政编码：518055

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

评价单位：江西省核工业地质局测试研究中心

联系人：

吴群

联系电话：15979075291

打印编号: 1573531094000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	qx6hqa
建设项目名称	深圳禾正医院核技术利用项目
建设项目类别	50_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类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置)
环境影响评价文件类型	报告表

一、建设单位情况

单位名称 (盖章)	深圳禾正医院
统一社会信用代码	914403007109364959
法定代表人 (签章)	郭云洪
主要负责人 (签字)	王建军
直接负责的主管人员 (签字)	伍建春

二、编制单位情况

单位名称 (盖章)	江西省核工业地质局测试研究中心
统一社会信用代码	12360000858266387A

三、编制人员情况

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
尹海华	10353643509360185	BH012421	尹海华

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
尹海华	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物 (重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH012421	尹海华
吴群	项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议、审批	BH010017	吴群

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人员通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China



姓名: 尹海华
Full Name

性别: 女
Sex

出生年月: 1979.09
Date of Birth

专业类别:
Professional Type

Approval Date
二〇一〇年五月

持证人签名:

Signature of the Bearer

管理号: 10353643509360185
File No.:

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2010年9月28日
Issued on



目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	23
表 3	非密封放射性物质.....	23
表 4	射线装置.....	24
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	25
表 6	评价依据.....	27
表 7	保护目标与评价标准.....	29
表 8	环境质量和辐射现状.....	42
表 9	项目工程分析与源项.....	56
表 10	辐射安全与防护.....	73
表 11	环境影响分析.....	106
表 12	辐射安全管理.....	152
表 13	结论与建议.....	157
表 14	审批.....	160
附件 1	营业执照.....	161
附件 2	核医学科退役环评批复、放射源收贮记录.....	162
附件 3	辐射安全领导小组.....	165
附件 4	辐射安全管理制度.....	166
附件 5	DSA 类比监测报告.....	184
附件 6	DSA 类比个人剂量检测报告.....	190
附件 7	辐射环境监测报告.....	210
附件 8	辐射工作场所退役验收监测.....	236
附件 9	退役方案.....	250
附件 10	深圳龙珠医院停业批复.....	251
附件 11	深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司辐射安全许可证.....	253
附件 12	深圳市人民医院临时核医学科改建前后图纸.....	261
附件 13	修改清单.....	264
建设项目环评审批基础信息表		

修改说明

根据专家评审组对本报告表进行评审提出的各条意见，对环评报告修改如下：

序号	专家意见	修改说明	所在页
1	完善核医学科人流、物流通道描述。	补充了核医学科物流通道描述，完善了人流通道描述。	P94、P97-P98
2	完善放射性“三废”排放的环保措施。	完善了核医学科放射性“三废”排放的环保措施描述，完善了相关理论估算。	P91、P104、P144
3	核实放疗机房屏蔽设计。	核对了放疗机房屏蔽设计，直线加速器机房1主屏蔽区墙体为重晶石混凝土，直线加速器机房2南侧主屏蔽墙为普通混凝土，具体完善了相关理论估算。	P79，P113-P128
4	细化环境监测计划和管理制度。	细化了环境监测计划和管理制度，完善了相关附件。	P153，附件4
5	完善医院内原有非密封源工作场所退役情况回顾，补充退役监测方案。	补充了原深圳龙珠医院内原有非密封源工作场所退役及监测情况，补充了退役监测方案。	P2-P7、附件9

表 1 项目基本情况

建设项目名称		深圳禾正医院核技术利用项目			
建设单位		深圳禾正医院			
法人代表	郭云洪	联系人	■■■■	联系电话	■■■■■■■■■■
注册地址		深圳市南山区西丽龙苑路			
项目建设地点		深圳市南山区西丽龙苑路医技综合楼一楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		15000	环保投资 (万元)	800	投资比例 5.3%
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	/			
	1. 核技术利用项目情况 深圳禾正医院是由深圳合正控股集团 2017 年收购重组原深圳龙珠医院和深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司后，按照三级甲等医院标准重新设计、更新、改造、建设、运营的中外合作医疗机构，拥有世界一流的医学诊疗设备、医学中心、肿瘤中心、康复中心、医养设施及高端医疗护理人员的大型综合性医院。 深圳禾正医院位于深圳市南山区西丽龙苑路，医院在医技综合楼一楼建设放疗科、放射科及核医学科。在医技综合楼一楼放疗科使用医用电子直线加速器 2 台；¹⁹²Ir 后装治疗机 1 台，含 ¹⁹²Ir 密封放射源 1 枚；配套使用 CT 模拟定位机 1 台。在医技综合楼一楼放射科使用 DR 机 4 台，乳腺钼靶机、CT 机、数字减影血管造影仪（以下简称 DSA）各 1 台。在医技综合楼一楼核医学科使用非密封放射性物质 ¹³¹I、^{99m}Tc、¹⁸F，工作场所属于乙级非密封源工作场所，显像设备包括 PET/CT、PET/MR 及 SPECT/CT 各 1 台，配备 3 枚 ⁶⁸Ge 校准源用于 PET 设备日常校准。 本评价项目的具体内容如下： 1.1 本项目机房原有功能情况 本项目工作场所用房均依托原深圳龙珠医院现有用房，并对原有机房进行部分改造和重				

新装饰。原深圳龙珠医院内使用放射性同位素与射线装置的单位包括原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司及深圳市人民医院。相关使用情况如下：

(1) 原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司环评及验收情况

原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司许可使用 1 台放射治疗仪（实际为跑道式电子回旋加速器系统），2 台直线加速器，8 台 X 射线装置，1 台 CT 机，1 台回旋加速器和 1 台 PET/CT，配备 1 枚 PET/CT 设备校准的 ^{68}Ge 放射源（V 类放射源）、使用乙级非密封放射性物质工作场所。

2005 年 12 月，深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司委托原广东省环境辐射研究监测中心编制了《深圳市龙珠医疗科技研发中心有限公司医用辐射项目环境影响报告书》（编号：05HP417）。

2006 年 4 月 14 日，该项目获得原深圳市环境保护局《关于<深圳龙珠医院、深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司建设项目环境影响报告书>（修订稿）的批复》（深环批函[2006]232 号）。

2006 年 6 月 6 日，该项目获得原广东省环保局《关于深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司医用辐射项目环境影响报告书审批意见的函》（粤环审[2006]843 号）。

2011 年 6 月 13 日，深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司已获得原广东省环境保护厅颁发的辐射安全许可证，证号：粤环辐证[00010]号。2016 年 7 月，深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司委托广东省环境辐射监测中心对其所有的核技术利用项目进行验收监测，已许可的 14 台设备中 3 台射线装置未购置、7 台设备已停用，具体项目变更情况见表 1-1。

2017 年该项目取得《广东省环境保护厅关于深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司核技术利用项目竣工环境保护验收意见的函》（粤环审[2017]546 号）。核技术利用项目验收内容为：使用 1 台电子直线加速器用于放射治疗（X 射线能量为 10 兆伏，属 II 类射线装置），同时使用 1 台 DR 机、1 台胃肠机用于放射诊断（均属 III 类射线装置）；PET 中心使用 1 台 PET-CT 机（属 III 类射线装置），同时使用放射性核素氟-18 用于放射诊断（属乙级非密封放射性物质工作场所）。

深圳龙珠医院于 2016 年 12 月 20 日至 2017 年 12 月 19 日停止营业（停业批复见附件 10），龙珠医院于 2016 年停业至被深圳合正控股集团合并收购（2017 年 12 月）期间，除深圳市人民医院租用场所及设备仍处在正常使用状态外，其它的普放区域及 PET/CT 场所均已停业封闭，也未购置新的射线装置。

表 1-1 深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司许可设备环评及验收情况

序号	设备名称	型号	环评情况	验收情况	变更情况	许可情况
1	跑道式电子回旋加速器系统	MM50	原广东省环境保护局粤环函[2006]843号	/	停用	已上证 (放射治疗仪)
2	全数字化直线加速器	Synergy		粤环审[2017]546号	使用	已上证
3	直线加速器	Primatom		/	停用	已上证
4	回旋加速器	PEIT-trace		/	停用	已上证
5	正电子发射计算机断层扫描仪	Discovery		粤环审[2017]546号	使用	已上证
6	模拟定位机	Mevasim S-27		/	停用	已上证
7	计算机断层扫描仪	CST-7800TC		/	停用	已上证
8	多功能悬吊式 C 臂心血管造影机系统	MH-200/PRO		/	未购置	已上证
9	数字化 X 线透视胃肠肿瘤诊断仪	Shimavision EX quatro		粤环审[2017]546号	使用	已上证
10	数字化 X 线诊断仪	MUX-100J		/	停用	已上证
11	数字化肿瘤 X 线诊断仪	Digitex PRO-RF		/	停用	已上证
12	数字化 X 线介入诊断仪	Angiospeed VPC		/	未购置	已上证
13	直接数字成像设备	Gold Standard DR		粤环审[2017]546号	使用	已上证
14	数字化 X 射线诊断仪	Planmed Sophie Classic		/	未购置	已上证

表 1-2 深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司密封源许可、环评、验收及退役情况

序号	核素名称	放射性活度 (Bq) 及枚数	类别	环评情况	验收情况	许可情况
1	^{68}Ge	$2.96 \times 10^7 \text{Bq} \times 1$ 枚	V类	原广东省环境保护局粤环函[2006]843号	/	已上证

表 1-3 深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司非密封源许可、环评及验收情况

序号	日等效最大操作量 (Bq)	年用量 (Bq)	活动种类和范围	环评情况	验收情况	备注
1	3.33×10^8	5.33×10^{12}	使用 乙级非密封源工作场所	原广东省环境保护局粤环函[2006]843号	粤环审[2017]546号	已上证

(2) 深圳市人民医院环评及验收情况

深圳市人民医院核医学科因原 5 号楼要拆除重建内科综合大楼，而深圳市人民医院院内无工作场所能满足核医学科使用，故深圳市人民医院在深圳市内租用场所供内科综合大楼重建期间核医学科临时过渡使用。经深圳市人民医院多方比较，最终选择位于深圳市南山区龙苑路 16 号的深圳市龙珠医院门诊楼一层的工作场所，深圳市人民医院租用了深圳市龙珠医院一层的部分工作场所作为核医学科临时工作场所（不包括原深圳龙珠医疗科技研发中心有

限公司 PET-CT 工作场所)。其中,对控制室、休息二室、休息三室进行了改建,将部分控制室改为了 SPECT 控制室、SPECT 登记室,将部分休息二室改为了 SPECT 卫生通过间,将休息三室改为注射后休息室、病人卫生间、分装注射室、污物废源室。深圳市人民医院核医学科临时工作场所最终用房包括 1 间 ECT 机房、登记室、控制室、SPECT 卫生通过间、分装注射室、注射后休息室、病人卫生间及过道等,改建前后图纸见附件 12。2015 年,深圳市人民医院委托广东核力工程勘察院对深圳市人民医院龙珠院区临时核医学科编制了《核技术应用项目环境影响报告表》(GDHL-HP-15-C151),龙珠院区临时核医学科拟使用 ^{99m}Tc 和 ^{131}I 用于核素显像、甲亢治疗,属于乙级非密封源工作场所,同时在核医学科使用 1 台 III 类射线装置(SPECT/CT),设置衰变池。

2016 年 2 月 5 日,该项目获得广东省环境保护厅《关于深圳市人民医院核技术应用扩建项目环境影响报告表的批复》(粤环审【2016】97 号),2017 年 5 月 23 日,获得广东省环境保护厅颁发的辐射安全许可证(证书编号:粤环辐证【00740】)。

2017 年 2 月,深圳市人民医院委托广东省环境辐射监测中心对其核技术应用项目进行验收监测,验收内容包括院本部使用 2 台 II 类射线装置(数字减影血管造影机,其中 1 台配备 CT 系统)、 ^{125}I 粒子植入工作场所 1 处(使用 ^{125}I 粒子源);龙珠院区使用 1 台 III 类射线装置(SPECT/CT),核医学科临时工作场所 1 处(使用核素 ^{99m}Tc 、 ^{131}I)。2017 年 9 月取得了验收批复(粤环审[2017]533 号)。

(3) 场所退役及终态监测情况

①原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司

深圳合正控股集团(为深圳禾正医院母公司)于 2017 年 12 月将深圳龙珠医院及深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司合并收购,深圳禾正医院接手时,原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司已将部分放射诊疗设备进行了处理。深圳禾正医院从原深圳龙珠医院及深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司交接的内容为在原龙珠医院使用的 PET 非密封源工作场所(包括 PET 机房、控制室、设备间、准备室、注射室、注射休息室、检查后休息室、过道等)、深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司部分放射诊疗设备、1 枚 PET/CT 设备校准的 ^{68}Ge 放射源(V 类放射源)。其中, ^{68}Ge 放射源已送贮并已备案。深圳禾正医院接手原深圳龙珠医院后,对其设备进行了清查,发现原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司 2016 年竣工环保验收时其部分型号错误。许可使用的 14 台射线装置设备处理情况见表 1-4。

表 1-4 原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司许可使用已购置设备处理情况

序号	设备名称	验收报告上型号	实际型号	去向
1	跑道式电子回旋加速器系统	MM50	MM50	广州亿仁医院
2	全数字化直线加速器	Synergy	Synergy	深圳市人民医院
3	直线加速器	Primatom	Precise	深圳市科普瑞医疗科技有限公司
4	回旋加速器	PET-trace	PET TRACE Radiotracer	广东康得瑞供应链管理有限公司
5	正电子发射计算机断层扫描仪	Discovery	Discovery ST 16	广东康得瑞供应链管理有限公司
6	模拟定位机	Mevasim S-27	HK502-1	深圳市科普瑞医疗科技有限公司
7	计算机断层扫描仪	CST-7800TC	SFC-5B	深圳市科普瑞医疗科技有限公司
8	数字化 X 线透视胃肠肿瘤诊断仪	Shimavision EX quatro	100SF	深圳市科普瑞医疗科技有限公司
9	数字化 X 线诊断仪	MUX-100J	MUX-100	深圳市科普瑞医疗科技有限公司
10	数字化肿瘤 X 线诊断仪	Digitex PRO-RF	HKE5WL-V	深圳市科普瑞医疗科技有限公司
11	直接数字成像设备	Gold Standard DR	AXIOM Aristos VXPIUS	深圳市科普瑞医疗科技有限公司
12	多功能悬吊式 C 臂心血管造影机系统	MH-200/PRO	/	未购置
13	数字化 X 线介入诊断仪	Angiospeed VPC	/	未购置
14	数字化 X 射线诊断仪	Planmed Sophie Classic	/	未购置

继续使用原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司射线装置的单位应编制核技术利用报告表（II 类射线装置）或进行环境影响备案，取得环评批复或备案回执、办理辐射安全许可证后方可使用，并依法履行其他相关环保手续。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年修正），对于制备 PET 用放射性物质的、乙级非密封放射性物质工作场所的核技术利用项目退役应该编制核技术利用项目环境影响报告表，原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司使用的 PET-CT 非密封源工作场所和回旋加速器场地退役应编制核技术利用项目环境影响报告表，并进行退役验收合格，方可开放使用。

深圳龙珠医院 PET 工作场所使用的非密封放射性物质为 ^{18}F ，许可使用的日等效最大操作量为 $1.7 \times 10^9 \text{Bq}$ ，半衰期较短（109.8min），十个半衰期的时间约 18.3h，经 24h 衰变后，

当日买入的 ^{18}F 核素量衰减为零（不考虑给患者注射药物）。深圳龙珠医院停业至深圳禾正医院对该 PET 工作场所进行作业的时间足以使 ^{18}F 衰减为零，故深圳禾正医院对该 PET 工作场所进行拆除作业期间， ^{18}F 对工作人员的影响可忽略不计。2018 年委托深圳市瑞达检测技术有限公司对原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司的 PET 非密封源工作场所进行了监测（见附件 8），由监测结果可知，PET 非密封源工作场所的 γ 辐射剂量率与本底相当， β 表面沾污水平未检出；2020 年 3 月委托深圳市瑞达检测技术有限公司对原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司的回旋加速器工作场所进行了监测（见附件 8），由监测结果可知，回旋加速器工作场所的 γ 辐射剂量率与本底相当。

由本项目工作场所辐射环境现状监测报告（穗协测（2019）第 076 号）可知，原有的肿瘤立体定向放射治疗仪机房（本项目直线加速器机房 1）、全数字化直线加速器机房（本项目直线加速器机房 2）、直线加速器机房（本项目为后装治疗机机房）的 γ 辐射剂量率与医院内其他场所的监测结果相当。上述相关场所的退役不属于本项目内容。

②深圳市人民医院

2018 年 9 月，深圳市人民医院委托广东智环创新环境科技有限公司对其位于深圳市龙珠医院门诊楼一层的临时核医学科辐射工作场所将实施退役，编制了《深圳市人民医院核医学科辐射工作场所退役项目环境影响报告表》（17FSHP052），取得了环评批复（粤环审[2018]438 号，附件 2）。2018 年 12 月，委托广东智环创新环境科技有限公司对该退役工作场所编制了《核医学科辐射工作场所退役项目竣工环境保护验收监测报告表》（18DLFSYS024，附件 8），进行了自主验收，该验收监测报告表认为“深圳市人民医院将位于深圳市龙珠医院门诊楼一层深圳市人民医院使用的核医学科乙级非密封放射性物质工作场所实施退役，退役后开放为普通工作场所使用，该核技术利用退役项目通过竣工环保验收。”。深圳市人民医院租用的深圳市龙珠医院核医学科衰变池未改作其它用途，荒置于地下一层。

（4）本项目机房现有功能及原有功能情况

本项目机房及原有功能情况如下：

表 1-5 本项目机房现有功能及原有功能情况一览表

序号	现有机房功能（本项目）	原有机房功能（退役前）
1	直线加速器机房 1 (X 射线 $\leq 10\text{MV}$)	跑道式电子回旋加速器系统（电子束 $\leq 50\text{MeV}$ ）
2	直线加速器机房 2 (X 射线 $\leq 10\text{MV}$)	全数字化直线加速器（18MeV）
3	后装治疗机	直线加速器（6MeV）
4	场所已封闭	回旋加速器

5	核医学科	乙级非密封源工作场所(PET、SPECT/CT工作场所)
6	CT 模拟定位机	模拟定位机
7	CT 机房	CT
8	DR 机房 1	数字化 X 线肠胃诊断仪
9	DR 机房 2	数字化 X 线诊断仪
10	DR 机房 3	数字化肿瘤 X 线诊断仪
11	DR 机房 4	直接数字成像设备
12	DSA	DSA
13	乳腺钼靶机房	数字化 X 射线诊断仪

1.2 放疗科

医院在医技综合楼一楼放疗科设有直线加速器机房 2 间，新增直线加速器 2 台，属Ⅱ类医用射线装置。直线加速器 X 射线能量为 6/10MV，电子线能量≤22MeV。X 射线能量为 6MV 时，等中心点处的最大剂量率为 14Gy/min；X 射线能量为 10MV 时等中心点处的最大剂量率为 6Gy/min。

医院在医技综合楼一楼放疗科设有后装治疗机机房 1 间，使用 ^{192}Ir 后装治疗机 1 台，含 ^{192}Ir 放射源 1 枚，最大装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于Ⅲ类密封源。

医院在医技综合楼一楼放疗科设有 CT 模拟定位机机房 1 间，使用 CT 模拟定位机 1 台，CT 模拟定位机管电压≤140kV，管电流≤800mA，属Ⅲ类医用射线装置。

本项目在直线加速器机房 1 的北墙、南墙的主屏蔽墙西侧增加厚 30cm、宽 60cm 的重晶石混凝土，在顶棚主屏蔽墙西侧增加厚 40cm、宽 60cm 的重晶石混凝土。在直线加速器机房 2 南墙主屏蔽区增加 4cm 厚的铅板，在顶棚主屏蔽方向增加厚 70cm、宽 390cm 的重晶石混凝土，在顶棚次屏蔽区增加厚 30cm 普通混凝土。后装治疗机、CT 模拟定位机机房屏蔽墙体厚度不变。

1.3 放射科

在医技综合楼一楼放射科建设有 DR 机房 4 间，乳腺钼靶机、CT 及 DSA 机房各 1 间。使用 DR 机 4 台，管电压≤150kV，管电流≤1000mA；乳腺钼靶机 1 台，管电压≤150kV，管电流≤200mA；CT 机 1 台，管电压≤140kV，管电流≤1000mA；DSA 机 1 台，管电压≤125kV，管电流≤1250mA。DR、乳腺钼靶机、CT 为Ⅲ类射线装置，DSA 属Ⅱ类射线装置。

本项目 DR 机房（4 间）、乳腺钼靶机机房（1 间）及 DSA 机房（1 间）保持原机房屏蔽墙体不变。对原 CT 机房进行改造，拆除 CT 机房西墙，扩大 CT 机房面积，重建西墙，北墙、南墙向西延伸，与西墙搭接。

1.4 核医学科

医院医技综合楼一楼核医学科使用非密封放射性物质 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F ，工作场所为乙级非密封源工作场所。

在核医学科使用 SPECT/CT 一台，用于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 显像，管电压 $\leq 140\text{kV}$ ，管电流 $\leq 600\text{mA}$ ，为Ⅲ类医用射线装置。

在核医学科使用 PET/CT 及 PET/MR 各一台，用于核素 ^{18}F 的显像。其中 PET/MR 不属于 X 射线装置；PET/CT 管电压 $\leq 140\text{kV}$ 、管电流 $\leq 600\text{mA}$ ，为Ⅲ类医用射线装置。

医院使用 3 枚 ^{68}Ge 校准源，其中 1 枚用于 PET/CT 设备的日常校准，源活度为 $1.11 \times 10^8 \text{Bq}$ ，存放在 PET/CT 机房保险柜内；另外 2 枚用于 PET/MR 设备的日常校准，源活度为 $5.55 \times 10^7 \text{Bq}$ 枚，存放在 PET/MR 机房保险柜内。 ^{68}Ge 校准源均为 V 类密封源。

^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物均由药物供应商根据医院给定的每人份药量分装好后送至核医学科分装室，核医学科工作人员负责给药； ^{18}F 由药物供应商按医院给定的单次总药量送药，医院再根据患者用量进行药物分装和给药等操作。医院购买药物时，应对药物供应商资格进行审核，供应商资质至少包括销售非密封源的辐射安全许可证。本项目未使用的多余的外购药物储存在铅药罐内，暂存于核医学科通风柜内，待药物供应商回收处理。

核医学科 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像患者每人次产生废水 12L/次， ^{131}I 显像患者服药 24h 后开始进行显像，在核医学科期间，一般不产生放射性废水。核医学科辐射工作人员每天清洗产生废水 100L/天，年工作天数 250 天。

医院核医学科工作场所设有独立交替使用的放射性废液衰变池用于收集 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物使用过程中所产生的放射性废水，放射性废液衰变池位于医技综合楼负一楼地表表面。

本项目放射性同位素与射线装置情况见表 1-6~表 1-8，非密封源使用情况见表 1-9。

表 1-6 本项目密封源一览表

序号	核素名称	放射性活度 (Bq) 及枚数	用途	使用场所	活动种类和范围
1	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11} \text{Bq} \times 1$ 枚	治疗	医技综合楼一楼放疗科后装治疗机机	使用Ⅲ类放射源
2	^{68}Ge	$1.11 \times 10^8 \text{Bq} \times 1$ 枚	PET/CT 校准源	PET/CT 机房保险柜内	使用 V 类放射源
		$5.55 \times 10^7 \text{Bq} \times 2$ 枚	PET/MR 校准源	PET/MR 机房保险柜内	使用 V 类放射源

表 1-7 本项目 X 射线装置一览表

序号	设备名称	数量 (台)	型号	管电压、管电流	类别	项目 性质	应用目的 和任务	设备拟安 装位置
1	医用电子直线加速器	1	/	X 射线: 6/10MV 电子线: $\leq 22\text{MeV}$	II类	新建	放射治疗	医技综合 楼一楼放 疗科
2	医用电子直线加速器	1	/	X 射线: 6/10MV 电子线: $\leq 22\text{MeV}$	II类	新建	放射治疗	
3	CT 模拟定位机	1	/	$\leq 140\text{kV}$, $\leq 800\text{mA}$	III类	新建	放射诊断	
4	DR	4	/	$\leq 150\text{kV}$, $\leq 1000\text{mA}$	III类	新建	放射诊断	医技综合 楼一楼放 射科
5	乳腺钼靶机	1	/	$\leq 150\text{kV}$, $\leq 200\text{mA}$	III类	新建	放射诊断	
6	CT	1	/	$\leq 140\text{kV}$, $\leq 1000\text{mA}$	III类	新建	放射诊断	
7	DSA	1	/	$\leq 125\text{kV}$, $\leq 1250\text{mA}$	II类	新建	介入治疗	医技综合 楼一楼核 医学科
8	SPECT/CT	1	/	$\leq 140\text{kV}$, $\leq 600\text{mA}$	III类	新建	SPECT 显像	
9	PET/CT	1	/	$\leq 140\text{kV}$, $\leq 600\text{mA}$	III类	新建	PET 显像	

表 1-8 本项目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)	年用量 (Bq)	用途	活动种类和范围	备注
1	^{18}F	4.07×10^{10}	4.07×10^7	1.02×10^{13}	PET 显像	使用 乙级非密封源 工作场所	医技综合 楼一 楼核医 学科
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.41×10^{10}	2.41×10^7	6.01×10^{12}	SPECT 显像		
3	^{131}I	7.60×10^8	7.60×10^7	1.90×10^{11}	显像		
^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 日等效最大操作量合计为 $1.408\times10^8\text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所。							

表 1-9 本项目非密封源使用情况一览表

序号	核素名 称	单人最大给药 量 (Bq)	最大日操作 量 (Bq)	日患者人数	年规划天数	主要用途
1	^{18}F	3.7×10^8	4.07×10^{10}	40	250	PET 显像检查
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	7.40×10^8	2.41×10^{10}	20	250	SPECT 显像检查
3	^{131}I	3.70×10^6	1.85×10^7	5	250	一般显像检查
		1.48×10^8	7.4×10^8	5	250	寻找甲状腺癌转移灶 显像检查

1.5 辐射工作人员

医院本项目放疗科新增辐射工作人员 12 人, 核医学科新增辐射工作人员 12 人, DSA 项目新增辐射工作人员 5 人, 放射科新增辐射工作人员 12 人。

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, 本项目医用电子直线加速器、数字减影血管造影仪(DSA)属于II

类射线装置，DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT 及 SPECT/CT 属于Ⅲ类射线装置。

由《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）可知，本项目 ^{192}Ir 放射源属于Ⅲ类放射源， ^{68}Ge 放射源属于Ⅴ类放射源；核医学科非密封源工作场所为乙级非密封源工作场所。

由《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 修正版）可知，深圳禾正医院核技术利用项目应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表，报广东省生态环境厅审批。本报告表针对深圳禾正医院的核技术利用项目进行环境影响评价。

2.工作场所周围环境简介

深圳禾正医院位于深圳市南山区西丽龙苑路，医院北面为森林，南面为龙苑路，西面为龙珠七路，东面为二号路。

本项目直线加速器、后装治疗机、CT 模拟定位机、CT、DR、乳腺钼靶机、DSA 机房及核医学科工作场所均位于医技综合楼一楼。医技综合楼北面为住院楼，南面为医院内绿化带及过道，西面为肿瘤诊疗中心，东面为后勤综合楼。

本项目工作场所距医院西面的深圳龙珠学校 118m，距医院南面的深圳南山国际学校 105m，距医院东面的深圳市医疗卫生专业服务中心 64m，距医院北面森林 94m。

（1）放疗科

直线加速器、后装治疗机、CT 模拟定位机机房成一字型排列，位于医技综合楼一楼西端，机房北面、南面及西面为过道，东面为 CT 模拟定位机操作间，楼上为架空层、样品库等用房，楼下为土层。

直线加速器机房 1 屏蔽体北面为设备间、过道，西面为过道，南面为医生走廊，东面为直线加速器机房 2，楼上为架空层，楼下为土层。直线加速器机房 2 屏蔽体北面为设备间、过道，西面为直线加速器机房 1，南面为医生走廊，东面为后装治疗机机房，楼上为架空层，楼下为土层。直线加速器机房屏蔽体北面 10m 为医技综合楼边界，北面 29m 为住院楼及高压氧舱；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面 26m 为肿瘤诊疗中心，西北面 32m 为老年康体中心；东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。直线加速器机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

后装治疗机机房屏蔽体北面为过道，西面为直线加速器机房 2，南面为医生走廊，东面为 CT 模拟定位机机房，楼上为架空层，楼下为土层。后装治疗机机房屏蔽体北面 14m 为医技综合楼边界，北面 33m 为住院楼及高压氧舱；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医

院绿化带及过道；西面紧邻直线加速器机房，西面 54m 为肿瘤诊疗中心；东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。后装治疗机机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

CT 模拟定位机机房北面为过道，西面为后装治疗机机房，南面为医生走廊，东面为过道、操作间，楼上为样品库，楼下为土层。CT 模拟定位机机房屏蔽体北面 15m 为医技综合楼边界，北面 34m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面紧邻后装治疗机机房，西面 40m 为医技综合楼边界，西面 66m 为肿瘤诊疗中心，西北面 37m 为高压氧仓；东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。CT 模拟定位机机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

（2）放射科

CT 机房屏蔽体北面为过道，南面为控制室，西面为设备机房，东面为等候区，楼上心电、脑电办公室，楼下为耗材存放区。机房屏蔽体北面 8m 为医技综合楼边界，北面 27m 为住院楼；南面 44m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面及东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。CT 机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

DSA 机房北面及南面为过道，西面为 DR 机房，东面为控制室，楼上为生化免疫室，楼下为大厅。机房屏蔽体北面 16m 为医技综合楼边界，北面 35m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面及东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。DSA 机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

放射科 DR 机房及乳腺钼靶机机房北面及南面为过道，西面为登记室、候诊区，东面为过道，楼上为生化免疫室等功能用房，楼下为大厅。机房屏蔽体北面 8m 为医技综合楼边界，北面 27m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面及东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。放射科 DR 及乳腺钼靶机机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

（3）核医学科

核医学科工作场所屏蔽体北面及南面为过道，西面诊室及等候登记区，东面为过道，楼上为生化免疫室，楼下为敷料拆包、打包间等功能用房。核医学科边界屏蔽体北面 8m 为医技综合楼边界，北面 27m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面 50m 范围为医技综合楼办公用房；东面 15m 为医技综合楼边界，东面 26m 为后勤综合楼。核医学科工作场所屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

核医学科衰变池位于医技综合楼负一楼地表，衰变池北面为前室，南面及东面为过道，西面为密闭通道，楼上为核医学科诊室，楼下为土层。

深圳禾正医院位于深圳市南山区西丽龙苑路 3 号，地理位置见图 1-1，医院总平面布置见图 1-2，四至图见图 1-3，现场照片见图 1-4。医技综合楼一楼平面布置见图 1-5，负一楼平面布置图见图 1-6，核医学科排风口位置见图 1-7。

3.选址合理性分析

本项目放疗科、放射科、核医学科的放射性同位素与射线装置工作场所均位于医技综合楼一楼，各机房相对集中，各场所屏蔽体外 50m 均位于医院内，避开了人群聚集点，选址周围无限制性因素，因此本项目选址合理。

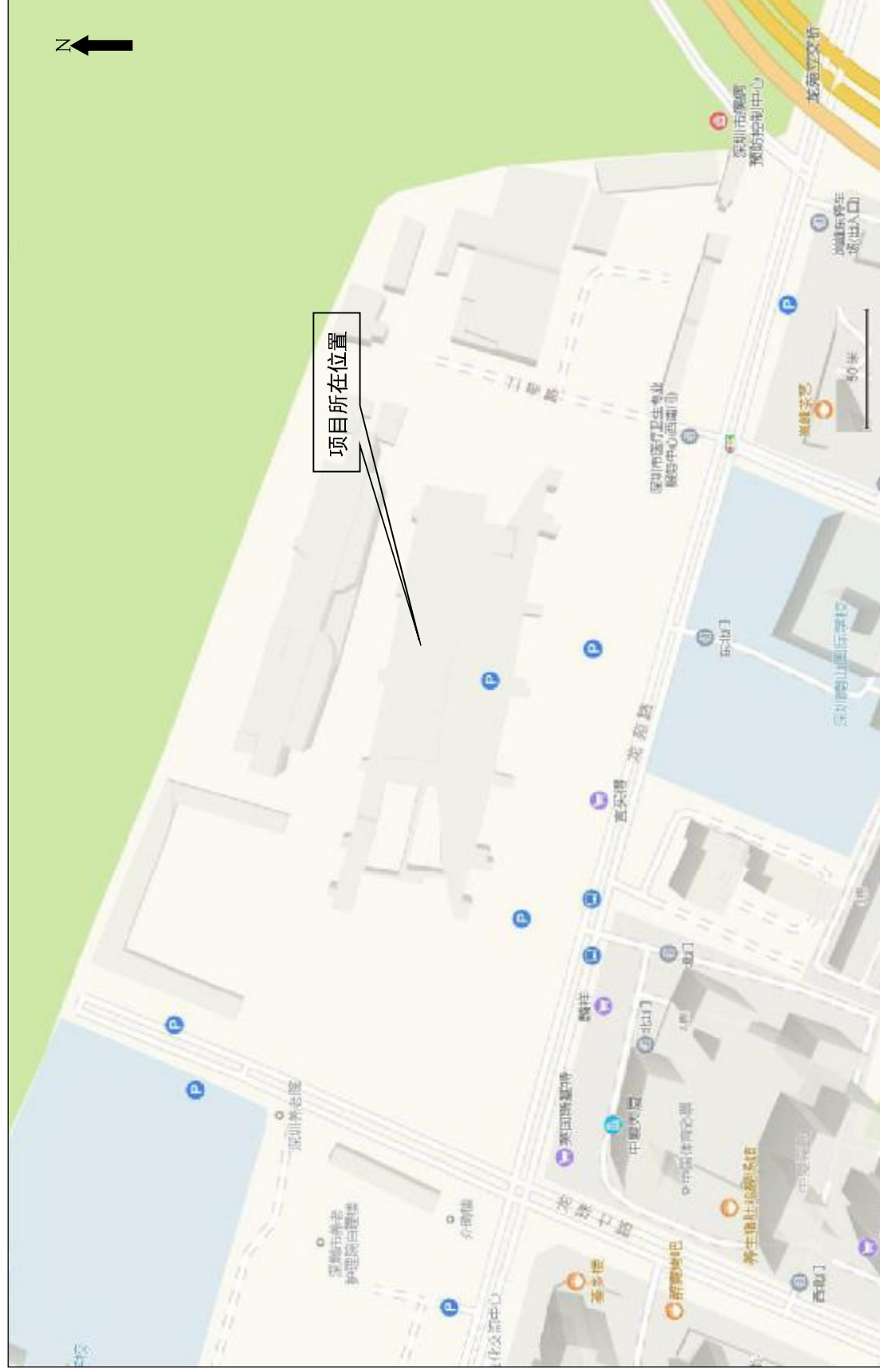


图 1-1 项目地理位置图

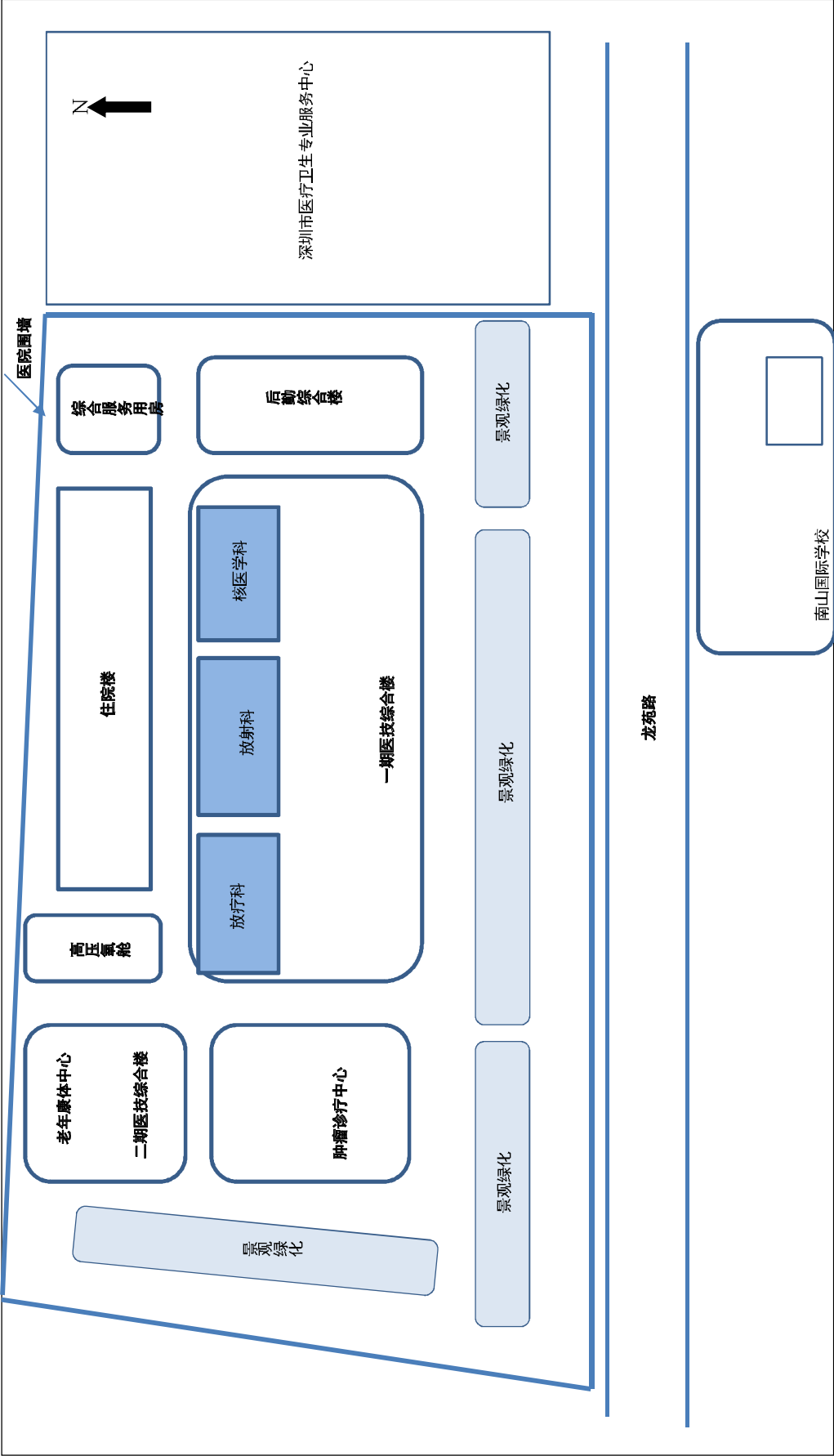
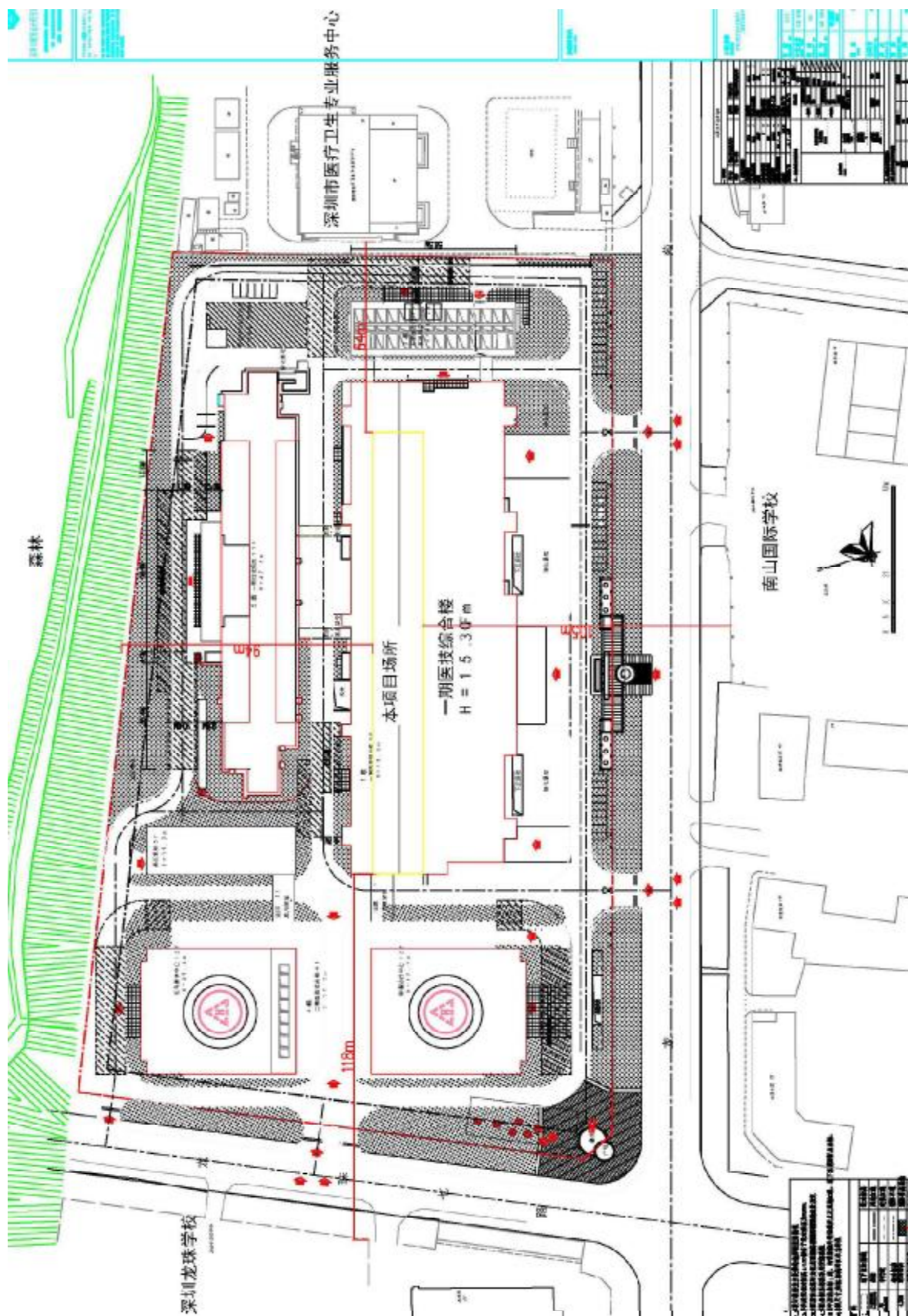


图 1-2 项目总平面布置图



本项目工作场所与医院外环境四至图

图 1-3 项目四至关系图



放射科北面过道



放射科东面过道



放射科公共走廊



放射科楼顶



核医学科北面



核医学科东面



核医学科西面



核医学科顶棚



直线加速器机房北面



直线加速器机房东面



直线加速器机房南面



直线加速器机房顶棚



医院北面山坡



医院南面道路



医院西面道路



医院东面道路

图 1-4 现场照片

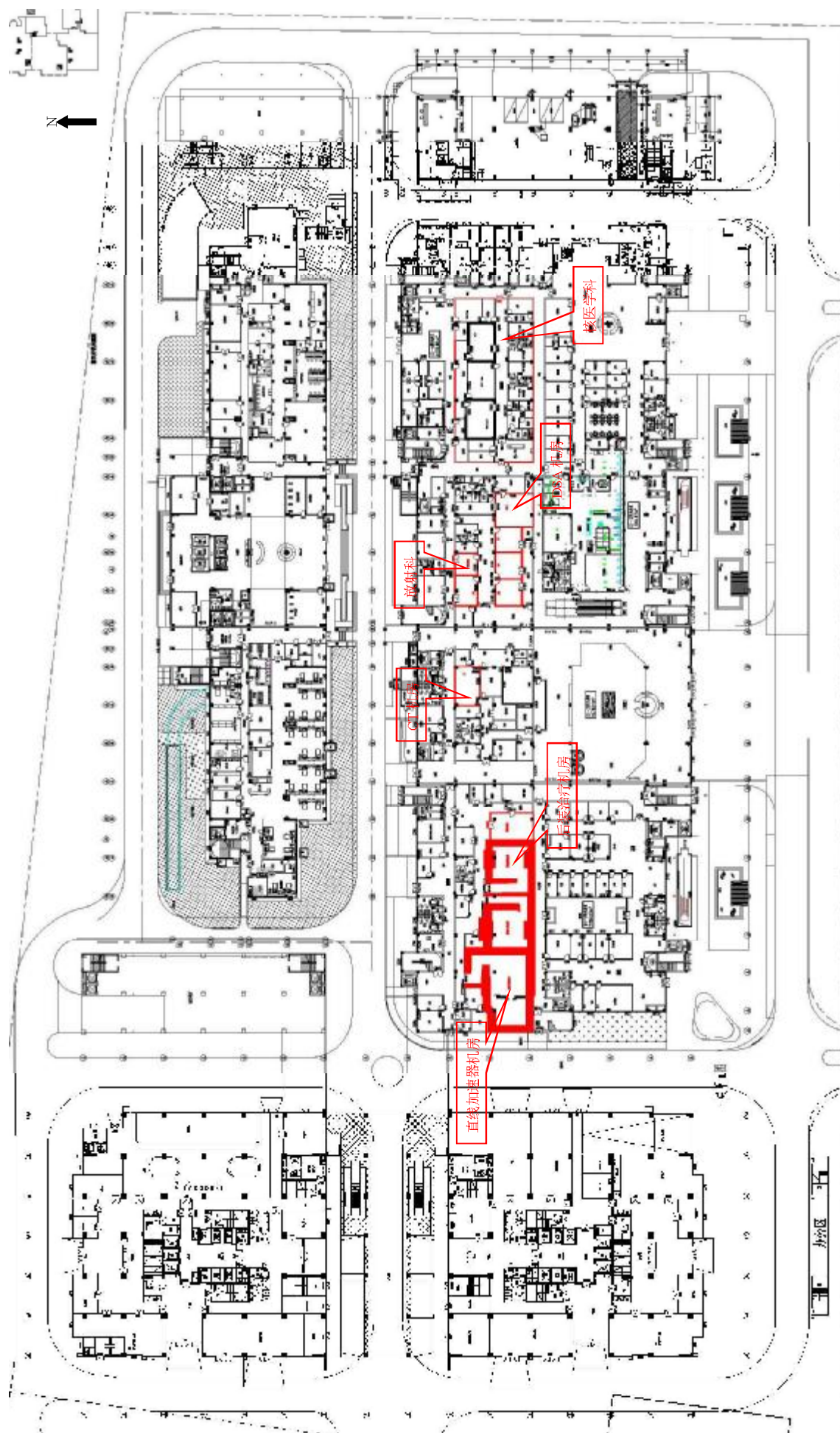


图 1-5 医技综合楼一楼平面布置图

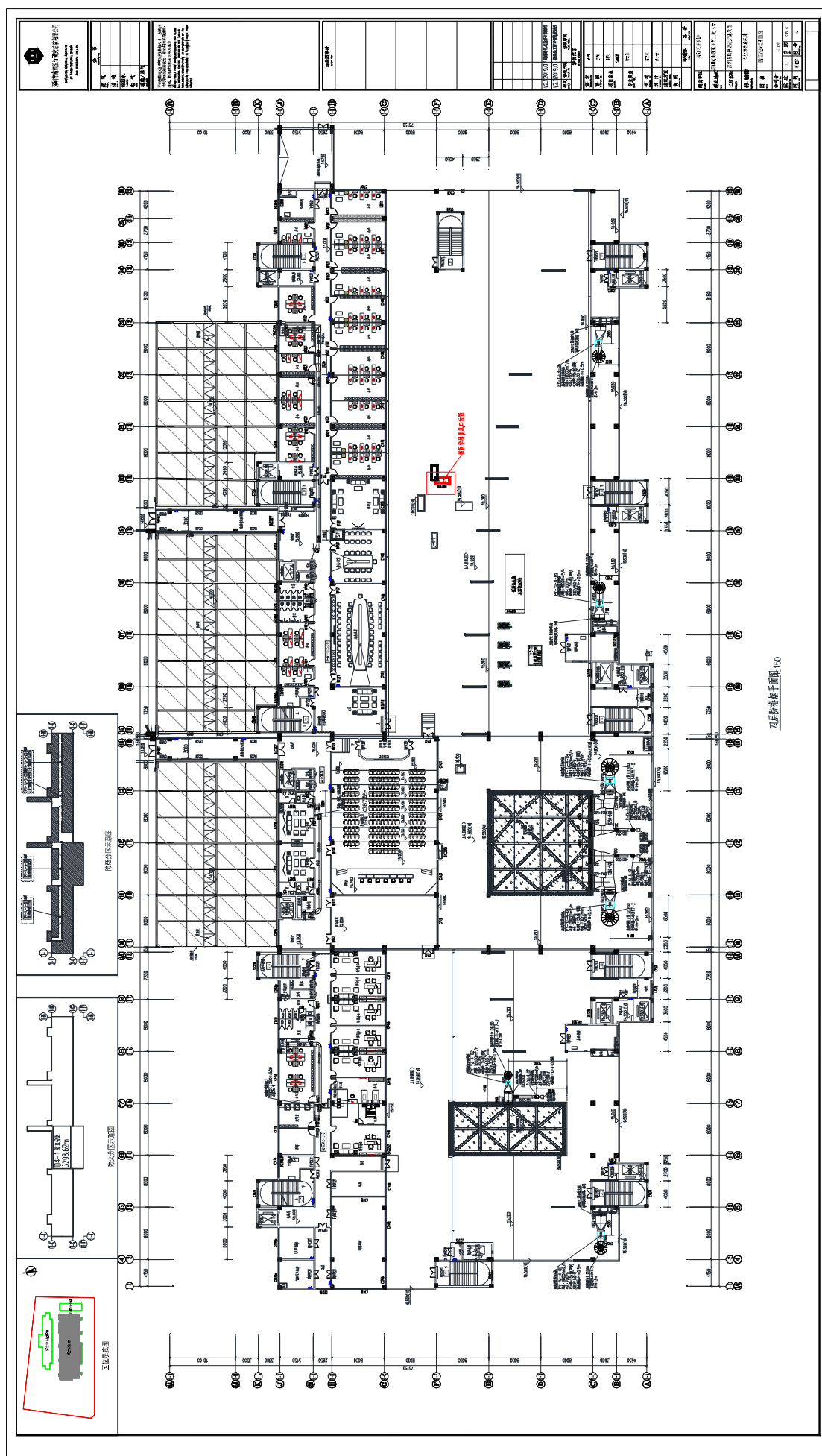


图 1-7 核医学科排风口位置示意图 (医技综合楼四楼)

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	3.7×10 ¹¹ Bq×1 枚	III 类	使用	治疗	医技综合楼一楼放疗科后装治疗机房	屏蔽在后装治疗机内，储存在后装治疗机房内。	/
2	⁶⁸ Ge	1.11×10 ⁸ Bq×1 枚	V 类	使用	PET/CT 校准	医技综合楼一楼核医学科	PET/CT 机房保险柜	/
		总活度 1.11×10 ⁸ Bq (5.55×10 ⁷ Bq×2 枚)	V 类	使用	PET/MR 校准		PET/MR 机房保险柜	/

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	液态，半衰期 109.77min，低毒	使用	4.07×10 ¹⁰	4.07×10 ⁷	1.02×10 ¹³	PET 显像检查	很简单的操作	医技综合楼一楼核医学科	核医学科分装室通风柜
2	^{99m} Tc	液态，半衰期 6.02h，低毒	使用	2.41×10 ¹⁰	2.41×10 ⁷	6.01×10 ¹²	SPECT 显像检查	很简单的操作		核医学科分装室通风柜
3	¹³¹ I	液态，半衰期 8.04d，中毒	使用	7.60×10 ⁸	7.60×10 ⁷	1.90×10 ¹¹	显像检查	简单操作		核医学科分装室通风柜

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 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
1	医用电子直线加速器	II类	1	/	电子	X射线: 6/10MV 电子线: ≤22MeV	6MV: 14Gy/min 10MV: 6Gy/min	治疗	医技综合楼 一楼放疗科	/
2	医用电子直线加速器	II类	1	/	电子	X射线: 6/10MV 电子线: ≤22MeV	6MV: 14Gy/min 10MV: 6Gy/min	治疗	医技综合楼 一楼放疗科	/

(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 活度 (Bq)	贮存方式	数量	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	DR	III类	4	/	≤150	≤1000	放射诊断	医技综合楼一楼放射科	
2	乳腺钼靶机	III类	1	/	≤150	≤200	放射诊断	医技综合楼一楼放射科	
3	CT	III类	1	/	≤140	≤1000	放射诊断	医技综合楼一楼放射科	
4	DSA	II类	1	/	≤125	≤1250	介入治疗	医技综合楼一楼放射科	
5	SPECT/CT	III类	1	/	≤140	≤600	SPECT 影像	医技综合楼一楼核医学科	
6	PET/CT	III类	1	/	≤140	≤600	PET 影像		
7	CT 模拟定位机	III类	1	/	≤140	≤800	模拟定位	医技综合楼一楼放疗科	

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
后装治疗机废旧密封源	固态	^{192}Ir	小于 2Ci	/	年更换放射源 2~3 次, 由生产厂家更换	/	/	交生产厂家回收
核医学科废旧密封源	固态	^{68}Ge	/	/	/	/	/	交生产厂家回收
废弃直线加速器靶	固体	/	/	/	/	/	/	交生产厂家回收

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^3 ；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^3 ）和活度（ Bq ）。

续表 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 ^{131}I	微量	/	/	少量	正常情况下,服药患者呼出、含放射性固体废物挥发等产生的放射性废气的放射性活度很小。	经排气口活性炭过滤装置高效过滤后,在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 ^{18}F	少量	$\leq 8.97 \times 10^7 \text{Bq}$	$\leq 1.08 \times 10^9 \text{Bq}$	$^{18}\text{F} \leq 5.38 \times 10^7 \text{Bq}$	贮存在放射性废液衰变池中。	在衰变池中经过至少 10 个半衰期以上衰变后,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。
	液态	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	少量	$\leq 2.87 \times 10^8 \text{Bq}$	$\leq 3.44 \times 10^9 \text{Bq}$	$^{99\text{m}}\text{Tc} \leq 1.72 \times 10^8 \text{Bq}$		
放射性固体废物（一次性塑胶手套、注射器、废活性炭等）	固态	^{18}F	少量	/	$^{18}\text{F} \leq 1.67 \times 10^6 \text{Bq}$ （年产生量约 166.67kg）	$\leq 1 \times 10^1 \text{Bq/g}$	固体废物包扎好编好日期后贮存在铅制固体废物桶中。	贮存至少 10 个半衰期以上、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。废活性炭交有资质单位处理。
	固态	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	少量	/	$^{99\text{m}}\text{Tc} \leq 3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ （年产生量约 333.33kg）	$\leq 1 \times 10^2 \text{Bq/g}$		
	固态	^{131}I	少量	/	$^{131}\text{I} \leq 8.33 \times 10^6 \text{Bq}$ （年产生量约 83.33kg）	$\leq 1 \times 10^2 \text{Bq/g}$		

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。
 2. 含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、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

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第九号 2014 年修订) (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第七十七号 2018 年修订) (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) (4) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院第 253 号令, 2017 年修订版) (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号, 2019 年修订) (6) 《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 31 号, 2019 年修订) (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(国家环保部令 18 号) (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令 44 号, 2018 年修正) (9) 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) (10) 《关于发布放射源分类办法的公告》(国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号) (11) 《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)
技术标准	(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) (2) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93) (3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001) (4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) (5) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011) (6) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ 2.1-2007) (7) 《后装γ源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017) (8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007) (9) 《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》(GBZ/T

	201.2-2011) (10) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分: γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014) (11) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013) (12) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T 180-2006) (13) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006) (14) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) (15) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010) (16) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005) (17) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002) (18) 《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》(HJ 421-2008) (19) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2016) (20) 《临床核医学患者防护要求》(WS 533-2017)
其他	《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护局, 1995 年)

表 7 保护目标与评价标准

一、评价范围

本项目为使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，使用Ⅲ类、V类密封源，使用乙级非密封放射性物质工作场所，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外 50m 范围。

二、保护目标

本项目直线加速器、后装治疗机、CT 模拟定位机、CT、DR、乳腺钼靶机、DSA 机房及核医学科工作场所均位于医技综合楼一楼。医技综合楼北面为住院楼，南面为医院内绿化带及过道，西面为肿瘤诊疗中心，东面为后勤综合楼。

（1）放疗科

直线加速器、后装治疗机、CT 模拟定位机机房成一字型排列，位于医技综合楼一楼西端，机房北面、南面及西面为过道，东面为 CT 模拟定位机操作间，楼上为架空层、样品库等用房，楼下为土层。

直线加速器机房 1 屏蔽体北面为设备间、过道，西面为过道，南面为医生走廊，东面为直线加速器机房 2，楼上为架空层，楼下为土层。直线加速器机房 2 屏蔽体北面为设备间、过道，西面为直线加速器机房 1，南面为医生走廊，东面为后装治疗机机房，楼上为架空层，楼下为土层。直线加速器机房屏蔽体北面 10m 为医技综合楼边界，北面 29m 为住院楼及高压氧舱；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面 26m 为肿瘤诊疗中心，西北面 32m 为老年康体中心；东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。直线加速器机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

后装治疗机机房屏蔽体北面为过道，西面为直线加速器机房 2，南面为医生走廊，东面为 CT 模拟定位机机房，楼上为架空层，楼下为土层。后装治疗机机房屏蔽体北面 14m 为医技综合楼边界，北面 33m 为住院楼及高压氧舱；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面紧邻直线加速器机房，西面 54m 为肿瘤诊疗中心；东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。后装治疗机机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

CT 模拟定位机机房北面为过道，西面为后装治疗机机房，南面为医生走廊，东面为过道、操作间，楼上为样品库，楼下为土层。CT 模拟定位机机房屏蔽体北面 15m 为医技综合楼边界，北面 34m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面紧邻后装治疗机机房，西面 40m 为医技综合楼边界，西面 66m 为肿瘤诊疗中心，西北

面 37m 为高压氧仓；东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。CT 模拟定位机机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

（2）放射科

CT 机房屏蔽体北面为过道，南面为控制室，西面为设备机房，东面为等候区，楼上心电、脑电办公室，楼下为耗材存放区。机房屏蔽体北面 8m 为医技综合楼边界，北面 27m 为住院楼；南面 44m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面及东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。CT 机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

DSA 机房北面及南面为过道，西面为 DR 机房，东面为控制室，楼上为生化免疫室，楼下为大厅。机房屏蔽体北面 16m 为医技综合楼边界，北面 35m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面及东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。DSA 机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

放射科 DR 机房及乳腺钼靶机机房北面及南面为过道，西面为登记室、候诊区，东面为过道，楼上为生化免疫室等功能用房，楼下为大厅。机房屏蔽体北面 8m 为医技综合楼边界，北面 27m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面及东面 50m 范围为医技综合楼办公用房。放射科 DR 及乳腺钼靶机机房屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

（3）核医学科

核医学科工作场所屏蔽体北面及南面为过道，西面诊室及等候登记区，东面为过道，楼上为生化免疫室，楼下为敷料拆包、打包间等功能用房。核医学科边界屏蔽体北面 8m 为医技综合楼边界，北面 27m 为住院楼；南面 32m 为医技综合楼边界，边界外为医院绿化带及过道；西面 50m 范围为医技综合楼办公用房；东面 15m 为医技综合楼边界，东面 26m 为后勤综合楼。核医学科工作场所屏蔽体外 50m 范围均位于医院内。

核医学科衰变池位于医技综合楼负一楼地表，衰变池北面为前室，南面及东面为过道，西面为密闭通道，楼上为核医学科诊室，楼下为土层。

由医院总平面布置及现场调查可得，本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、各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
直线加速器	职业工作人员	操作人员	北墙外	1m	7 人
	公众成员	医技综合楼二楼诊室及值班室	机房顶棚外架空层楼上	4.5m	6 人
		医技综合楼	紧邻	/	300 人
		住院楼	北面	29m	500 人
		高压氧仓	西北面	29m	10 人
		老年康体中心	西北面	32m	200 人
		肿瘤诊疗中心	西面	26m	80 人
后装治疗机	职业工作人员	操作人员	北墙外	1m	3 人
	公众成员	医技综合楼二楼不上人屋面、仓库	机房顶棚外架空层楼上	4.5m	3 人
		医技综合楼	紧邻	/	300 人
		住院楼	北面	33m	500 人
		高压氧仓	北面	33m	10 人
CT 模拟定位机	职业工作人员	操作人员	东墙外	1m	2 人
	公众成员	医技综合楼二楼样品库	楼上	/	2 人
		医技综合楼	紧邻	/	300 人
		住院楼	北面	34m	500 人
		高压氧仓	西北面	37m	10 人
CT	职业工作人员	控制室操作人员	南墙外	1m	2 人
	公众成员	医技综合楼二楼心电、脑电办公室	楼上	/	4 人
		医技综合楼负一楼耗材存放区	楼下	/	4 人
		医技综合楼	紧邻	/	300 人
		住院楼	北面	27m	500 人
DR、乳腺钼靶机	职业工作人员	操作人员	南墙外	1m	10 人
	公众成员	医技综合楼二楼生化免疫室	楼上	/	15 人
		医技综合楼负一楼大厅	楼下	/	流动人员
		医技综合楼	紧邻	/	300 人
		住院楼	北面	27m	500 人

DSA	职业工作人员	操作人员	东墙外	1m	5 人
	公众成员	医技综合楼二楼生化免疫室	楼上	/	15 人
		医技综合楼负一楼大厅	楼下	/	流动人员
		医技综合楼	紧邻	/	300 人
		住院楼	北面	35m	500 人
核医学科	职业工作人员	操作人员	/	/	12 人
	公众成员	医技综合楼二楼生化免疫室	楼上	/	15 人
		医技综合楼负一楼敷料拆包、打包间等功能用房	楼下	/	20 人
		医技综合楼	紧邻	/	300 人
		住院楼	北面	27m	500 人
		后勤综合楼	东面	26m	50 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 ²)
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	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 ⁻¹
1) 该区内的污染子区除外。		

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 ⁹
乙	2×10 ⁷ -4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上-2×10 ⁷

C2 放射性核素的日等效操作量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 10ALI_{min} (ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者)。

b) 每一次的排放的活度不超过 1 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. 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》 (GBZ/T 201.1-2007)

4.1 屏蔽所考虑的环境条件

4.1.1 治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端。治疗机房的坐落位置应考虑周围环境与场所的人员驻留条件及其可能的改变，并根据相应条件确定所需要的屏蔽。

4.1.2 在设计和评价治疗机房顶屏蔽时，应充分考虑“天空散射辐射”和“侧散射辐射”对治疗机房邻近场所中驻留人员的照射。

4.2 治疗机房布局要求

4.2.1 治疗装置控制室应与治疗机房分离。治疗装置辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗装置分离的，应尽可能设置于治疗机房外。

4.2.2 直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用束可直接照射到的区域。

4.2.3 X射线管治疗装置的治疗机房可不设迷路。γ刀治疗装置的治疗机房，根据场所空间和环境条件、确定是否选用迷路。除此而外，其他治疗机房应设置迷路。

4.2.4 应根据治疗要求给定治疗装置源点的位置（它可能偏离机房的对称中心）或后装治疗源可能应用的源点的位置与范围。

4.3 需要屏蔽的辐射源项目

4.3.1 治疗机房屏蔽的辐射源项包括：初级辐射(有用束)、次级辐射(包括泄漏辐射和散射辐射)，天空散射和侧散射辐射。

4.3.2 有用束可以是 4π 发射的点源或具有一定立体角范围的宽束辐射。有用束屏蔽相关的基本参量包括辐射类型、辐射质和辐射输出量。

4.3.3 宽束辐射有用束对应的机房屏蔽为主屏蔽区，其范围应略大于有用束在机房屏蔽墙（或顶）的投影区，可按下式确定：

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan \theta + 0.3]$$

式中， Y_p ——机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD——源轴距，m；

θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半；

a ——等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

3. 《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》（GBZ/T 201.2-2011）

4.《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）

治疗室的防护要求：

（1）治疗室选址、场所布局和防护设计应满足 GB 18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全。

（2）有用线束直接投照的防护墙（包括顶棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T 201.1 的要求。

（3）在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（4）穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

（5）X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

（6）治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

（7）治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m^2 。

（8）治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

（9）相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的指示灯及辐射标志。

（10）治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

5.《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2007）

工作场所空气中化学物质容许浓度（臭氧）： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；二氧化氮： $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6.《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ 121-2017）

4.2 贮源器

4.2.1 放射源运输贮源器表面应标有放射性核素名称，最大容许装载活度和牢固、醒目的、符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志。

4.2.2 工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $50\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

4.2.3 装载放射源的运输贮源器或工作贮源器，应存放在限制一般人员进入的放射治疗室或专用贮源库内。

5 治疗室的防护要求

5.1 治疗室应与准备室和控制室分开设置。治疗室内有效使用面积应不小于 20m^2 ，应将治疗室设置为控制区，在控制区进出口设立醒目的符合 GB 18871 规定的辐射警告标志，严格控制非相关人员进入控制区；将控制区周围的区域和场所设置为监督区，应定期对这

些区域进行监督和评价。

5.2 治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于4次。

5.3 治疗室入口应采用迷路形式，安装防护门并设置门-机联锁，开门状态不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。治疗室外防护门上方要有工作状态显示。治疗室内适当位置应设置急停开关，按下急停开关应能使放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。

5.4 治疗室防护门应设置手动开门装置。

5.5 在控制室与治疗室之间应设监视与对讲设施，如设置观察窗，其屏蔽效果应与同侧的屏蔽墙相同。

5.6 设备控制台的设置应能使操作者在任何时候都能全面观察到通向治疗室的通道情况。

5.7 应配备辐射监测设备或便携式测量设备，并具有报警功能。

5.8 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则，治疗室屏蔽体外30cm处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过 $2.5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

5.9 在治疗室迷道出、入口处设置固定式辐射剂量检测仪并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

5.10 治疗室内应配有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备。

5.11 治疗室内合适的地方应张贴应急指示。

7.《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）

8.《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 and 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 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机	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
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 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 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） ^a 2.5（较大工作量） ^a	
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 2.5μSv/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 2.5μSv/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
放射诊断学用 X 射线设备隔室透视、摄影	——	——	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
口内牙片摄影	——	——	大领铅橡胶颈套	——
牙科全景体层摄影 口腔 CT	——	——	铅橡胶帽子、大领铅橡胶颈套	——
放射诊断学用 X 射线设备同室透视、摄影	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜	或铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
CT 体层扫描（隔室）	——	——	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	——
床旁摄影	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套	或铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	——
骨科复位等设备旁操作	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套	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	——
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、	——

	铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	帘、床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	阴影屏蔽器具	
--	-------------------	-----------------------	--------	--

注：“——”表示不需要

9. 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）

——CT 机房一般屏蔽要求：

一般工作量下机房屏蔽：16cm 混凝土（密度 2.35t/m³）或 24cm 砖（密度 1.65t/m³）或 2mm 铅当量；

较大工作量下机房屏蔽：20cm 混凝土（密度 2.35t/m³）或 37cm 砖（密度 1.65t/m³）或 2.5mm 铅当量。

10. 《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¹⁾

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

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	⁷⁵ Se、 ⁸⁹ Sr、 ¹²⁵ I、 ¹³¹ I	100
B	¹¹ C、 ¹³ N、 ¹⁵ O、 ¹⁸ F、 ⁵¹ Cr、 ⁶⁷ Ge、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ^{113m} In、 ¹²³ I、 ²⁰¹ Tl	1
C	³ H、 ¹⁴ C、 ^{81m} Kr、 ¹²⁷ Xe、 ¹³³ 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	10

候诊区及诊断病床区	
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¹⁾

场所分类	地面	表面	通风橱 ²⁾	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 ³⁾	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。

11. 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）

5.2 注射或服用过放射性药物的患者排泄物

5.2.1 使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院治疗患者提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。

5.2.4 对可不设置专用厕所和专用化粪池的单位，应为注射或服用放射性药物（如 ^{131}I 、 ^{32}P 等）的住院治疗患者提供具有辐射防护性能的尿液、粪便收集器和呕吐物收集器。收集器内的排泄物在贮存衰变后，经审管部门批准可作免管废物处理。

5.2.5 收集含 ^{131}I 患者排泄物时，应同时加入 NaOH 或 10%KI 溶液后密闭存放处理。

5.2.8 符合下列条件之一的患者排泄物不需要统一管理：

- a) 注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物；
- b) 符合出院条件的患者排泄物；

6 固体废物的管理

6.1 废物收集

6.1.1 按 4.2 放射性废物分类和废物的可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集废物。

6.1.2 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。

6.1.3 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用塑料袋内。

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

6.3 废物处理

6.3.3 未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于 $2 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 时，或废物中的核素一致且活度浓度符合 4.4 或者 4.5 时，可作免管固体废物处理。

附录 B 中 B.1 清洁解控水平推荐值如下：

表 7-11 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

解控水平 (Bq/g)	核素
1×10^3	^{32}P 、 ^{89}Sr
1×10^2	^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I

12. 《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 α 放射性最高允许排放浓度为 1Bq/L ，总 β 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

1.监测内容与点位

为了解此次环评项目所在场所的辐射环境现状，对此次环评项目工作场所及周围环境的环境辐射水平进行检测，测量布点及平面布置见图1~图14。

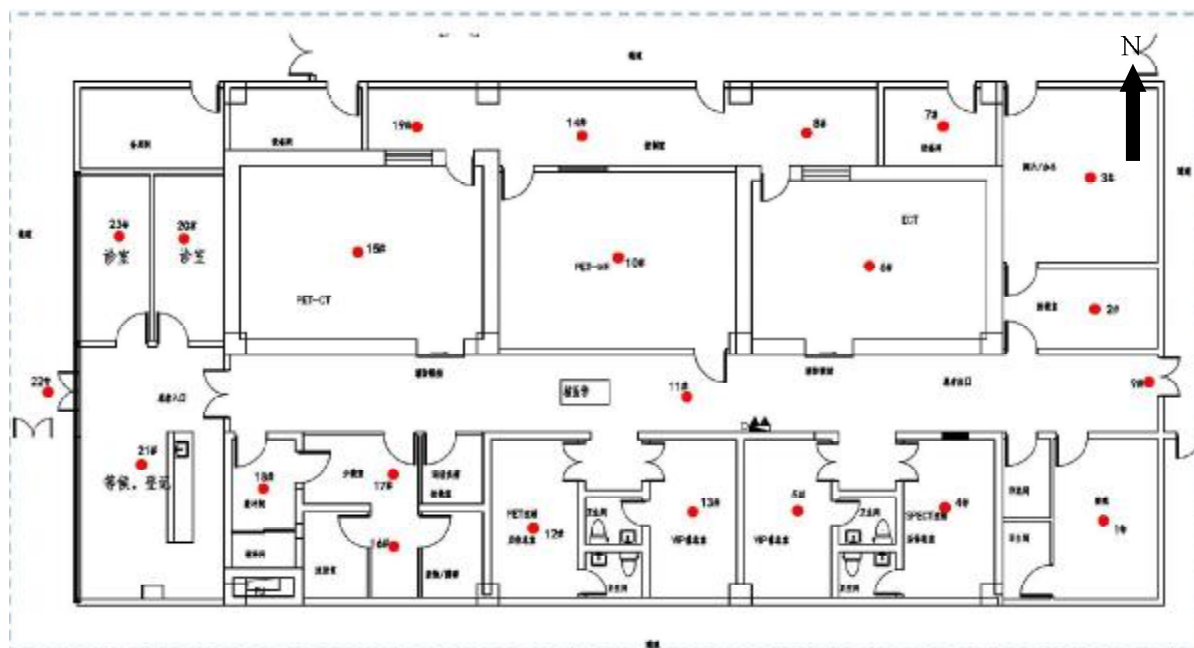


图 1.禾正医院一期医技综合楼核医学科辐射环境现状检测布点示意图

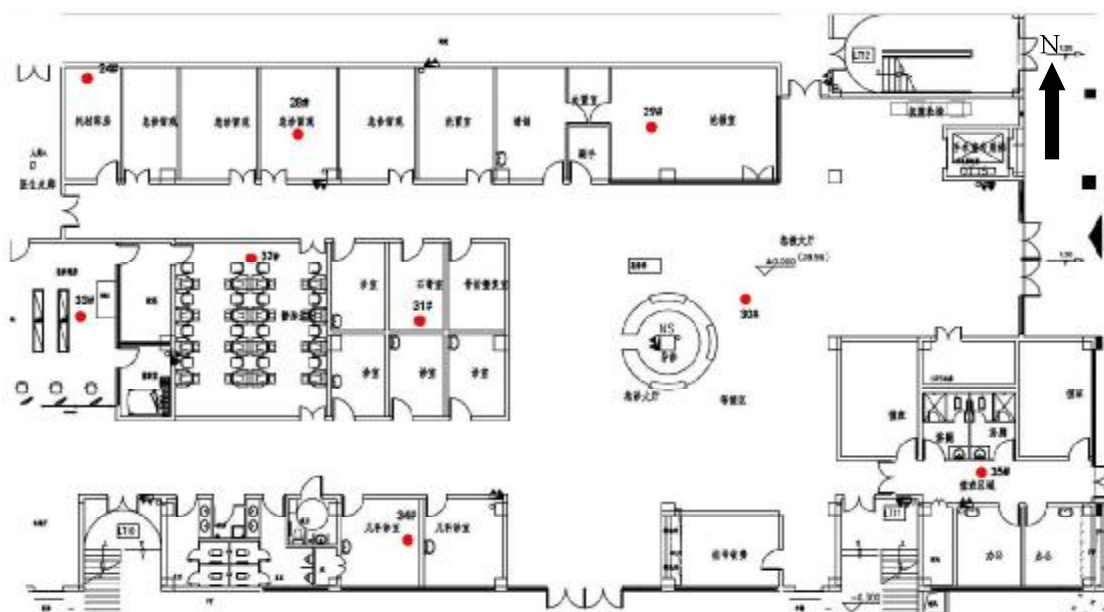


图 2. 禾正医院一期医技综合楼核医学科南侧区域辐射环境现状检测布点示意图

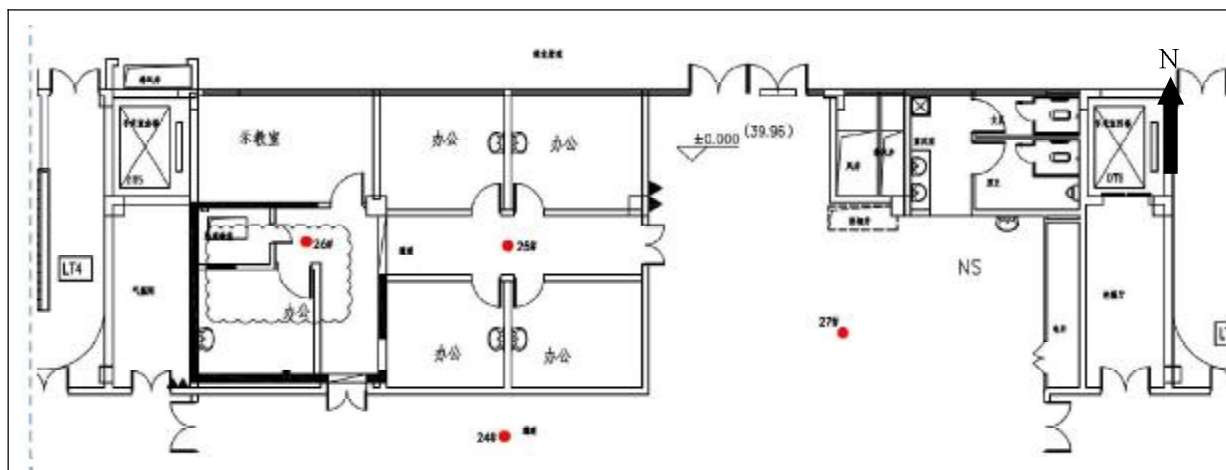


图 3. 禾正医院一期医技综合楼核医学科北侧区域辐射环境现状检测布点示意图

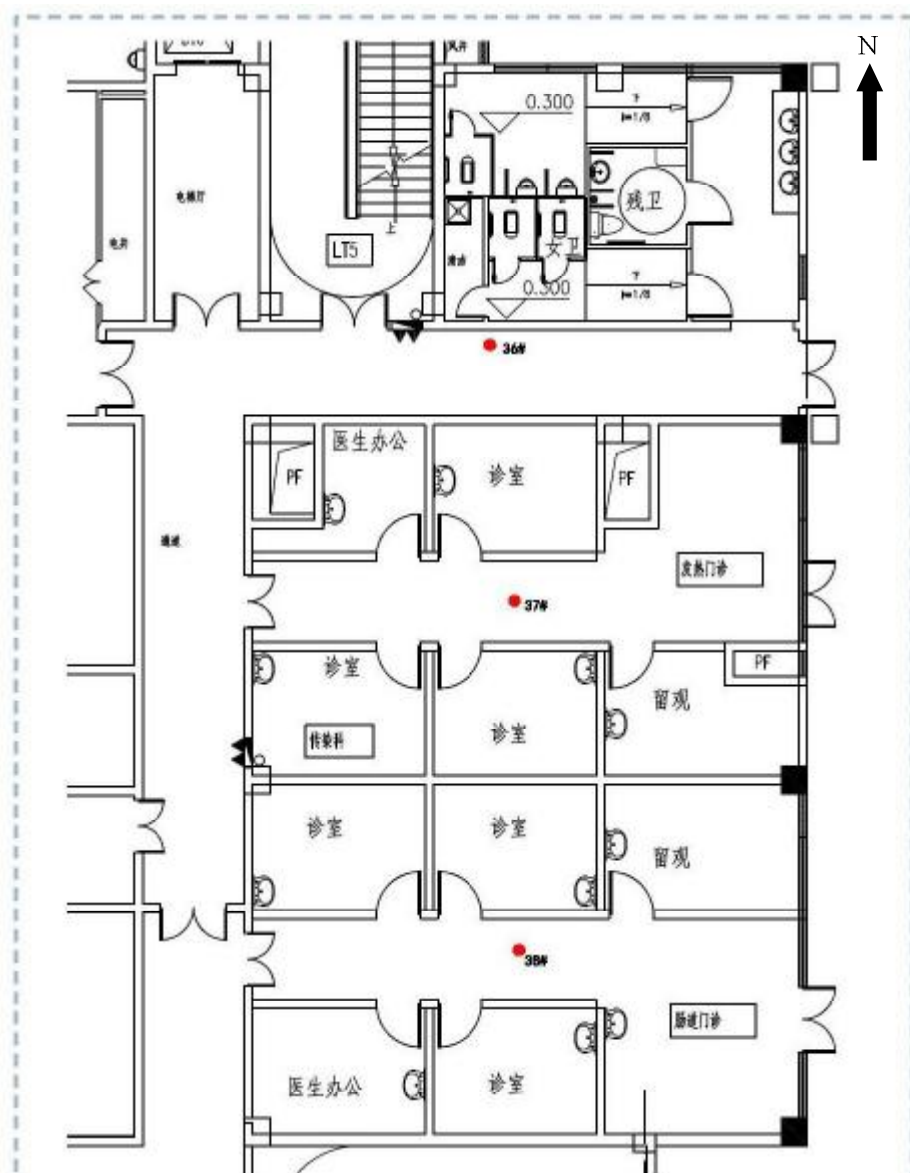


图 4. 禾正医院一期医技综合楼核医学科东侧区域辐射环境现状检测布点示意图

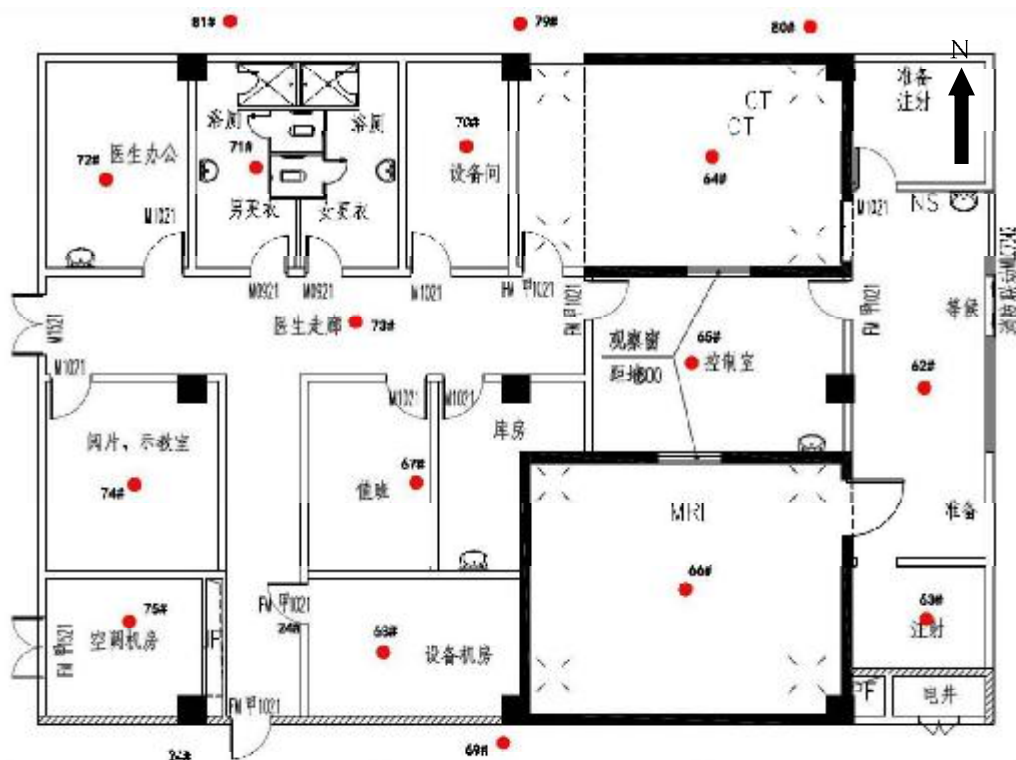


图 5. 禾正医院一期医技综合楼影像科西半区辐射环境现状检测布点示意图



图 6. 禾正医院一期医技综合楼影像科东半区辐射环境现状检测布点示意图

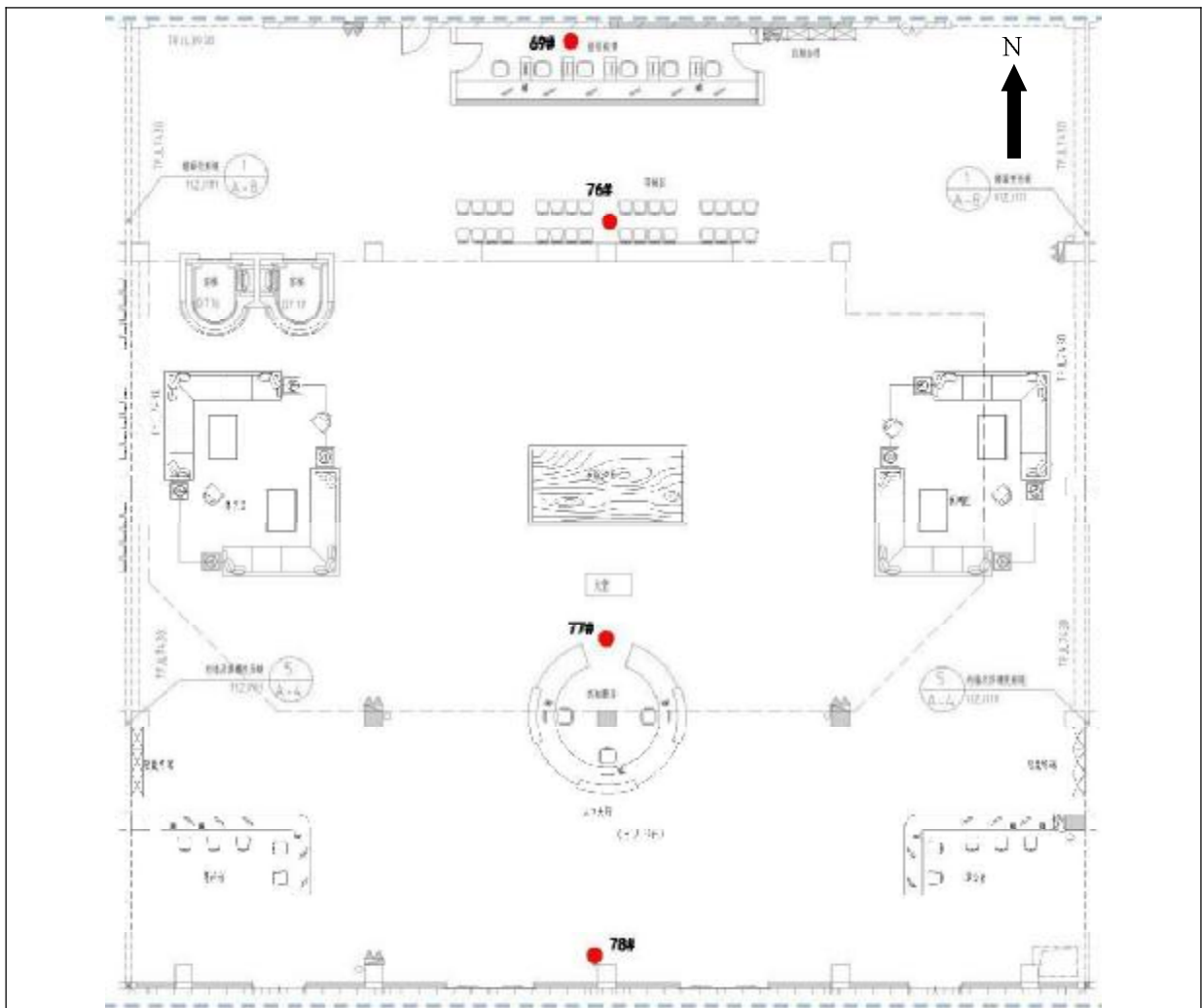


图 7. 禾正医院一期医技综合楼影像科西半区南侧医技综合楼大堂辐射环境现状检测布点示意图

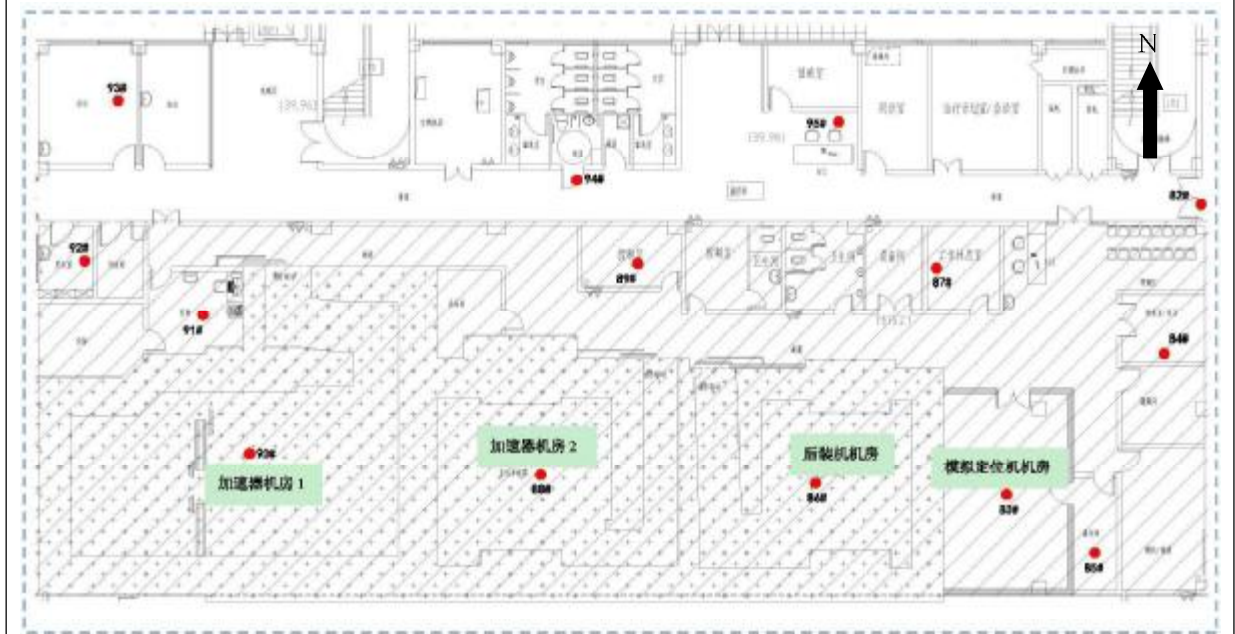


图 8. 禾正医院一期医技综合楼放疗科辐射环境现状检测布点示意图

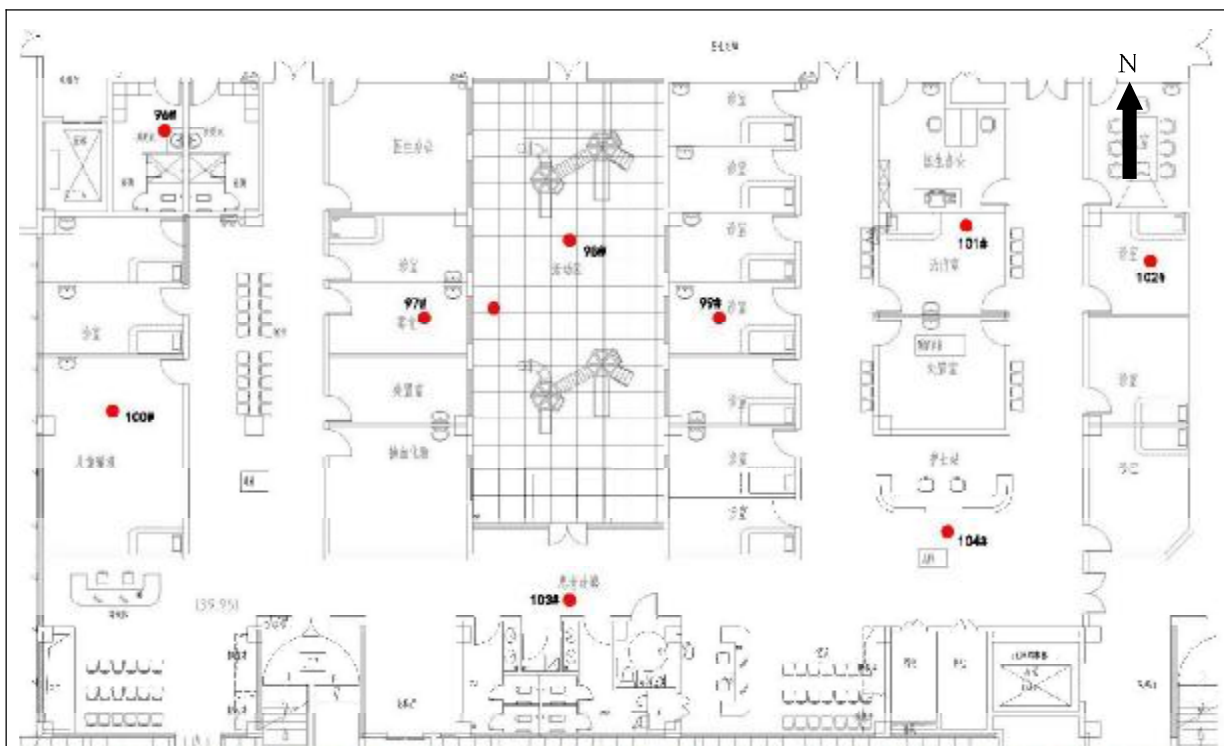


图 9. 禾正医院一期医技综合楼放疗科南面区域辐射环境现状检测布点示意图

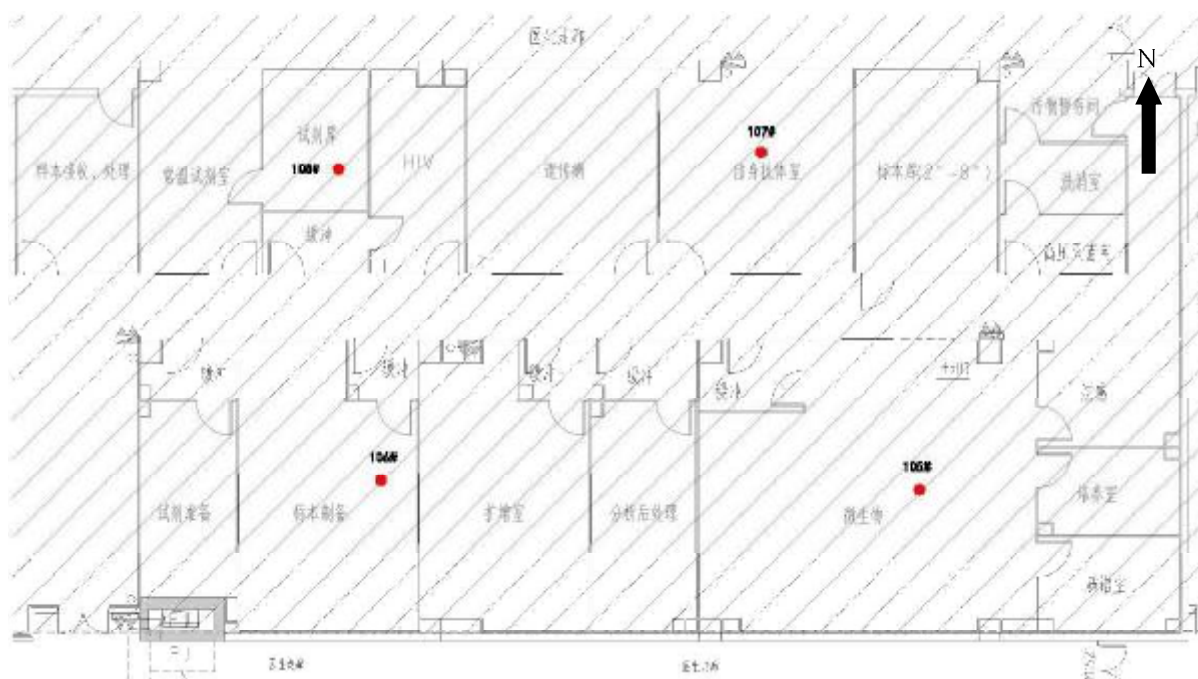


图 10. 禾正医院一期医技综合楼核医学科上层辐射环境现状检测布点示意图

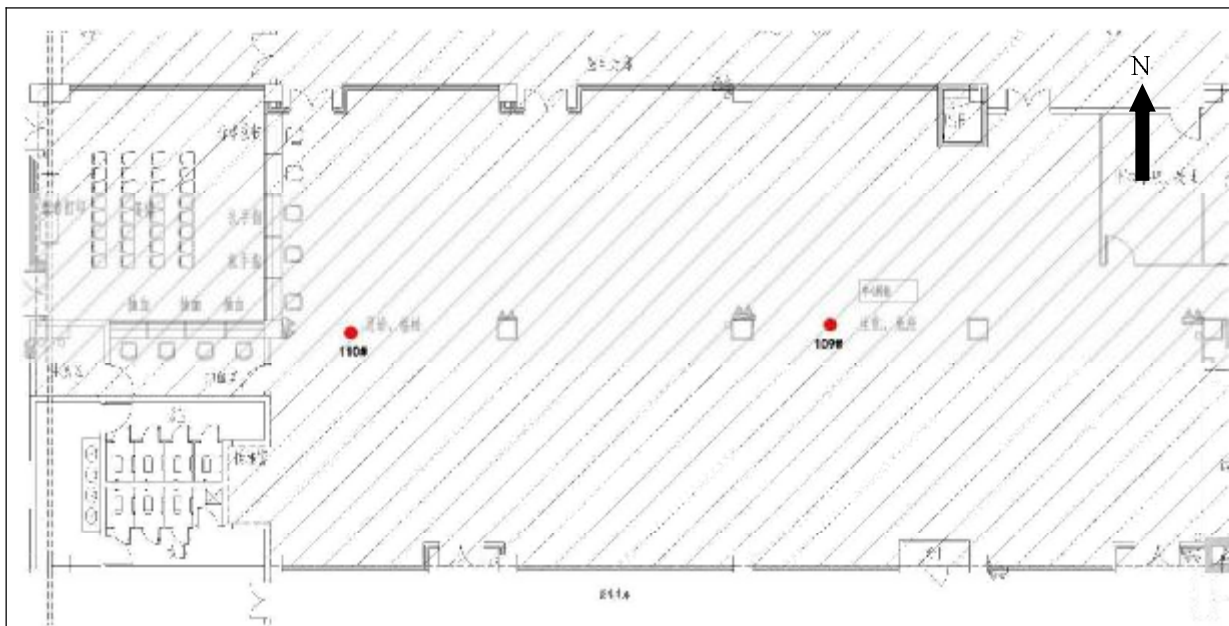


图 11. 禾正医院一期医技综合楼影像科东半区上层辐射环境现状检测布点示意图

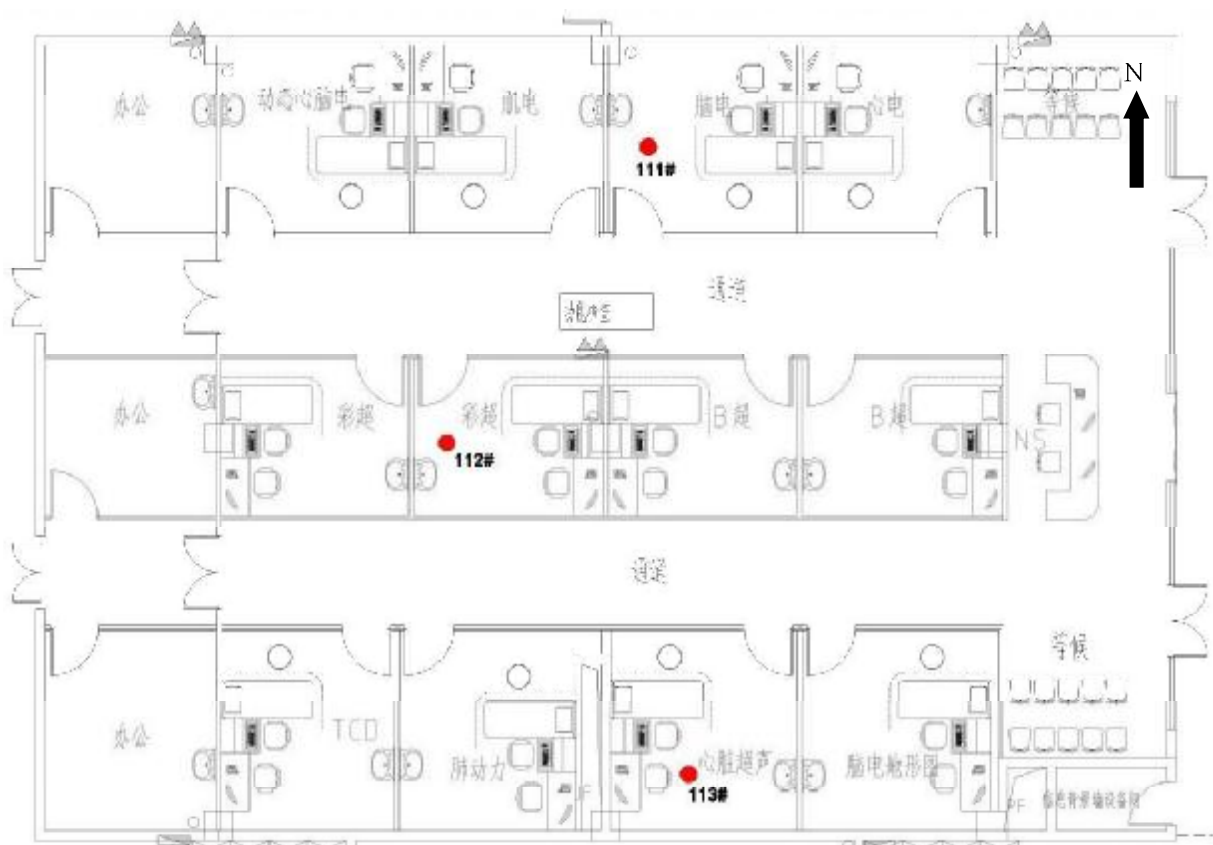


图 12. 禾正医院一期医技综合楼影像科西半区上层辐射环境现状检测布点示意图

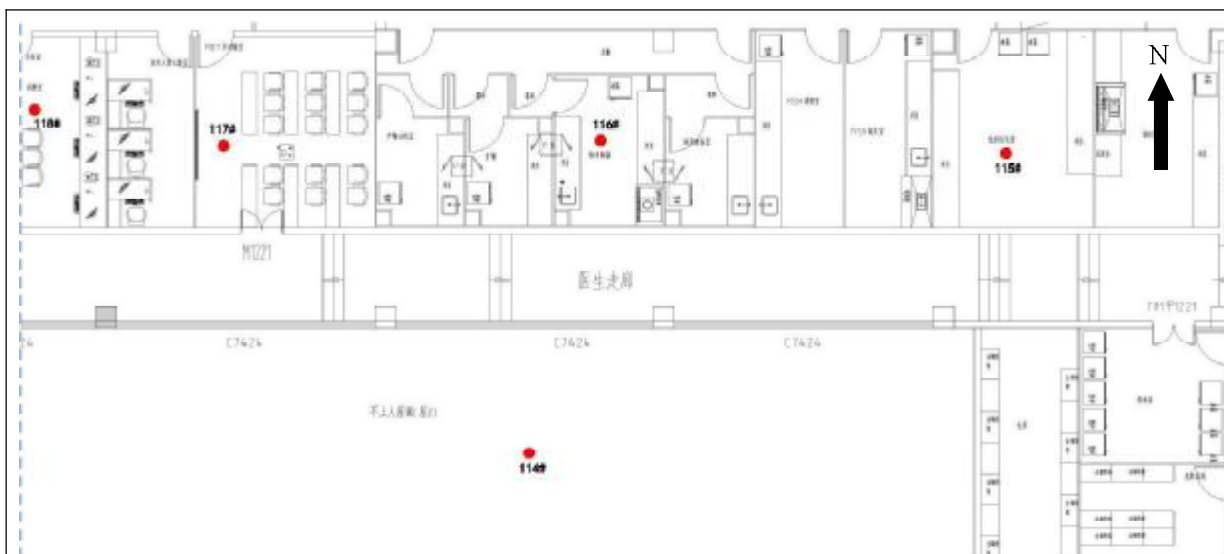


图 13.禾正医院一期医技综合楼放疗科上层辐射环境现状检测布点示意图

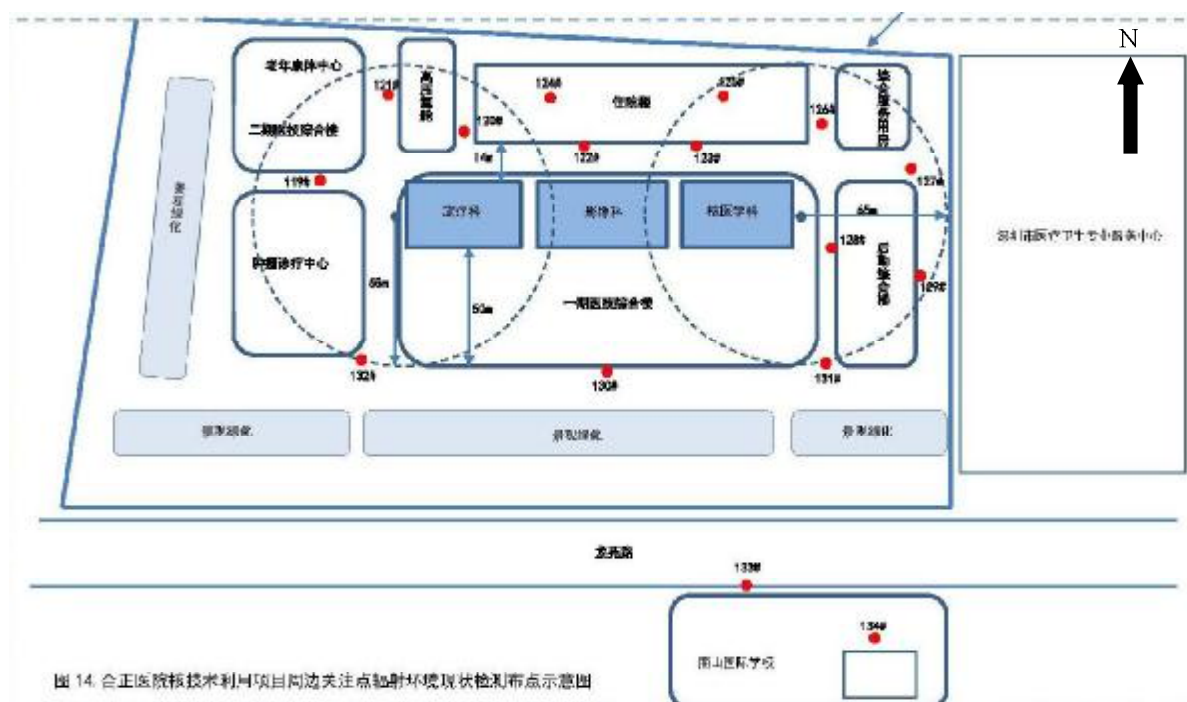


图 14. 禾正医院核技术利用项目周边关注点辐射环境现状检测布点示意图

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	环境 X- γ 剂量率仪
仪器型号	主机 6150AD5/H+探头 6150ADb/H
生产厂家	automess
测量范围	主机: 1 μ Sv/h~1000mSv/h; 探头: 5nSv/h~99.9 μ Sv/h
监测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)
监测单位	广州协和检测服务有限公司
监测时间	2019 年 3 月 17 日
检定证书编号	GRD (1) 20190077
有效日期	2019 年 01 月 24 日- 2020 年 01 月 23 日
检定单位	广东省辐射剂量计量检定站

3.质量保证措施

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- (6) 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。

4.外环境辐射环境质量现状监测结果

此次环评项目工作场所及周围现场的环境辐射水平见表 8-2、表 8-3, 检测报告见附件 7。

表 8-2 拟建场地周围环境 γ 辐射剂量率检测数据

地点	编号	测量位置	X- γ 辐射剂量率 (μSv/h)		备注
			均值	偏差	
核医学科各功能房间及周边环境辐射现状检测					
一期医技综合楼 1 楼	1	留观室中央	0.198	0.001	室内； 水泥地面
	2	抢救室中央	0.214	0.001	
	3	阅片/办公室区域中央	0.219	0.001	
	4	SPECT 注射后休息室中央	0.213	0.001	
	5	SPECT VIP 休息室中央	0.215	0.001	
	6	ECT 机房中央	0.219	0.001	
	7	设备间中央	0.200	0.001	

一期医技综合楼 1 楼	8	ECT 控制室控制台处	0.195	0.001	室内，水泥地面
	9	患者出口门口	0.188	0.001	
	10	PET-MR 室中央	0.213	0.001	
	11	核医学科病人走廊中部	0.212	0.001	
	12	PET 注射后休息室中央	0.222	0.002	
	13	PET VIP 休息室	0.228	0.001	
	14	PET-MR 控制台处	0.198	0.001	
	15	PET-CT 机房中央	0.230	0.001	
	16	注射/储源区域中部	0.240	0.001	
	17	分装室区域中部	0.199	0.001	
	18	缓冲区区域中部	0.171	0.001	
	19	PET-CT 控制台处	0.173	0.001	
	20	西侧诊室 1 中央	0.178	0.001	
	21	等候登记室中央	0.165	0.001	
	22	患者入口处	0.173	0.001	
	23	西侧诊室 2 中央	0.170	0.002	
	24	北侧通道中央	0.198	0.001	
	25	北侧办公区中央	0.181	0.002	
	26	示教办公区中央	0.171	0.002	
	27	北侧大厅中央	0.199	0.003	
一期医技综合楼 1 楼	28	南侧急诊留观区中央	0.203	0.001	室内，水泥地面
	29	南侧抢救室区域中央	0.199	0.002	
	30	急诊大厅中央	0.207	0.001	
	31	骨折诊室区域中部	0.179	0.002	
	32	静脉注射区域中部	0.166	0.001	
	33	急诊药房区域中部	0.170	0.001	
	34	儿科诊室区域中部	0.182	0.002	

	35	办公值班区域	0.183	0.004	
	36	东北角卫生间区域	0.168	0.001	
	37	东侧发热门诊中部	0.201	0.002	
	38	东侧肠道门诊中部	0.205	0.004	
影像科机房及周边环境辐射现状检测					
一期医 技综合 楼 1 楼	39	东南角值班区	0.170	0.002	室内，水 泥地面
	40	DSA 室中央	0.140	0.001	
	41	DSA 控制室中央	0.132	0.001	
	42	储存间中央	0.149	0.001	
	43	医卫间	0.124	0.055	
	44	沐浴间	0.159	0.001	
	45	更衣室区域中部	0.164	0.002	
	46	缓冲区中部	0.161	0.001	
	47	准备室入口走廊处	0.171	0.001	
	48	SF 天井北侧走廊入口处	0.206	0.001	
	49	DSA 准备室中部	0.191	0.001	
	50	值班室区域中部	0.169	0.002	
	51	3 号 DR 机房中央	0.215	0.002	
	52	2 号 DR 机房中央	0.225	0.001	
	53	1 号 DR 机房中央	0.212	0.002	
	54	北侧病人走廊中部（DR 以北）	0.203	0.001	
	55	南侧病人走廊中部	0.222	0.001	
	56	控制室走廊中部	0.220	0.001	
	57	5 号 DR 机房中央	0.213	0.002	
	58	4 号 DR 机房中央	0.230	0.002	
	59	登记室中央	0.202	0.001	
	60	东侧等候区中央	0.235	0.001	

	61	中部通道中央	0.223	0.001	
	62	西侧等候区中央	0.205	0.002	
	63	更衣区中部	0.141	0.001	
一期医技综合楼 1 楼	64	CT 室中央	0.212	0.001	室内，水泥地面
	65	CT/MR 控制室中央	0.227	0.002	
	66	MR 室中央	0.219	0.001	
	67	值班/库房区域中部	0.200	0.002	
	68	设备机房中央	0.204	0.002	
	69	挂号收费处	0.180	0.003	
	70	设备间（CT 西侧）	0.188	0.001	
	71	更衣/浴厕区域中部	0.166	0.001	
	72	医生办公室	0.186	0.004	
	73	医生走廊中部	0.187	0.001	
	74	阅片示教区	0.191	0.003	
	75	空调机房	0.180	0.003	
	76	入口大厅等候区中央	0.169	0.002	
	77	大堂中央	0.165	0.001	
	78	大堂入口处	0.167	0.001	
	79	影像科北侧走廊中部（CT 以北）	0.197	0.003	
	80	CT 北侧卫生间区域	0.198	0.001	
	81	影像科西北侧办公区	0.202	0.001	
放疗科机房及周边环境辐射现状检测					
一期医技综合楼 1 楼	82	影像科、放疗科之间通道中部	0.216	0.001	室内，水泥地面
	83	模拟定位室中央	0.196	0.001	
	84	抢救/储藏区域中部	0.181	0.002	
	85	模拟定位室控制室中央	0.211	0.001	
	86	东侧后装治疗机房中央	0.188	0.002	

	87	工作休息室区域中央	0.205	0.002	
	88	中部直线加速器 2 室中央	0.188	0.002	
	89	直线加速器 2 室控制室中央	0.193	0.001	
	90	西侧直线加速器 1 室中央	0.178	0.002	
	91	直线加速器 1 室控制室中央	0.190	0.002	
	92	更衣室区域中部	0.209	0.003	
	93	西北角办公区域中部	0.219	0.001	
	94	北侧卫生间区域中部	0.201	0.001	
	95	东北角值班门诊区域中部	0.198	0.003	
	96	西南角更衣室区域	0.207	0.003	
	97	南侧办公诊室区域	0.216	0.003	
	98	南侧活动区中部	0.212	0.001	
	99	南侧诊室区域中部	0.203	0.001	
	100	西南角儿童输液/诊室	0.186	0.001	
	101	东南角儿科医生办公/治疗室	0.195	0.002	
	102	东南角儿科示教/治疗室区域	0.218	0.002	
	103	南侧患者走廊中部	0.210	0.002	
	104	南侧儿科大厅中央	0.216	0.002	
	核医学科、影像科、放疗科上层环境辐射现状检测				
一期医技综合楼 2 楼	105	微生物室区域	0.207	0.003	室内，水泥地面
	106	标本制备室区域	0.195	0.002	
	107	自身抗体室区域	0.197	0.003	
	108	试剂库区域	0.202	0.001	
	109	生化、免疫区中央	0.187	0.002	
	110	急诊、临检区中央	0.178	0.002	
	111	体检心电图区中部	0.201	0.002	
	112	体检 B 超区中部	0.210	0.001	

	113	体检心脏、超声区中部	0.191	0.002	
	114	仓库区中部	0.169	0.001	
	115	免疫组化室中央	0.176	0.001	
	116	样本制备室中央	0.181	0.004	
	117	技术人员工作室中央	0.195	0.002	
	118	更衣室区域中央	0.177	0.001	

表 8-3 深圳禾正医院一期医技综合楼外内关注点辐射剂量率检测数据

地点	编号	测量位置	X-γ辐射剂量率 (μSv/h)		备注
			均值	偏差	
一期医技综合楼周围关注点	119	西北侧二期医技综合楼/老年康体中心南侧入口处 (40m)	0.168	0.002	室外，水泥地面； 括号内距离为检测点位至该核技术利用项目边界距离。
	120	北侧住院楼西南角 (25m)	0.173	0.001	
	121	高压氧舱西北角 (50m)	0.172	0.001	
	122	住院楼南面靠西侧入口处 (14m)	0.180	0.002	
	123	住院楼南面靠东侧入口处 (14m)	0.185	0.000	
	124	住院楼 1 层中部西侧 (40m)	0.208	0.003	
	125	住院楼 1 层中部东侧 (40m)	0.215	0.002	
	126	综合服务楼西侧 (40m)	0.179	0.002	
	127	综合服务楼东南角 (46m)	0.194	0.001	
	128	后勤综合楼西侧 (17m)	0.188	0.001	
	129	后勤综合楼东南角 (46m)	0.182	0.002	
	130	一期医技综合楼南门外 (50m)	0.196	0.001	
	131	后勤综合楼西南角 (50m)	0.176	0.001	
院外关注点	132	肿瘤治疗中心东南角 (50m)	0.186	0.001	
	133	南山国际学校门口 (约 100m)	0.170	0.003	
	134	南山国际学校教学楼北侧 (约 140m)	0.180	0.002	

注：1.以上数据均未扣除宇宙射线的贡献；

2.现场检测所有点位探头均朝下，离地 1m。

由表 8-2、表 8-3 监测数据可知，深圳禾正医院核技术利用项目机房及周围区域（室内）

的环境辐射剂量率为：0.124 μ Sv/h-0.240 μ Sv/h（1 μ Sv/h=1 μ Gy/h=1000nGy/h）；周围 50m 区域（室外）的环境辐射剂量率为：0.168 μ Sv/h-0.215 μ Sv/h；周围 50m 区域外其他关注点（室外、学校）的环境辐射剂量率为：0.170 μ Sv/h -0.180 μ Sv/h，略高于深圳市室内、室外辐射环境本底范围值（注：深圳市原野及道路 γ 辐射剂量率为 77.3~127.8nGy/h，室内 γ 辐射剂量率为 127.4~153.1nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》），略高的原因可能为地面及周围建筑材料所致。医院本项目辐射工作场所周围环境环境辐射剂量率未见明显异常。

表 9 项目工程分析与源项

一、工程设备和工艺分析

1.DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机

1.1 设备组成

数字化 X 射线摄影系统（DR）及乳腺钼靶机主要由高频 X 光机、X 射线探测器、控制系统和图像工作站组成。

CT 机结构上包括 X 线体层扫描装置和计算机系统。前者主要由产生 X 线束的发生器和球管，以及接收和检测 X 线的探测器组成；后者主要包括数据采集系统、中央处理系统、磁带机、操作台等。此外，CT 机还应包括图像显示器、多幅照相机等辅助设备。

CT 模拟定位系统简称 CT 模拟定位机，主要由 CT 扫描机、外置激光定位系统及模拟定位软件组成。其中 CT 扫描机包括扫描架（装有 X 线球管、滤线器、准直器、参考探测器、探测器及各种电子线路等）、检查床、X 线高压发生器等组成。

1.2 工作原理

本项目 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机均为采用 X 射线进行摄影或扫描的技术设备，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。

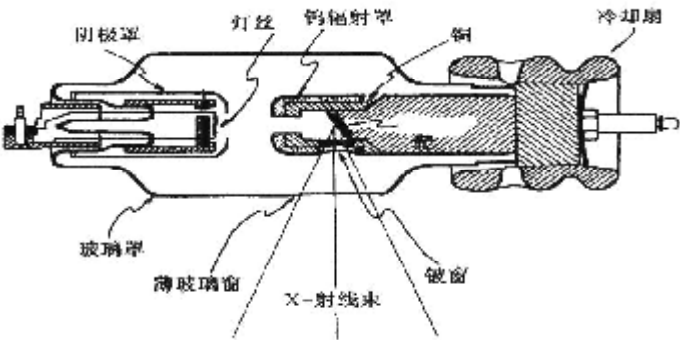


图 9-1 典型 X 射线管结构图

DR 是计算机数字图像处理技术与 X 射线放射技术相结合而形成的一种先进的 X 线摄

影技术，它在原有的诊断 X 线机直接胶片成像的基础上，通过 A/D 转换和 D/A 转换，进行实时图像数字处理，进而使图像实现了数字化。

乳腺钼靶机是一种低剂量乳腺 X 光拍摄乳房的技术，它能清晰显示乳腺各层组织，可以发现乳腺增生，各种良恶性肿瘤以及乳腺组织结构紊乱，是早期发现、诊断乳腺癌的最有效和可靠的方式，尤其对于临床不可能及的，以微小钙化簇为唯一表现的早期乳腺癌具有特征性的诊断意义。

CT 是用 X 线束对人体的某一部分按一定厚度的层面进行扫描，当 X 线射向人体组织时，部分射线被组织吸收，部分射线穿过人体被检测器官接收，产生信号。因为人体各种组织的疏密程度不同，X 线的穿透能力不同，所以检测器接收到的射线就有了差异。将所接收的这种有差异的射线信号，转变为数字信息后由计算机进行处理，输出到显示的荧光屏上显示出图像，这种图像被称为横断面图像。

CT 模拟定位机是将患者在治疗体位下进行 CT 扫描，并将 CT 图像传入图像工作站，通过三维数字重建感兴趣的图像显示方式，在工作站中进行虚拟透视(Virtual Perspective)和虚拟模拟(Virtual Simulation)的过程，提供了准确的病变靶的形状、大小、方位等信息，为后续治疗摆位提供有力的依据，确保放射治疗的正确实施。

1.3 工作流程

DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机的基本工作流程如下：

- (1) 病人经医生诊断判断后，确定需要 X 射线影像诊断的病人预约登记。
- (2) 受检者按约定时间在候诊区准备和等候。
- (3) 检查室内在医生的指导下正确摆位。
- (4) 医生进行隔室操作，利用 X 射线影像诊断设备进行摄影或扫描成像。
- (5) 检查结束离开检查室。

工作流程图见图 9-2。

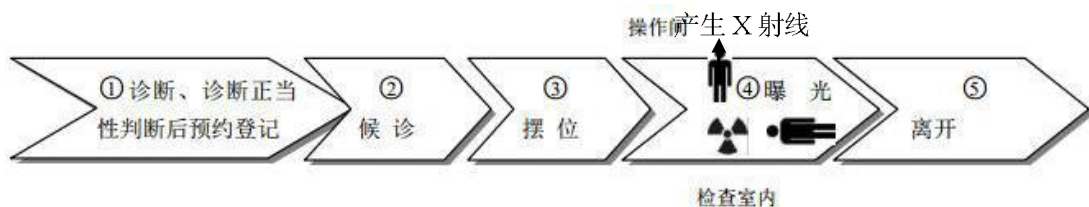


图 9-2 X 射线诊断流程图

1.4 工作负荷

根据医院提供资料，本项目放射科配备辐射工作人员 12 人，CT 模拟定位机配备辐射

工作人员 3 人。各设备年病人人数及出束时间如下：

表 9-1 III类医用 X 射线装置工作负荷表

设备名称	年病人人数（人次/台）	平均出束时间（s）	年出束时间（h）
DR（4 台）	37500	0.5	5.21
乳腺钼靶机	7500	1	2.08
CT	25000	10	69.44
CT 模拟定位机	40000	30	333.33

2.数字减影血管造影仪（DSA）

2.1 设备组成

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、探测器、C 型臂、导管床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。

2.2 工作原理

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。

2.3 工作流程

- （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。

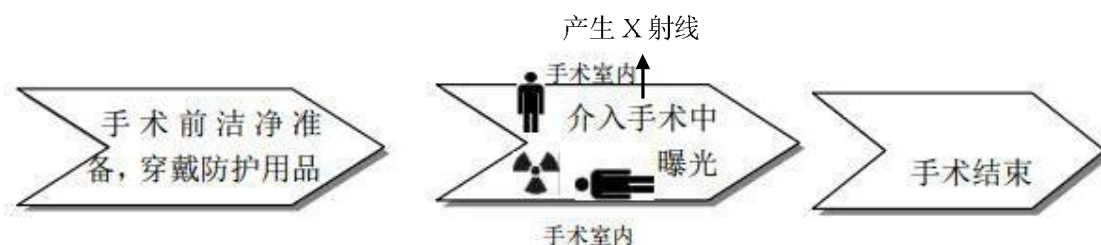


图 9-3 介入设备工作流程图

2.4 工作负荷

根据医院提供资料，本项目 DSA 项目新增辐射工作人员 5 人。DSA 介入手术工作量为 1000 台，介入手术医生年最大工作量为 400 台。每台手术摄影时间约 3min，透视时间约 30min。

3.医用电子直线加速器

3.1 设备组成

医用电子直线加速器以磁控管/速调管为微波功率源的行波型/驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、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。

3.2 工作原理

医用电子直线加速器电子枪产生的电子由微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。

3.3 工作流程

使用医用电子加速器进行放射治疗项目的操作流程是：

(1) 进行定位。先通过模拟定位机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

(2) 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。

(3) 固定患者体位。在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。

(4) 开机治疗。准备工作就绪后，在控制室通过计算机发出指令，开启加速器，对准患者病灶进行精确治疗。

工作流程见图 9-4。



图 9-4 医用电子直线加速器工作流程图

3.4 工作负荷

根据医院提供资料，本项目放疗科直线加速器拟配备辐射工作人员 6 人。本评价项目的每台医用直线加速器平均每天病人约 80 人/天，每周工作 5 天，每年 50 周，每个病人每次照射 1.5Gy，平均每人治疗照射 3 野次。

4.后装治疗机（ ^{192}Ir ）项目

4.1 设备组成

^{192}Ir 后装机主要由专用控制微机系统、步进电机、放射源、储源罐、真假源传输系统、紧急回源装置和计时器等组成。

4.2 工作原理

后装机是采用遥控技术，将放射源送入腔内的一种近距离治疗装置。现代近距离治疗主要通过后装技术，首先将导源管或施源器、导源针插植到合适的肿瘤表面或中心部位，经 X 线核实位置，再经过装有近距离治疗剂量计算数学模式的专业程序软件的治疗计划系统计算及优化剂量分布，获得满意结果后，再由计算机控制治疗机系统进行治疗。后装照射可使病灶区获得很高的剂量而又很好地保护周围正常组织，医务人员通过遥控操作，减少了工作人员不必要的受照。后装治疗从传统的妇科领域扩展到能对人体各部位多肿瘤的治疗，如鼻咽、支气管等，治疗技术涉及到腔管、腔内、组织间等多种施治技术。

当 ^{192}Ir 放射源活度衰变至不能满足使用需求时须更换放射源。导源时工作人员把导源管一头接入后装机贮源器，另一头接入铅罐插孔中，通过计算机隔室操作先把废源通过导源管导入铅罐中。废源导出后，通过同样方式把新源通过导源管导入后装机贮源器中。换源工作由厂家负责。

4.3 治疗流程

(1) 进行定位。先通过模拟定位机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

(2) 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。

(3) 固定患者体位，进行病变部位插管，将输源管和施源器送达腔道的病灶，工作人员一般距后装治疗机 1m。

(4) 将预置管与后装治疗机输源管相连接，在控制室控制台通过计算机系统，先用假源轮进行试运行，验证无误后，再用真源轮将放射源从后装机机体通过输源管送达病灶进行治疗。

(5) 治疗结束，源回到屏蔽体内，打开防护门，拆除输源管等设备，病人离开机房。



图 9-5 后装治疗机工作流程图

4.4 工作负荷

根据医院提供资料，本项目放疗科后装治疗机拟配备辐射工作人员 3 人。 ^{192}Ir 后装治疗机年治疗病人数约 4000 人，最大装源活度下平均每人治疗时间约 2min，医生摆位时间平均约 1min。

5.非密封放射性物质工作场所

本项目核医学科工作场所使用核素 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F ，显像设备包括 SPECT/CT、PET/CT 及 PET/MR。医院核医学科 SPECT/CT 显像检查使用的放射性核素为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及 ^{131}I ，PET 显像用核素为 ^{18}F 。

5.1 工作原理

(1) SPECT 显像检查 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I)

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 γ 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。

本项目 SPECT 显像设备为 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。本项目显像设备 SPECT/CT 属于 III 类 X 射线装置。

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 ^{131}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 ^{131}I 所发射的 γ 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。 ^{131}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。

本项目 SPECT 显像使用的放射性核素为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 。其中，服用 ^{131}I 显像剂后 24h 进行 SPECT 显像；注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物后的患者休息 30min~2h 后进入 SPECT 显像。

(2) PET 药物显像 (^{18}F)

^{18}F 主要用于代谢显像，主要用放射性核素注入人体内产生的湮没辐射 γ 光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子结合产生湮没辐射产生两个能量 (511keV) 相等、方向相反的 γ 光子，光子被 PET 装置探测器所接受，产生的荧光辐射经光电转换器、放大器、脉冲幅度甄别器等处理后，通过计算机系统再现人体组织或器官的影像。正电子

放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。本项目采用 PET/CT 及 PET/MR 设备进行显像。

PET/CT 是将 PET 和 CT 整合在一台仪器上，组成一个完整的显像系统，被称作 PET/CT 系统（integrated PET-CT system），病人在检查时经过快速的全身扫描，可以同时获得 CT 解剖图像和 PET 功能代谢图像，两种图像优势互补，使医生在了解生物代谢信息的同时获得精准的解剖定位，从而对疾病做出全面、准确的判断。

PET/MR 是将 PET 和 MRI 设备有机地结合在一起，使用同一个检查床和同一个图像处理工作站。PET 是正电子发射计算机断层显像，是一种进行功能代谢显像的分子影像学设备，可以检测出没有任何临床症状的细微病变。磁共振成像（MRI）是断层成像的一种，它利用磁共振现象从人体中获得电磁信号，并重建出人体信息。相比于 PET/CT 技术，PET/MR 可大幅降低检查时对病患身体的放射性损伤，具有更高的软组织分辨力，能更清楚的显示正常解剖结构及更多的参数反应组织信息，有利于病变的诊断。采用正电子核素标记的放射性药物，使用的正电子核素（比如， ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{11}C ）本身为人体组成的基本元素，可标记参与活体代谢的生物活性分子，可进行分子水平上反映体内代谢的影像，本项目正电子核素为 ^{18}F 。

5.2 工作流程

本项目核医学科使用的放射性药物（ ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F ）采用外购， ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 均由药物供应商根据医院给定的每人份药量分装好后送至核医学科分装室，核医学科工作人员负责给药； ^{18}F 由药物供应商按医院给定的单次总药量送药，医院再根据患者用药量进行药物分装和给药等操作。供应商在约定的时间负责运送至核医学科，建设单位安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在分装室通风柜内。

（1） $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用药量情况

根据医院提供资料， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者日最大接诊人数为 20 人，药物注射量 5~20mCi/人。主要显像种类的具体给药量情况如下：

表 9-1 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物给药量一览表

序号	显像种类	给药量（mCi）	显像开始时间
1	肾动态显像	15	注射完后立即开始
2	甲状腺扫描	5	服药 10min 后
3	心肌断层显像	20	服药 60min 后
4	骨扫描	15~20	服药 4h 后

根据购药计划，一般情况下均早上送药，患者集中安排在上午注射，患者人数较多时，

上午、下午各送药一次。扫描时间一般为 10min~20min，平均 15min，考虑每位患者的注射时间、摆位时间等因素，注射、扫描、摆位等时间合计 20min，即患者结束扫描时下一位患者立刻进入机房且立刻开始扫描，中间无间隔。为便于计算，本项目估算日用药量时主要考虑候诊 1h（心肌断层显像）及肾动态两种情况，在服药患者候诊期间，安排肾动态显像患者进行扫描，之后全为心肌断层显像，估算结果是偏保守的。

不同时间接受注射时的药量及日药量情况如下：

表 9-2 本项目核医学科每日放射性药物 ^{99m}Tc 分装、注射预计情况一览表

序号	注射时间	显像时间	进入留观室时间	注射药物量 (mCi)	初始活度 (mCi)
1	8:00	8:00	8:20	15	15.00
2	8:20	8:20	8:40	15	15.59
3	8:40	8:40	9:00	15	16.20
4	8:03	9:03	9:23	20	20.12
5	8:23	9:23	9:43	20	20.90
6	8:43	9:43	10:03	20	21.72
7	9:03	10:03	10:23	20	22.57
8	9:23	10:23	10:43	20	23.45
9	9:43	10:43	11:03	20	24.37
10	10:03	11:03	11:23	20	25.32
11	10:23	11:23	11:43	20	26.32
12	10:43	11:43	12:03	20	27.34
下午					
13	14:00	15:00	15:20	20	39.91
14	14:20	15:20	15:40	20	41.47
15	14:40	15:40	16:00	20	43.09
16	15:00	16:00	16:20	20	44.78
17	15:20	16:20	16:40	20	46.53
18	15:40	16:40	17:00	20	48.35
19	16:00	17:00	17:20	20	50.24
20	16:20	17:20	17:40	20	52.21
合计					625.48mCi

由上表可知，医院 ^{99m}Tc 药物日用量合计需 625.84mCi 药物，故医院本项目申请的日最大用量 651mCi 能满足医院日常使用。

(2) ^{18}F 用药量情况

由医院提供资料可知，PET/MR 的 ^{18}F 服药患者给药后的候诊时间 40~60min，平均约

50min，扫描时间为 45min，考虑注射、摆位等后取 50min。PET/CT 的 ^{18}F 服药患者给药后的候诊时间 60min，考虑注射、摆位等后的扫描时间为 20min。给药量按 10mCi 计。

不同时间接受注射时的药量及日药量情况如下：

表 9-3 本项目 PET/MR 的 ^{18}F 给药情况一览表

序号	注射时间	显像时间	进入留观室时间	注射药物量 (mCi)	初始活度 (mCi)
1	7:00	7:50	8:40	10	10.00
2	7:50	8:40	9:30	10	13.71
3	8:40	9:30	10:20	10	18.80
4	9:30	10:20	11:10	10	25.78
5	10:20	11:10	12:00	10	35.36
下午					
6	13:00	13:50	14:40	10	10.00
7	13:50	14:40	15:30	10	13.71
8	14:40	15:30	16:20	10	18.80
9	15:30	16:20	17:10	10	25.78
10	16:20	17:10	18:00	10	35.36
合计					207.31

表 9-4 本项目 PET/CT 的 ^{18}F 给药情况一览表

序号	注射时间	显像时间	进入留观室时间	注射药物量 (mCi)	初始活度 (mCi)
1	7:00	8:00	8:20	10	10.00
2	7:20	8:20	8:40	10	11.35
3	7:40	8:40	9:00	10	12.87
4	8:00	9:00	9:20	10	14.61
5	8:20	9:20	9:40	10	16.57
6	8:40	9:40	10:00	10	18.80
7	9:00	10:00	10:20	10	21.33
8	9:20	10:20	10:40	10	24.21
9	9:40	10:40	11:00	10	27.46
10	10:00	11:00	11:20	10	31.16
11	10:20	11:20	11:40	10	35.36
12	10:40	11:40	12:00	10	40.12
13	11:00	12:00	12:20	10	45.52
14	11:20	12:20	12:40	10	51.64
15	11:40	12:40	13:00	10	58.60
16	12:00	13:00	13:20	10	66.48
下午					

17	12:20	13:20	13:40	10	10.00
18	12:40	13:40	14:00	10	11.35
19	13:00	14:00	14:20	10	12.87
20	13:20	14:20	14:40	10	14.61
21	13:40	14:40	15:00	10	16.57
22	14:00	15:00	15:20	10	18.80
23	14:20	15:20	15:40	10	21.33
24	14:40	15:40	16:00	10	24.21
25	15:00	16:00	16:20	10	27.46
26	15:20	16:20	16:40	10	31.16
27	15:40	16:40	17:00	10	35.36
28	16:00	17:00	17:20	10	40.12
29	16:20	17:20	17:40	10	45.52
30	16:40	17:40	18:00	10	51.64
合计					847

由上表可知，PET/CT 及 PET/MR 合计日用药量为 1054.3mCi，故医院本项目申请的日最大用量 1100mCi 能满足医院日常使用。

(3) ^{99m}Tc 、 ^{18}F 显像工作流程

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在注射室（ ^{99m}Tc 、 ^{18}F ）给药窗口等待，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， ^{99m}Tc 显像患者进入 SPECT/CT 机房接受扫描检查， ^{18}F 服药患者进入 PET/MR 或 PET/CT 机房接受扫描检查，医务人员在相应机房内帮助受检病人摆好位后进入操作间进行隔室操作；

⑥受检者扫描检查完成后通过专用通道离开核医学区域。

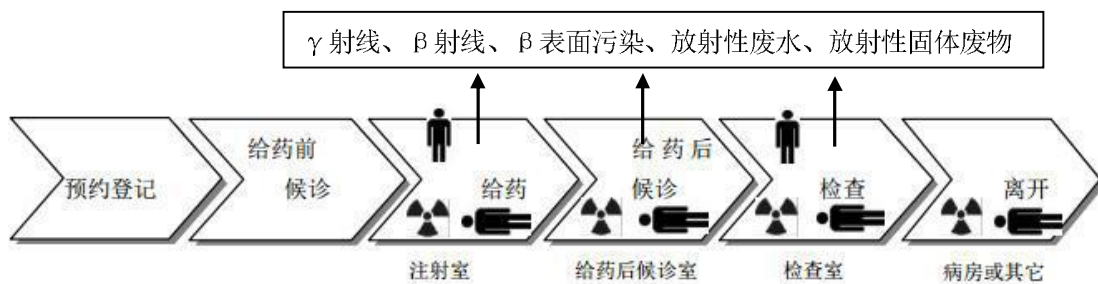


图 9-6 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 显像检查流程图

(4) ^{131}I 显像工作流程

医院根据 ^{131}I 、 ^{99m}Tc 服药患者人员数量等情况，合理安排服药时间及扫描顺序，尽量安排 ^{131}I 患者集中服药及显像，避免与 ^{99m}Tc 服药患者候诊、扫描检查等的交叉。

①根据医生指导意见，需要接受诊断的患者提前登记预约，进行诊断前准备：停用影响甲状腺摄取 ^{131}I 药物及低碘饮食 1~2 周。

②受检者按约定时间在注射室注射窗口服药，服药后经观察无异常即可离开核医学科；

③服药后 24h 进入 SPECT 注射后休息室候诊，叫号后进入 SPECT/CT 机房进行显像检查；

④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；

⑤检查完成，受检者通过专用通道离开核医学区域。

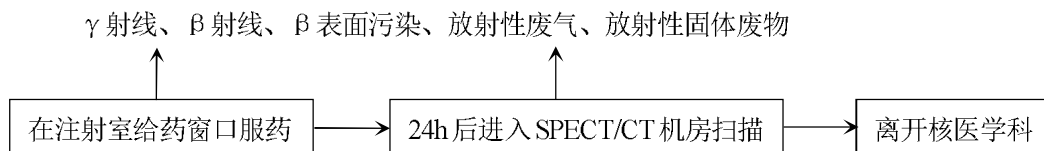


图 9-7 ^{131}I 显像检查流程图

5.4 工作负荷

根据医院提供资料，本项目核医学科新增辐射工作人员 12 人，年工作 250 天。

序号	人员类别	数量	主要操作类型
1	中级以上专业技术职务任职资格的核医学医师	2	患者诊断、报告审核
2	病理学、医学影像专业技术人员	4	显像设备操作、患者摆位（6 人） 药物分装（2 人）
3	大学本科以上学历或中级以上专业技术职务任职资格的技术人员	4	
4	2 名护理人员	2	药物注射

^{99m}Tc 药物显像患者 5000 人次/年，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。

^{131}I 显像患者 2500 人次/年，摆位时间约 1min/人，病人扫描时间约 10min/人。

^{18}F 显像患者 10000 人次，药物注射时间约 30s/人，摆位时间约 1min/人，PET/CT 患者扫描时间约 20min/人，PET/MR 患者扫描时间为 50min/人。

6.V 密封源使用项目

本项目使用的V类密封源为 ^{68}Ge ，主要为利用放射源产生的 β 射线或 γ 射线用于设备的质控校准。放射源的污染物包括 β 射线、 γ 射线辐射。

^{68}Ge 密封源用于 PET 设备校准，辐射工作人员依托核医学科工作人员。PET 设备校准频率一般为每半年一至二次，操作人员安装好校准源时间约 20min，则安装放射源年最大时间为 1.33h。

二、污染源项

1.III类医用 X 射线装置

本项目III类医用 X 射线装置包括 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、SPECT/CT（CT 功能）、PET/CT（CT 功能）。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。X 射线装置在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

1.1 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。

1.2 事故工况

（1）X 射线装置发生 X 射线无法停束故障，人员入内受到误照射。

（2）工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离射线装置所在机房，X 射线装置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 X 射线装置机房内。

本次评价项目中使用的III类医用 X 射线装置均为数字化设备，不会产生废显影水、定影水，因此不存在污水污染的问题。

2.数字减影血管造影仪（DSA）

由 DSA 工作原理可知，DSA 出束时会产生 X 射线，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：

2.1 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，DSA 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 X 射线的外照射影响。

2.2 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) 工作人员在防护门关闭前尚未撤离介入室，DSA 运行出束可能产生误照射。
- (3) 安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 介入室内。

本次评价项目中使用的 DSA 为在显示屏上观察诊断结果，并采用数字打印机打印诊断结果，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。主要污染为 DSA 运行过程中产生的 X 射线的外照射影响。

3. 医用电子直线加速器

3.1 设备参数

本项目直线加速器 X 射线能量最大为 10MV，相关参数如下：

表 9-5 直线加速器技术参数一览表

射线类型	射线能量	正常治疗距离	最大输出剂量率	最大照射野	
X 线	6/10MV	源瘤距 100cm	6MV: 14Gy/min 10MV: 6Gy/min	40cm×40cm	
电子线	≤22MeV	源瘤距 100cm	/	40cm×40cm	
X 线泄漏率		中子泄漏率	等中心高度	等中心精度	机架旋转范围
≤0.1%		≤0.01%	1.295m	≤2mm	0°~360°

3.2 污染因子

医用电子直线加速器在使用过程中产生的主要环境影响及影响因子如下：

(1) 正常工况

加速器产生的电子束和 X 射线束，以及在产生这两种辐射的过程中产生的其它 X 射线和中子等次级辐射，一般均可称之为瞬时辐射，它在加速器运行中产生，关机后立即消失，是加速器屏蔽、防护和监测的主要对象。

与瞬时辐射相对应的还有剩余辐射，剩余辐射是加速器初级粒束和次级辐射在加速器结构材料及环境介质（空气、屏蔽物等）诱发生成的感生放射性，这种辐射在加速器运行停止后继续存在，对于加速器的屏蔽设计不是重点考虑的对象，但对加速器停机后的维修，常规调试，换靶操作等工作而言，都是防护的重点。

①电子束

电子加速器加速的电子本身在物质中的射程很短，很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止，不会直接造成危害，然而被加速器加速的电子束穿过薄膜窗从加速器中引出后，成为能量较高的外电子束，它在空气中的射程较长，这时要绝对禁止非治疗人员在加速器开机时误入治疗室，以防被电子束或散射电子照射造成事故。

②高能 X 射线

加速器发出的高能 X 射线一般指电子束被靶或其它物质阻止所产生的具有连续能谱的轫致辐射。它的发射率与电子的能量、束流强度、靶物质原子序数及靶厚度有关，并随发射角度而异，加速电子轰击靶物质时，不仅沿电子入射方向（即 0° 方向）有 X 射线发射，即使沿其它方向也有 X 射线发射。屏蔽设计时，除了关心对 0° 方向的 X 射线的屏蔽防护，还须对 90° 方向甚至 180° 方向发射的 X 射线的防护。

对于特征 X 射线，由于其能量一般低于数十千伏，强度也远小于轫致辐射，所以比较而言，在防护上一般可忽略。

被靶或电子束引出窗反射的电子往往具有足够高的能量，它们打到其它材料上产生 X 射线，X 射线又在各种材料上产生反散射，这些构成的杂散 X 射线也是辐射防护上不可忽视的辐射来源。

③中子

当加速器工作在 10MeV 以上时，无论 X 射线状态还是电子束状态，都有可能使被照射物质原子核产生某种有意义的光致裂变。此时被电子束照射的材料，既是电子-X 射线转换靶，又是 X 射线-中子转换靶。对大多数元素而言，产生中子的激发作用出现在 10-20MeV 范围内，本项目医用电子直线加速器 X 射线能量为 10MV，电子束最大能量为 22MeV，电子束能量处于此范围内。

④感生放射性

感生放射性核素种类较多，半衰期长短不一，短者只有 7.3s，长者达 15h，多数核素在数分钟至半小时之内，感生放射性以靶装置部位为最高。

⑤其他

高能电子与空气中的氧分子作用还会产生臭氧及 NO_x 废气。

因此，在开机期间，X 射线成为加速器污染环境的主要因子，其次为中子及臭氧及 NO_x 废气。极少量的放射性固体废物来自加速器的废弃靶。

(2) 事故工况

直线加速器的 X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，检修方便，断电状态下也较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

①工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离治疗室，加速器运行可能产生误照射。

②安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器治疗室受到照射。

③工作人员误操作导致病人受到不必要的照射。

4.后装治疗机 (^{192}Ir) 项目

本项目放射源为 ^{192}Ir ，半衰期 74.02d，能谱较为复杂， γ 线的平均能量为 468keV（最高 670keV），放射性活度 10Ci。由其工作原理可知， ^{192}Ir 后装机会产生 γ 射线。

4.1 正常工况

^{192}Ir 后装机需考虑防护的 γ 射线一般分成三类：主射线、漏射线和散射线。

(1) 主射线

主射线又称为有用射线、原射线，它直接来源于 γ 放射源，是放射治疗中所需要的射线，也是机房墙体屏蔽主要防护部位。

(2) 漏射线

漏射线是通过储源罐的防护材料或人体，由 γ 放射源向外发射的射线，它包括除有用射线外的未被人体吸收的射线和在储源罐屏蔽防护材料内产生的散射线两部分。

对放射防护而言，主要应考虑放射源处于照射位置时的情况；当放射源处于贮存位置时，储源罐产生的漏射线已达到可以接受的辐射水平。

(3) 散射线

散射线是有用射线作用在病人或其它物体上，由于散射作用而产生的射线，漏射线也能产生散射线，散射线可以有一次，两次以及更多次的散射。

从上述内容看，其放射性污染物为 γ 辐射，其污染途径为直接外照射。

4.2 事故工况

^{192}Ir 后装治疗机在使用过程中，在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

(1) 在运输、安装、使用、退役过程中屏蔽储源体（屏蔽装置）发生损坏导致源不能被屏蔽。

(2) 因工作人员操作不当或出现设备故障，在设备安装和换装放射源时，发生放射源由设备或容器中跌落出来，造成安装或操作人员受到强辐射照射。

(3) 后装治疗机处于运行状态时，因故障发生门机联锁装置失效，导致人员误入处于

运行状态的机房，受到不必要的辐射照射。

(4) 由于管理不善，源发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

(5) 施源器没有对准医疗部位就进行辐照治疗。

(6) 出现卡源事故，导致源无法收回到后装治疗机内，而使患者或工作人员受到超剂量照射。

5.非密封放射性物质工作场所

本项目核医学科使用的各核素的半衰期、衰变方式等情况见表 9-6。

表 9-6 本项目非密封放射性核素的相关属性

核素名称	状态	半衰期	毒性级别	衰变方式	主要射线和能量 (MeV)
^{18}F (氟)	液态	109.7	低毒	β^+ 、EC	γ 0.511 (200%)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (锝)	液态	6.02h	低毒	β^- 、IT	γ 0.141 (89%)
^{131}I (碘)	液态	8.04d	中毒	β^-	γ 0.364 (82%)

注：衰变方式栏中 EC 表示轨道电子俘获；IT 表示同质异能跃迁。

5.1 正常工况

本项目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：

5.1.1 ^{131}I

^{131}I 显像患者服药后观察无异常即可离开核医学科，服药后 24h 进入 SPECT/CT 机房进行显像，一般不产生放射性废水。

(1) ^{131}I 放射性药物的给药、收集含放射性废物等操作过程中，操作人员将受到放射性药物或含 ^{131}I 核素的液体、固体等发射的 β 射线、 γ 射线以及 β 射线与物质相互作用产生的韧致辐射对人员的外照射影响。

(2) ^{131}I 患者服药后，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，主要为 γ 射线。

(3) ^{131}I 为挥发性核素，在人员给药、收集放射性废物等操作过程或服 ^{131}I 药物患者呼出，而使 ^{131}I 进入空气中，非密封源工作场所周围工作或公众成员吸入 ^{131}I 而产生内照射影响。

(4) 放射性核素操作过程产生受污染的固体废物，放射性药品使用过程中产生的 β 表面污染。

(5) 核医学科工作场所通风系统过滤装置更换下来的废弃的活性炭。

5.1.2 $^{99\text{m}}\text{Tc}$

- (1) 放射性药品 ^{99m}Tc 发射的 γ 射线。
- (2) 放射性药品使用过程中产生的表面污染。
- (3) 放射性废水：在医院候诊期间病人排泄物和放射性药品操作过程的去污洗涤液。
- (4) 放射性固体废物：废药瓶、注射器、棉签、棉球、手套等放射性固体废物。
- (5) 放射性药品给药过程中产生的微量放射性气溶胶。
- (6) SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线对公众及辐射工作人员的外照射。
- (7) 核医学科工作场所通风系统过滤装置更换下来的废弃的活性炭。

5.1.3 ^{18}F

- (1) 放射性药品 ^{18}F 发射的 β 、 γ 射线。
- (2) ^{18}F 放射性药品使用过程中产生的 β 表面污染。
- (3) 放射性废水：在医院候诊期间病人排泄物和放射性药品操作过程的去污洗涤液。
- (4) 放射性固体废物：废药瓶、注射器、棉签、棉球、手套等放射性固体废物。
- (5) 放射性药品给药过程中产生的微量放射性气溶胶。
- (6) 核医学科工作场所通风系统过滤装置更换下来的废弃的活性炭。

5.2 事故工况

该评价项目使用的非密封放射性物质主要发生的放射性污染有：

- (1) ^{131}I 、 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 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；
- (2) 操作人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；
- (3) 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。

6.V 类密封源

本项目使用的 V 类密封源为 ^{68}Ge ，用于 PET/CT、PET/MR 校准，属于极低危险密封源。使用过程中可能产生以下影响：

6.1 正常工况

由于放射源是密封源，源活性物质也不会泄露， β 射线射程短穿透能力弱，因此在正常情况下， γ 射线将是对人体产生主要影响的外照射，而无放射性“三废”排放。废放射源交由生产厂家回收。

6.2 事故工况

- (1) 放射源丢失或被盜，屏蔽罐被打开，对公众产生外照射。
- (2) 外力撞击导致放射源跌落裸露时，使工作人员或公众受到外照射。

表 10 辐射安全与防护

一、项目安全设施

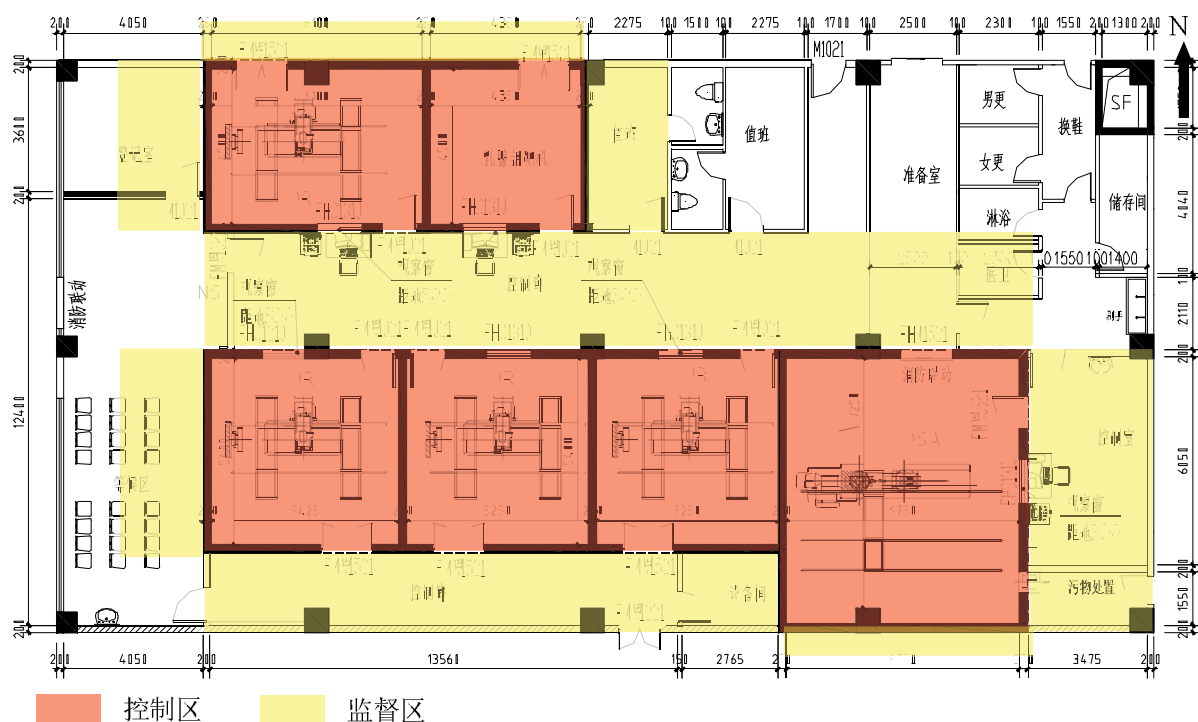
1.III类射线装置

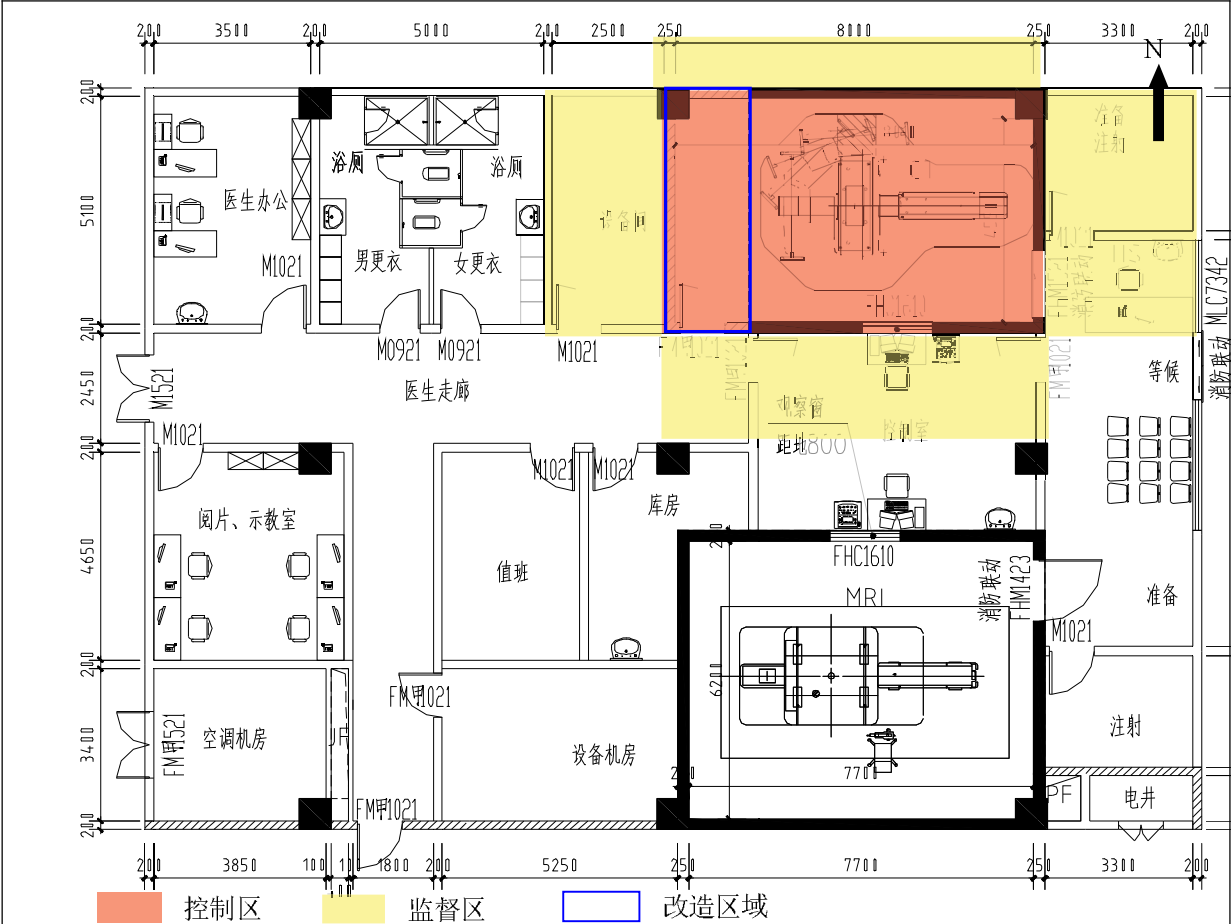
1.1 控制区与监督区

医院将 DR、乳腺钼靶机、CT 机、CT 模拟定位机机房曝光室划为控制区，将控制室及墙体外 30cm 划为监督区，并在机房患者出入防护门门口设置电离辐射警告标志及工作指示灯等，以防止和避免人员误闯入或误照。

医院将 PET/CT、SPECT/CT 机房曝光室划为控制区，将控制室及诊室、阅片室划为监督区，并在机房患者出入防护门门口设置电离辐射警告标志及工作指示灯等，以防止和避免人员误闯入或误照。

DR、乳腺钼靶机、CT 机平面布置及分区见图 10-1，CT 模拟定位机平面布置及分区见图 10-2。SPECT/CT 机房、PET/CT 机平面布置及分区见图 10-10。





医技综合楼一楼 CT 机房平面布置及分区图

图 10-1 医技综合楼一楼 X 射线装置机房平面布置及分区图

1.2 辐射安全与防护措施

本项目放射科 DR 机房（4 间）、乳腺钼靶机机房（1 间）及 DSA 机房（1 间）保持原机房屏蔽墙体不变。对原 CT 机房进行改造，拆除 CT 机房西墙，扩大 CT 机房面积，重建西墙，北墙、南墙向西延伸，与西墙搭接，改造部分见图 10-1。

依据建设单位提供的设计方案，现将各机房的主要技术参数列表分析，并根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度要求对本次评价项目的实际防护措施对照分析，结果见表 10-1。

表 10-1 III 类医用 X 射线装置机房防护措施情况一览表

项目		辐射防护情况	标准要求	评价
CT 模 拟定 位机	墙体	北墙、南墙、东墙均为 25cm 混凝土（3mmPb）；西墙与后装治疗机机房共用墙体，墙体厚 142cm 混凝土（22.4mmPb）；	CT 机房：有用线束方向、非有用线束方向铅当量 2.5mm 或 20cm 混凝土（2.35g/cm ³ ）；	符合

	顶棚	30cm 混凝土 (3.79mmPb) ;	CT 机: 机房内最小有效使用面积 30m ² , 机房内最小单边长度 4.5m;	符合
	防护门、观察窗	防护门及观察窗均为 5mmPb;		符合
	机房大小	48.72m ² (5.6m×8.7m) ;		符合
CT	墙体	北墙、南墙、东墙均为 25cm 混凝土 (3mmPb) , 西墙为 240mm 实心砖+5mmPb 防护涂料 (6.7mmPb) ;	CT 机房: 有用线束方向、非有用线束方向铅当量 2.5mm 或 20cm 混凝土 (2.35g/cm ³) ;	符合
	顶棚、底板	顶棚、底板均为厚 20cm 的混凝土 (2.5mmPb) ;		符合
	防护门、观察窗	防护门 5mmPb , 观察窗 4mmPb;		符合
	机房大小	40m ² (5m×8m) ;	CT 机: 机房内最小有效使用面积 30m ² , 机房内最小单边长度 4.5m;	符合
PET/CT	墙体	四周墙体均为 55cm 混凝土 (7.9mmPb)	CT 机房: 有用线束方向、非有用线束方向铅当量 2.5mm 或 20cm 混凝土 (2.35g/cm ³) ;	符合
	顶棚、底板	顶棚 25cm 混凝土 (3mmPb) , 底板 50cm 混凝土 (7mmPb) ;		符合
	防护门、观察窗	防护门 10mmPb , 观察窗 10mmPb;		符合
	机房大小	42.35m ² (5.5m×7.7m) ;	CT 机: 机房内最小有效使用面积 30m ² , 机房内最小单边长度 4.5m;	符合
SPEC T/CT	墙体	四周墙体均为 55cm 混凝土 (7.9mmPb)	CT 机房: 有用线束方向、非有用线束方向铅当量 2.5mm 或 20cm 混凝土 (2.35g/cm ³) ;	符合
	顶棚、底板	顶棚 25cm 混凝土 (3mmPb) , 底板 50cm 混凝土 (7mmPb) ;		符合
	防护门、观察窗	防护门 6mmPb , 观察窗 6mmPb;		符合
	机房大小	37.25m ² (5m×7.45m) ;	CT 机: 机房内最小有效使用面积 30m ² , 机房内最小单边长度 4.5m;	符合
DR	墙体	四周墙体均为 25cm 混凝土 (3mmPb) ;	标称 125kV 以上的摄影机房: 有用线束方向铅当量 3mm, 非有用线束方向铅当量 2mm;	符合
	顶棚、底板	顶棚、底板均为厚 20cm 的混凝土 (2.5mmPb) ;		符合
	防护门、观察窗	防护门 4mmPb , 观察窗 4mmPb;		符合
	机房大小	29.16m ² (5.4m×5.4m) , 28.35m ² (5.25m×5.4m) , 28.35m ² (5.25m×5.4m) , 27.45m ² (4.5m×6.1m) ;	单管头 X 射线机: 机房内最小有效使用面积 20m ² , 机房内最小单边长度 3.5m;	符合
乳腺钼靶	墙体	四周墙体均为 25cm 混凝土 (3mmPb) ;	乳腺机房: 有用线束方向铅当量 1mm , 非有用线束方向铅当量	符合

机	顶棚、底板	顶棚、底板均为厚 20cm 的混凝土 (2.5mmPb) ;	1mm;	符合
	防护门、观察窗	防护门 4mmPb , 观察窗 4mmPb;		符合
	机房大小	19.57m ² (4.5m×4.35m) ;	乳腺机: 机房内最小有效使用面积 10m ² , 机房内最小单边长度 2.5m;	符合
机房通风		机房设计排气装置, 保证通风状况良好;	机房应设置动力排风装置, 并保持良好的通风。	符合
标志、警示灯及闭门装置		防护门上均安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯, 机房大防护门设有闭门装置, 工作指示灯与患者出入防护门联动。	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。	符合
防护措施		各机房配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子至少 3 套供工作人员及受检患者使用, 上述防护用品铅当量为 0.5mmPb。给辐射工作人员配备个人剂量计。	每台 X 射线设备根据工作内容, 现场应配备不少于表 4 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。	符合

注: 混凝土密度 2.35t/m³; 实心灰砂砖密度 1.6t/m³; 防护涂料密度 3.4t/m³。

通过以上对照分析, 本次评价项目的 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 机房面积、最小单边长度均大于标准要求, 本次评价项目 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 机房的四面墙体、顶棚、底板、防护门以及观察窗的建设均采取了辐射屏蔽, 充分考虑邻室 (含楼上下) 及周围场所的人员防护与安全, 且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑, 本评价项目的各机房的防护设施的技术要求满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013) 中的相关防护设施的技术要求。

2. 数字减影血管造影仪 (DSA)

2.1 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射; 将 DSA 机房墙体外的设备间、污物处置室、控制室及过道等划为监督区。DSA 工作场所控制区与监督区划分见图 10-1。

2.2 辐射安全与防护措施

依据建设单位提供的设计方案，现将 DSA 机房的主要技术参数列表分析，并根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度要求对本次评价项目的实际防护措施对照分析，结果见表 10-2。DSA 项目平面布置图见图 10-1。

表 10-2 DSA 机房防护措施情况一览表

项目	辐射防护情况	标准要求	评价
墙体	四周墙体均为 25cm 混凝土（3.36mmPb）；	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；	符合
顶棚、底板	顶棚、底板均为厚 20cm 的混凝土（2.6mmPb）；		符合
防护门、观察窗	防护门 4mmPb，观察窗 4mmPb；		符合
机房大小	51.59m ² （6.7m×7.7m）；	单管头 X 射线机：机房内最小有效使用面积 20m ² ，机房内最小单边长度 3.5m；	符合
机房通风	机房设计排气装置，保证通风状况良好。	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。	符合
标志、警示灯及闭门装置	防护门上均安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯，机房大防护门设有闭门装置，工作指示灯与患者出入防护门联动。	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。	符合
防护措施	DSA 机房配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子 7 套供工作人员使用及受检患者使用，配备铅眼镜 5 副，上述防护用品铅当量为 0.5mmPb。给辐射工作人员配备个人剂量计。	每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 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服；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。	符合

通过以上对照分析，本次评价项目的 DSA 介入手术室面积、最小单边长度均大于标准要求，本次评价项目的四面墙体、顶棚、底板、防护门以及观察窗的建设均采取了辐射屏蔽，充分考虑邻室（含楼上下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本评价项目的 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ

130-2013) 中的相关防护设施的技术要求。

3.医用电子直线加速器

3.1 控制区与监督区

医院将医用电子直线加速器机房的治疗室及迷道划为控制区，将加速器机房屏蔽体外的设备间、过道、控制室等划为监督区。控制区内不得有人滞留，以辐射安全联锁、视频监控系统及警示装置控制及管理制度保障此区的辐射安全，在控制区的进出口（防护门处）设置电离辐射警告标志及工作指示灯。管理上必须严格按区管理，避免人员误闯入或误照，直线加速器机房平面布置及分区图见图 10-2。

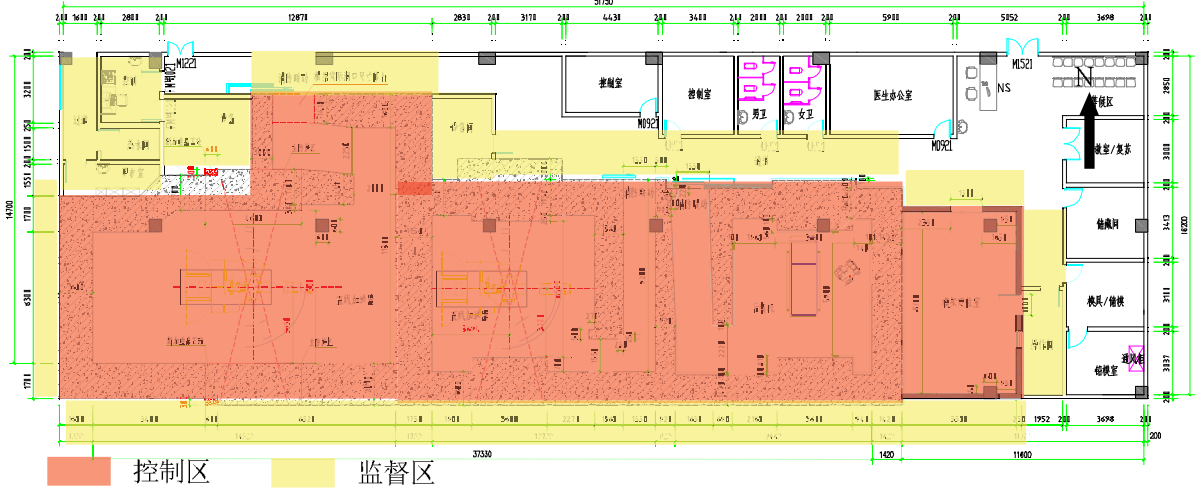


图 10-2 直线加速器、后装治疗机及 CT 模拟定位机机房平面布置及分区图

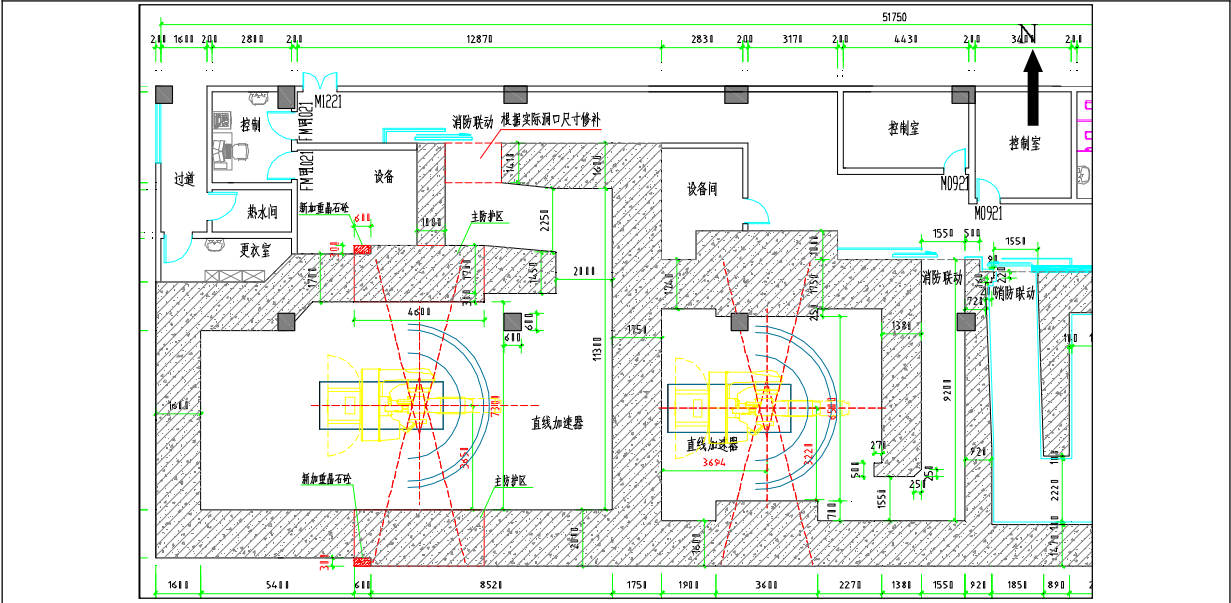
3.2 辐射安全与防护措施

本项目在直线加速器机房 1 的北墙、南墙主屏蔽墙西侧增加厚 30cm、宽 60cm 的重晶石混凝土，在顶棚主屏蔽墙西侧增加厚 40cm、宽 60cm 的重晶石混凝土。在直线加速器机房 2 南墙主屏蔽区增加 4cm 厚的铅板，在顶棚主屏蔽方向增加厚 70cm、宽 390cm 的重晶石混凝土，在顶棚次屏蔽区增加厚 30cm 普通混凝土。后装治疗机、CT 模拟定位机机房屏蔽墙体不变。改造部分见图 10-3。

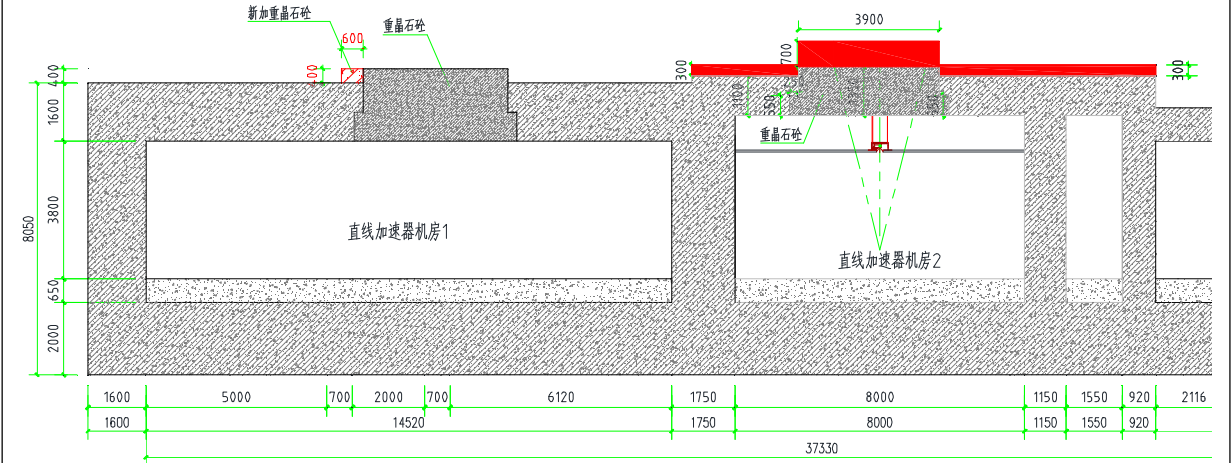
医院直线加速器机房防护措施情况见表 10-3，机房平面布置及剖面图见图 10-3。

表 10-3 医用电子直线加速器机房防护措施情况一览表

项目		厚度	备注
直线加速器机房 1			
治疗室面积及净空高		91.476m ² （6.3m×14.52m），净高 3.8m。	
北墙	主防护墙	厚 2000mm 的重晶石混凝土，宽 4600mm；	普通混凝土 密度 2.35g/cm ³ ， 重晶石混凝土密 度 3.4g/cm ³ 。
	次防护墙	厚 1450mm~1700mm 的普通混凝土；	
	迷路外墙	厚 1412mm~1600mm 普通混凝土；	
南墙	主防护墙	厚 2000mm 的重晶石混凝土，宽 4600mm；	
	次防护墙	西侧厚 1700mm 的普通混凝土，东侧厚 2000mm 的普通混凝土；	
西墙		厚 1600mm 的普通混凝土；	
东墙		厚 1750mm 的普通混凝土；	
顶棚	主防护墙	厚 2000mm 的重晶石混凝土，宽 4600mm；	
	次防护墙	厚 1600mm 的普通混凝土；	
防护门		电动铅防护门，14mmPb+100mm 含硼聚乙烯（5%硼）；	
直线加速器机房 2			
治疗室面积及净空高		51m ² （6.57m×7.77m），净高 4.5m。	
北墙	主防护墙	厚 3000mm 的普通混凝土，宽 5000mm；	普通混凝土 密度 2.35g/cm ³ ， 重晶石混凝土密 度 3.4g/cm ³ 。
	次防护墙	厚 1740mm 的普通混凝土；	
南墙	主防护墙	厚 2300mm 的普通混凝土+4cmPb，宽 3600mm；	
	次防护墙	厚 1600mm 的普通混凝土；	
西墙		厚 1750mm 的普通混凝土；	
东墙		迷路内墙厚 1380mm 的普通混凝土；	
		迷路外墙厚 722mm~920mm 的普通混凝土；	
顶棚	主防护墙	厚 2050mm 的重晶石混凝土，宽 3.9m；	
	次防护墙	厚 1100mm 的普通混凝土+30cm 普通混凝土；	
防护门		电动铅防护门，12mmPb+100mm 含硼聚乙烯（5%硼）；	



医技综合楼一楼直线加速器机房平面布置图



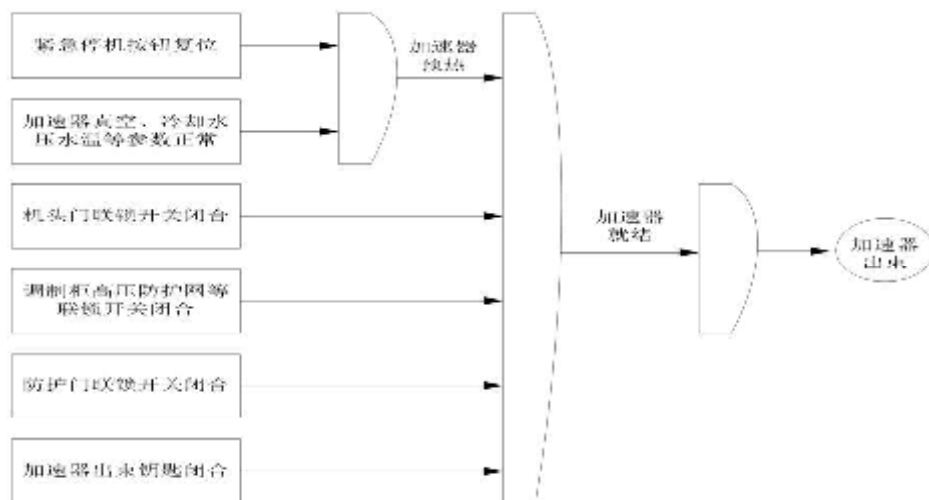
直线加速器机房剖面图

图 10-3 直线加速器机房平面布置及剖面图

3.3 各直线加速器机房采取的其他辐射安全与防护措施如下：

- (1) 在直线加速器治疗室内设摄像装置，在迷路墙内设 1 个摄像装置，设置对讲装置，便于控制室操作人员观察治疗室内人员停留等情况和与治疗室内人员交流，见图 10-4。
- (2) 直线加速器机房控制室、治疗床及治疗室内设置紧急停机按钮，按下急停按钮直线加速器立即停止出束，见图 10-5。
- (3) 直线加速器机房入口处设置防护门及迷路，防护门与加速器联锁，即防护门打开时加速器不能出束；防护门设有防夹人装置，即当有人进出防护门时，防护门自动停止关门动作；防护门外设置工作指示灯及电离辐射警告标志，工作指示灯与直线加速器联锁，出束时灯亮，防护门具有手动装置。防护门内外设置应急开门设施。安全联锁逻辑关系示

例图如下：



加速器安全联锁逻辑关系示意图

(4) 直线加速器 1 机房治疗室体积为 347.6m^3 ，排风能力为 $5500\text{m}^3/\text{h}$ ，能使机房换气 15.8 次/h 以上；直线加速器 2 机房治疗室体积为 227.27m^3 ，排风能力为 $5500\text{m}^3/\text{h}$ ，能使机房换气 24 次/h 以上；排风口距地面 20cm；送风口离地面 3m，与排风口成对角设置，能有效排出治疗室内气体。直线加速器机房排风能力均满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中治疗室通风换气次数应不小于 4 次 h 的要求。直线加速器送风、排风路径示意图见图 10-6。

(5) 直线加速器采用冗余剂量监测组合的双道剂量监测系统，每一道剂量监测系统能单独终止辐射，当剂量达到预选值时，停止出束，以防止患者受到超剂量照射；控制台配备独立于其他任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当出束中断或终止后保留计数器读数，必须将计数器复位到零后才能开始下一次辐照。

(6) 医院给本项目辐射工作人员配备个人剂量计，并每季度定期送检，建立剂量监测档案。

(7) 医院配备便携式 X- γ 辐射监测仪 1 台供放疗科使用，直线加速器机房配备铅衣、铅帽等防护用品 4 套，配备个人剂量报警仪 4 台。医院辐射工作人员进入直线加速器机房前，在控制室内通过控制台、安装在机房内的监测设备等方式确定加速器已停止出束后方可进入加速器机房，进入加速器机房时穿戴铅衣、个人剂量报警仪、个人剂量计等辐射防护用品。

医院定期对门机联锁、剂量监测系统、辐射安全与防护装置进行定期检查，发现异常时及时维修，确保各辐射安全与防护措施运行正常。

综上所述，直线加速器机房辐射安全与防护措施满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中的相关要求。但医院应细化设计图纸，如补充对讲装置、固定式剂量监测装置等安装位置示意图等。

3.4 布局合理性分析

医用电子直线加速器机房位于医技综合楼一楼西侧，机房自西向东布设，机房较集中，便于管理；加速器机房西面为过道，东面为后装治疗机机房，北面及南面为过道，楼上为夹层，楼下为土层，机房位置避开了人员聚集区，机房四周人员很少停留；机房的控制室与治疗室分离，设置了迷路及防护门，有用线束避开了控制室，布局合理。

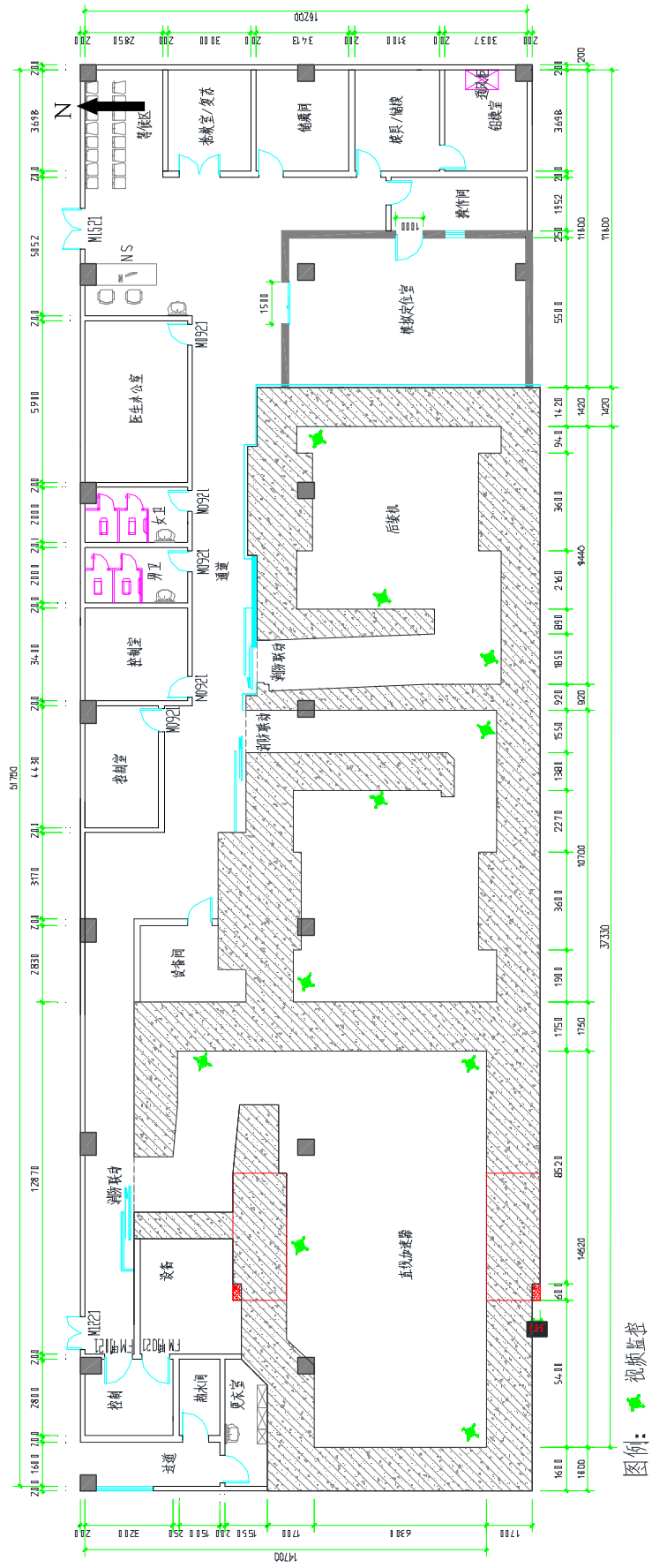


图 10-4 直线加速器及后装治疗机房视频监控装置安装位置示意图

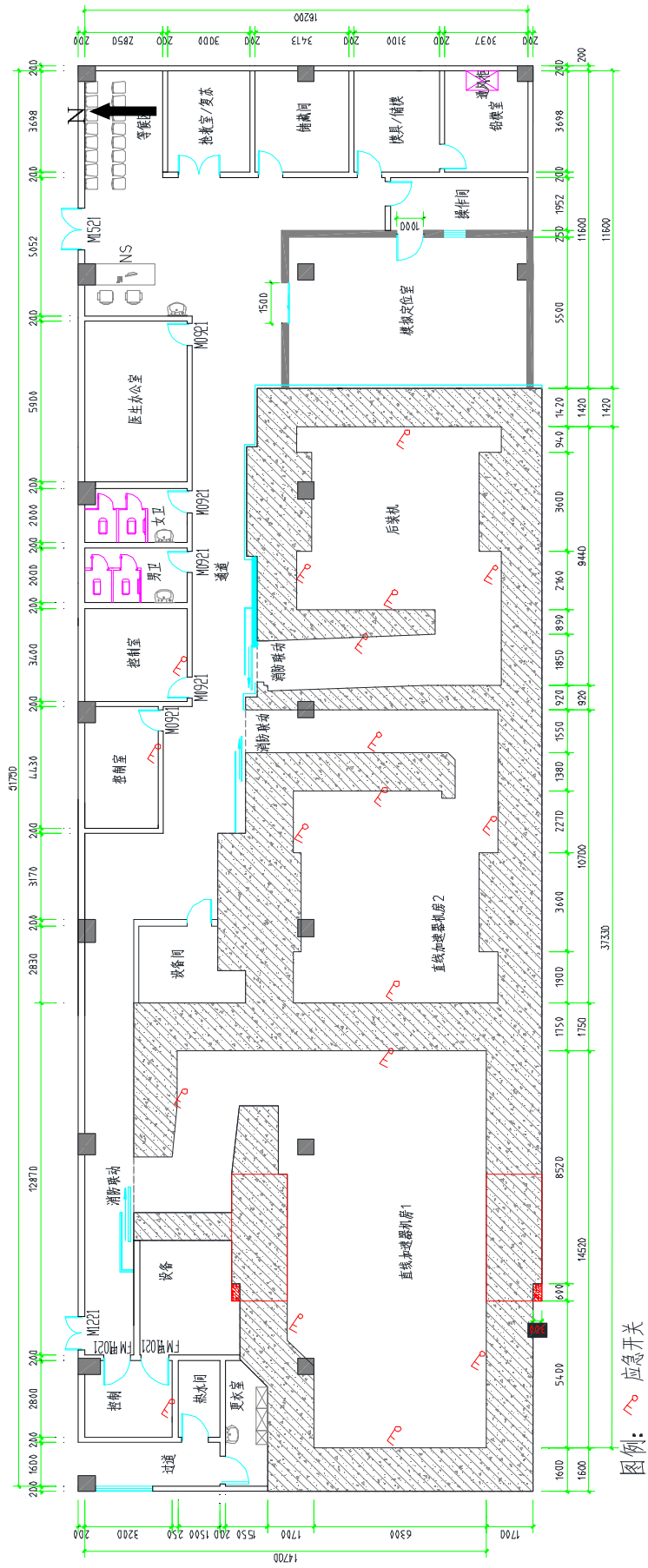


图 10-5 直线加速器及后装治疗机房应急停机按钮安装位置示意图

3.5 电缆沟

直线加速器机房内设有电缆沟 1 处，电缆沟穿越墙体位置避开了控制室操作台，出口处无人员长期停留。电缆沟采用下穿方式穿越侧屏蔽墙体，采用多折曲路，能有效的减少射线的散射和泄漏辐射，电缆沟穿防护墙大样图见图 10-7。

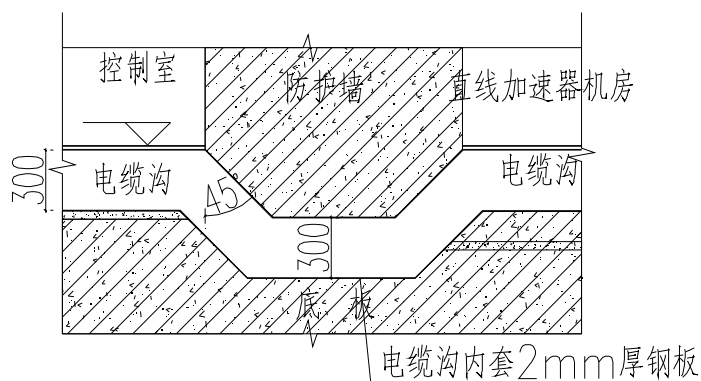


图 10-7 电缆沟剖面图

3.6 物理测试孔

医用电子直线加速器机房在迷路外墙设有物理测试孔，物理测试孔位置避开了有用线束方向；物理测试孔以水平 45°、上下 25°角斜穿墙体，从迷路外墙由下往上向上斜穿墙体，物理测试孔口迷路外墙内侧处距地 30cm，能有效减少散射射线的泄漏辐射影响。物理测试孔穿墙剖面图见图 10-8。

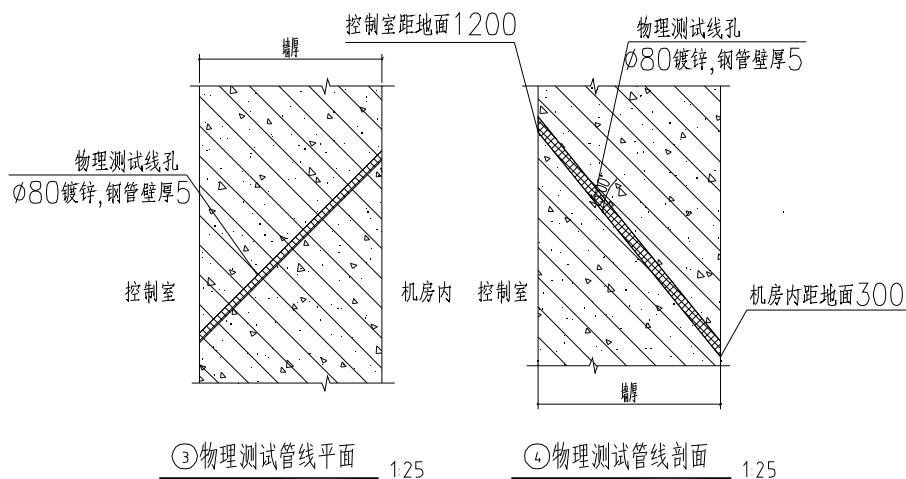


图 10-8 物理测试孔平面及剖面图

4.¹⁹²Ir 后装治疗机

4.1 控制区与监督区

后装治疗机放射工作场所分区：把工作场所分为控制区、监督区，实行分区管理，避免人员误闯入或误照。医院将后装治疗机治疗室设置为控制区，在控制区进出口设立醒目

的电离辐射警告标志及工作指示灯，严格控制非相关人员进入控制区；将后装治疗机房外的过道等设置为监督区。后装治疗机机房分区见图 10-2。

4.2 辐射安全与防护措施

后装治疗机机房防护措施情况见表 10-4，后装治疗机房平面布置及剖面图见图 10-9。

表 10-4 后装治疗机机房辐射防护措施情况一览表

项目		厚度	备注
治疗室面积及净空高		治疗室面积约为 40.87m ² （6.1m×6.7m），净高 3.8m。	
北墙	主防护墙	厚 2380mm 的混凝土，宽 3600mm；	四周屏蔽墙体及顶棚一次浇筑而成，混凝土密度不低于 2.35g/cm ³ 。
	次防护墙	厚 1420mm 的混凝土；	
南墙	主防护墙	厚 2280mm 的混凝土，宽 3600mm；	
	次防护墙	厚 1470mm 的混凝土；	
西墙		迷路内墙厚 890mm~1098mm 的混凝土；	
		迷路外墙厚 722mm~920mm 的混凝土；	
东墙		厚 1420mm 的混凝土；	
顶棚	主防护墙	厚 1980mm 的混凝土，宽 3100mm；	
	次防护墙	厚 920mm 的混凝土；	
防护门		电动铅防护门，10mmPb；	

4.3 后装治疗机机房采取的其他辐射安全与防护措施如下：

（1）后装治疗机机房设有准备室、控制室、治疗室等功能用房，治疗室面积 40.87m²（6.1m×6.7m），治疗室体积为 155.3m³。

（2）后装治疗机机房内对角设置送风及排风装置，送风能力为 5500m³/h，送风口距地面 3m；排风机排风能力为 4000m³/h，治疗室内排风口距地面 0.2m，能使机房换气 35.4 次/h，见图 10-6。

（3）后装治疗机机房设有迷路，迷路入口设有防护门，防护门设有门-机联锁装置，开门状态不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置；防护门设有防夹人装置，即当有人进出防护门时，防护门自动停止关门动作。防护门设有手动开门装置。防护门外设置工作指示灯及电离辐射警告标志。

（4）后装治疗机机房控制室控制台及治疗室内布设应急停机按钮，紧急情况下，按下急停开关应能使放射源自动回到后装治疗设备的安全位置，见图 10-5。治疗室内张贴应急指示。

（5）后装治疗机机房治疗室内、迷道设置视频监视和对讲设备，便于控制室操作人员

观察治疗室内及迷道人员停留等情况，与治疗室内人员交流，见图 10-4。

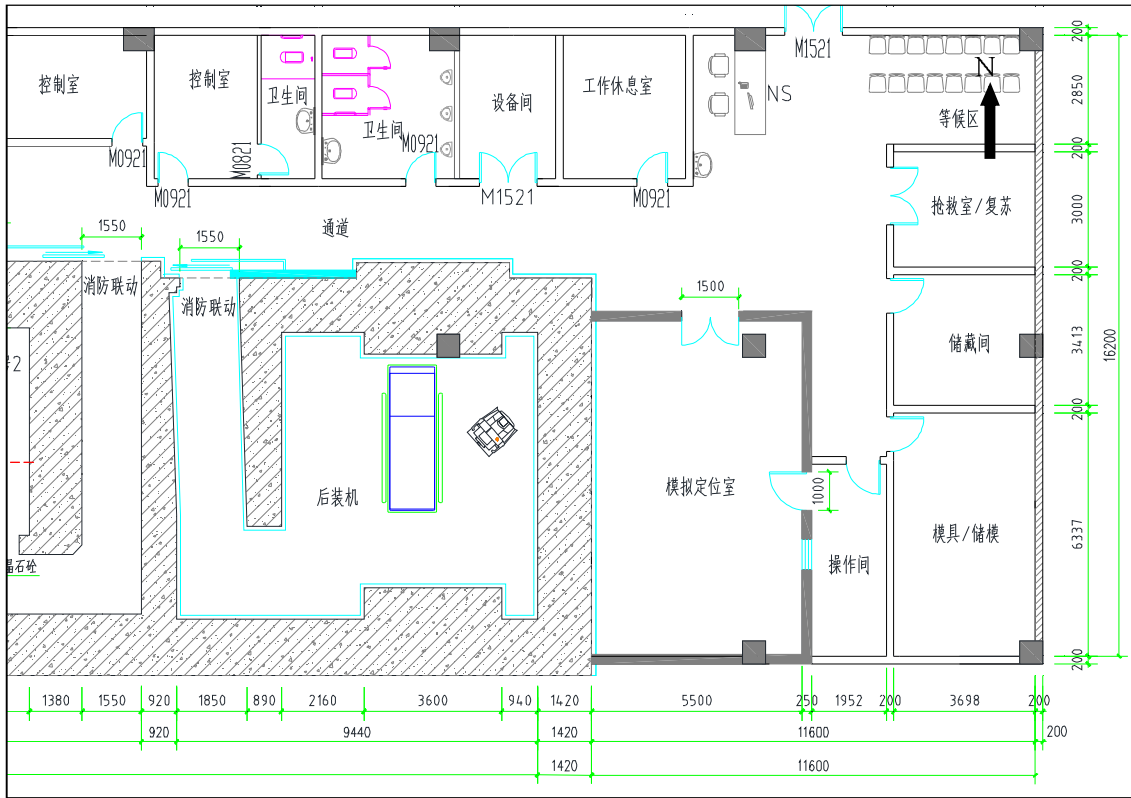
(6) 在后装治疗机机房治疗室迷道出、入口处设置固定式剂量监测报警装置 1 套，在控制室内设置显示单元。

(7) 医院后装治疗室内配备 30mmPb 铅罐 1 个，配备长柄镊子、钳子、高强度钢丝剪等应急设备。

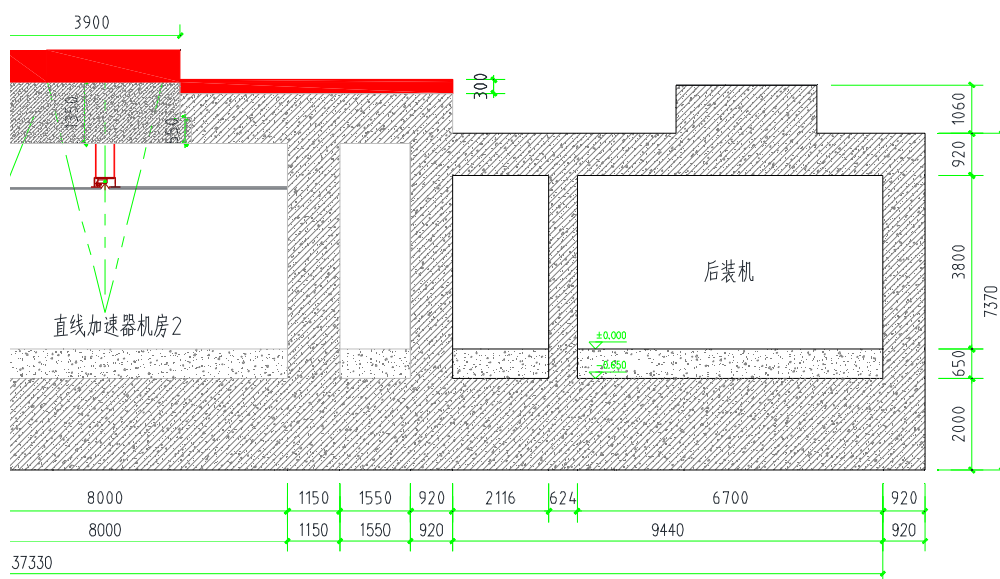
(8) 医院配备便携式 X- γ 辐射监测仪 1 台供放疗科使用，后装治疗机机房配备铅衣、铅帽等防护用品 3 套，配备个人剂量报警仪 3 台。

(9) 工作人员在操作室操作并配戴个人剂量计，每季度送有资质单位检测，建立个人剂量监测档案。医院配备个人剂量报警仪、铅衣、铅帽等防护用品。医院辐射工作人员进入后装机治疗室前，应在控制室内通过控制台、安装的室内监测设备等确定放射源已回到屏蔽体内后方能进入治疗室，进入治疗室时应穿戴铅衣、个人剂量报警仪、个人剂量计等辐射防护用品。

综上所述，后装治疗机机房辐射安全与防护措施满足《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ 121-2017）中的相关要求。但医院应细化设计图纸，如补充对讲装置、固定式剂量监测装置等安装位置示意图等。



后装治疗机机房平面布置图



后装治疗机机房剖面图

图 10-9 医技综合楼一楼后装治疗机机房平面布置及剖面图

4.4 布局合理性分析

后装治疗机机房位于医技综合楼一楼，机房西面为直线加速器机房，东面为 CT 模拟定位机机房，北面及南面为过道，机房上方为夹层，后装治疗机机房位置避开了人员聚集区，机房四周人员很少停留；机房的控制室与治疗室分离，设置了迷路，布局合理。

4.5 电缆沟

后装治疗机机房控制室侧墙体处设有 1 个电缆沟，电缆沟位置避开了控制室操作台，出口处无人员长期停留；电缆沟采用下穿方式穿越侧屏蔽墙体，采用多折曲路，能有效的减少射线的散射和泄漏辐射，电缆沟剖面图见图 10-7。

5.核医学科

5.1 控制区与监督区划分

本项目将核医学科工作场所的分装室、注射室、运动负荷抢救室、废物间、PET 注射后休息室、VIP 休息室、SPECT 注射后休息室、污洗间、留观室、PET/CT 机房、PET/MR 机房、SPECT/CT 机房、抢救室、服药后患者专用卫生间、服药后患者专用通道等划分为控制区，禁止无关人员进入，并在控制区出入口设置电离辐射警示标志及单向门禁系统。将核医学科工作场所未被划为控制区的其他区域划为监督区，如更衣间、医生办公室、PET/CT 机房控制室、PET/MR 机房控制室、SPECT/CT 机房控制室、设备间、阅片室、诊室等。

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见图 10-10。



5.2 辐射安全与防护措施

5.2.1 辐射防护措施

本项目核医学科工作场所采取的防护措施见表 10-5。

表 10-5 核医学科工作场所防护措施一览表

功能室名称	墙	顶棚、底板	门、窗
缓冲间	四周墙体均为 25cm 混凝土	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 4mmPb
分装室	北墙、南墙、西墙为 25cm 混凝土, 东墙为 24cm 实心砖墙+10mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 10mmPb
注射室	南墙、西墙为 25cm 混凝土,北墙、 东墙为 24cm 实心砖墙+10mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 10mmPb
运动负荷/抢救室	南墙、东墙、西墙为 25cm 混凝土, 北墙为 24cm 实心砖墙+6mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 6mmPb
废物/储源室	北墙、南墙、东墙为 25cm 混凝土, 西墙为 24cm 实心砖墙+8mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 10mmPb
PET 注射后休息室	北墙、南墙、西墙为 25cm 混凝土, 东墙为 24cm 实心砖墙+10mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 10mmPb
PET 注射后 VIP 休息室 1	北墙、南墙、东墙为 25cm 混凝土, 西墙为 24cm 实心砖墙+10mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 10mmPb
PET 注射后 VIP 休息室 2	北墙、南墙、西墙为 25cm 混凝土, 东墙为 24cm 实心砖墙+10mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 10mmPb
PET/CT 机房	55cm 混凝土	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 10mmPb
PET/MR 机房	西墙、东墙为 55cm 混凝土,南墙、 北墙为 24cm 实心砖墙+8mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 8mmPb
SPECT 注射后休息室	北墙、南墙、东墙为 25cm 混凝土, 西墙为 24cm 实心砖墙+6mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 6mmPb
留观室	四周墙体为 24cm 实心砖墙 +2mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 4mmPb
SPECT/CT 机房	55cm 混凝土	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 6mmPb
污洗间	北墙、南墙、东墙为 24cm 实心砖 墙+4mmPb, 西墙为 25cm 混凝土	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	防护门 4mmPb
患者走廊	四周墙体为 24cm 实心砖墙 +6mmPb	顶棚 25cm 混凝土; 底板 50cm 混凝土;	出入口禁防护门 6mmPb

表 10-6 核医学科工作场所辐射防护用品一览表

位置	名称	数量	铅当量
注射室	注射窗	1	30mmPb 的铅玻璃
PET 显像检查区	铅衣、铅帽、铅围裙	6 套	0.5mmPb
	3ml、5ml 注射器防护套	各 2 个	10mmPb
	铅废物桶	4 个	10mmPb

^{99m}Tc	铅衣、铅帽、铅围裙	3 套	0.5mmPb
	铅废物桶	3 个	10mmPb
		2 个	5mmPb
	注射器屏蔽套	2 个	2mmPb
	注射器防护盒	1 个	5mmPb
^{131}I	铅衣、铅帽、铅围裙	1 套	0.5mmPb
	铅废物桶	2 个	5mmPb
核医学科	便携式 X- γ 辐射监测仪	1 台	/
	便携式表面沾污仪	1 台	/
	^{131}I 通风柜	1 个	通风柜正面 40mmPb，其他侧面 30mmPb；
	^{99m}Tc 通风柜	1 个	通风柜各壁及观察窗铅当量 20mmPb。
	^{18}F 通风柜	1 个	通风柜各壁及观察窗铅当量 40mmPb
	去污用品	在核医学科的卫生通过设有相关放射性药物的去污用品。包括衣服、一次性手套、口罩、去污剂；标记笔、刷子、吸水纸、酒精湿巾、镊子、塑料袋、标签、胶带、电离辐射警告标志等。	

5.2.2 其他

(1) 核医学科使用的 ^{131}I 、 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 核素均由药物供应商供应，医院应对放射性药物供应商资质进行审核，确保放射性药物由符合国家相关要求的供应商提供。如辐射安全许可证、放射性物质运输资质等，供应商应取得销售非密封放射性物质的辐射安全许可证，本项目使用的核素在供应商的辐射安全许可范围内。

(2) 表面污染监测

①测量时，先测量仪器本底，证实仪器正常后再开始测量。探测器表面尽量靠近表面，但不要贴到表面，以免仪器被沾污。测量 α 污染时应不大于 0.5cm，测量 β 污染时以 1cm 为宜。

②测量应先上后下，先后后背，人体直立，四肢和手指分开，在全面巡测的基础上，再重点监测暴露部位（手、脸等）。

③控制好监测仪器探头移动速度，移动速度应与监测仪器读数响应时间相匹配。

④实施测量的地点，应避开 γ 辐射场的干扰。

⑤每次测量完后应对污染仪器做本底测量，证实监测仪器未被污染。监测设备应定期（每年至少 1 次）送检。

(3) 核医学科在 PET 注射后休息室（含 VIP 休息室 1、VIP 休息室 2）、SPECT 注射后休息室、留观室均设有专用卫生间供服药患者使用；在缓冲间设有淋浴设施及洗手池供

工作人员使用，洗手池采用脚踏式开关，能有效减少场所内设备的污染。

核医学科洗消设备旁设置香皂、中性肥皂等一般清洗用品，同时也配备生理盐水、含碘的鲁戈（Lugol）液、醋酸溶液（PH4~5）等专用去污剂，配备软毛刷、毛巾、浴巾、纸巾、隔离布、隔离衣、隔离帽、手套、污染人员更换衣物、伤口处理工具等去污用品供工作人员去污使用。

发现人员被污染时，应尽可能现场就近处理，如在更衣间的洗手池去污，再进淋浴间进行淋浴。尽快脱去污染的衣物和鞋，并转入污染物品袋；要尽早开始流动水冲洗去污。去污过程中，污染衣物的脱放、去污剂的选取、污染人员的管理等要避免放射性核素进入体内和避免放射性核素播散到他人处。去污产生的一般放射性废物置于废物桶内，污染的衣物等用品装入污染物品袋内，在废物间内暂存至少十个半衰期；污染衣物等经十个半衰期以上时间衰变处理后，经检测无异常后，可清洗后重复使用。

（4）医院给辐射工作人员配备个人剂量计，定期送有资质单位监测，建立监测档案。操作人员佩带个人剂量计。

（5）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。

（6）核医学科患者出入口设置门禁系统防止无关人员误入，入口防护门只进不出，出口防护门只出不进；设有相对独立的工作人员与服药患者通道，防止工作人员与服药患者的交叉污染。

（7）在核医学科患者出入口设置电离辐射警告标志。在 SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、PET/MR 机房门口设置电离辐射警告标志及工作指示灯。

（8）医院在核医学科工作场所控制区出口设置 X- γ 辐射及表面污染监测设备，辐射工作人员及物品从控制区出口离开时，使用科室配备的 X- γ 辐射监测设备及表面沾污等辐射监测设备，对人体体表、衣物等进行监测，监测无异常后才能离开核医学科。

（9）医院在核医学科 PET/CT 及 PET/MR 机房分别设置 1 个保险柜，用于存放 ^{68}Ge 放射源，保险柜实行双人双锁，PET/CT、PET/MR 机房及核医学科设有视频监控装置、防火防盗等安全措施。

（10）在核医学科地面设置导流线，引导辐射工作人员及受检者进入对应的房间，防止人员误入。

5.3 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 10-11。

（1）患者通道

^{131}I 显像患者在患者入口处的等候登记室候诊，待医生叫号后进入服药患者通道在注射室给药窗口服药，服药后进入留观室留观，留观无异常从核医学科东面出口离开核医学科。第二天按约定时间进入 SPECT 注射后休息室候诊，之后进入 SPECT/CT 机房进行显像检查，扫描检查后通过核医学科东面出口离开。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 未服药患者在患者入口处的等候登记室候诊，待医生叫号后进入服药患者通道在注射室给药窗口接受注射，注射药物后进入 SPECT 注射后休息室候诊，候诊一段时间后进入 SPECT/CT 机房接受扫描检查，扫描检查后通过核医学科东面出口离开。

^{18}F 未服药患者在患者入口处的等候登记室候诊，待医生叫号后进入服药患者通道在注射室给药窗口接受注射，注射药物后进入 PET 注射后休息室候诊，候诊一段时间后进入 PET/CT 机房或 PET/MR 机房接受扫描检查，扫描检查后通过核医学科东面出口离开。

（2）工作人员通道

SPECT/CT、PET/CT、PET/MR 机房控制室工作人员从核医学科北面过道进入相应机房控制室进行操作，技师会进入房间与服药患者沟通指导，一般不接触服药患者；非密封放射性物质分装、注射人员从核医学科西面患者入口进入，通过缓冲间进入分装室进行药物分装及注射操作，操作完成后通过缓冲间离开核医学科。

辐射工作人员从分装室离开时，均用医院配备的 X- γ 辐射监测设备及表面污染监测设备进行监测，经监测无污染后离开核医学科。

核医学科控制区出、入口设置门禁系统，防止病人服药后从入口离开核医学科及无关人员进入，在出入口处设置醒目的电离辐射警示牌，禁止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。

（3）药物通道

核医学科药物均由合格的药物供应商提供，药物从核医学科西侧入口进入，经过注射室进入分装室，将药物放置在分装室相应的通风柜内。送药时，一般为其他人员未上班或人员休息等人员较少的时间段进行。核医学科送药路径短捷，采取了管理措施在时间上确保将人流与物流分开。

（4）放射性废物通道

在下班或无服药患者候诊时，辐射工作人员将核医学科各功能用房中废物桶收集到的放射性固体废物按核素类别分类收集，经注射室进入分装室，将分类收集好的放射性固体

废物统一放置于废物间，然后通过缓冲间，检测无污染后离开核医学科。

5.4 工作场所分级

(1) 工作场所分级

根据《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 10-7。

表 10-7 核医学科使用的放射性核素日等效最大操作量计算一览表

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}I	7.60×10^8	中毒, 0.1	简单操作, 1	7.60×10^7
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	4.07×10^{10}	低毒, 0.01	很简单的操作, 10	4.07×10^7
^{18}F	2.41×10^{10}	低毒, 0.01	很简单的操作, 10	2.41×10^7
小计				1.41×10^8

由表 10-7 可见，核医学科核素（ ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F ）总的日等效最大操作量为 $1.41 \times 10^8 \text{Bq}$ ，在 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ 之间，因此该非密封放射性物质工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

(2) 工作场所分类

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）对临床核医学工作场所具体分类办法，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 10-8。

表 10-8 放射性核素加权活度及工作场所分类一览表

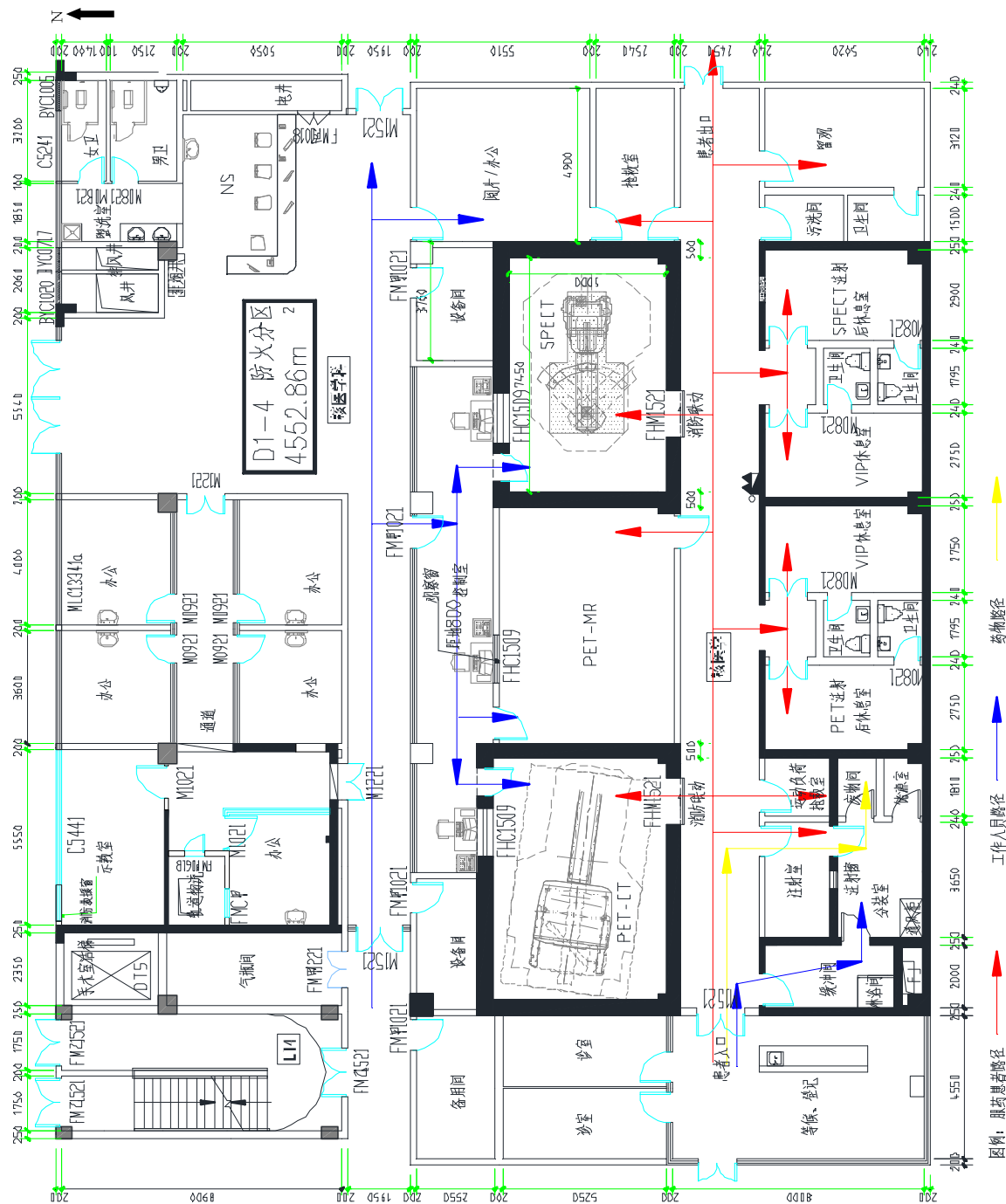
核素名称	日操作最大活度 (MBq)	权重因子	操作性质修正因子	加权活度 (MBq)	工作场所分类
^{131}I	7.60×10^2	100	1	7.60×10^4	/
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	4.07×10^4	1	1	4.07×10^4	/
^{18}F	2.41×10^4	1	1	2.41×10^4	/
合计				1.41×10^5	I

评价项目的总加权活度为 $1.41 \times 10^5 \text{MBq}$ ，大于 50000MBq ，因此该工作场所属于 I 类核医学工作场所。

本项目核医学科区域辐射工作区的地面、墙面拟采取易清洁不易渗透的 PVC 材料，地板和墙壁接缝设计采用无缝隙的弧线处理；工作台表面采用易清洗的不锈钢材料或铺砌磨光花岗岩板材，配备清洗及去污设备。核医学科区域污水排水管道与非污染区相对独立，专用卫生间内的废水经收集后排入专用废液衰变池，经衰变池衰变足够时间后，方可排入医院废水处理站，再排入城市污水管网。分装室配备通风柜，通风柜内废气由排放系统直通屋顶高出屋脊 3m 排放，满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中 I 类核医学工作场所的防护设计要求。

5.5 通风换气措施

医院核医学科设有 1 个通风柜存放 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 药物，非密封放射性物质的分装、药物汲取等操作均在通风柜内进行，通风柜系统的排气速度不低于 1m/s，通风柜排风管道设有活性炭过滤装置。核医学科设有独立专用的排风管道，排风管道设有活性炭过滤吸附装置，设置止回风阀及防灌水设施，排风口高度高于本建筑物屋脊高度，核医学科通风系统符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的相关要求。核医学科送风、排风路径见图 10-12。



核医学科内工作人员、患者及药物路径示意图



核医学科服药患者离开核医学科路径

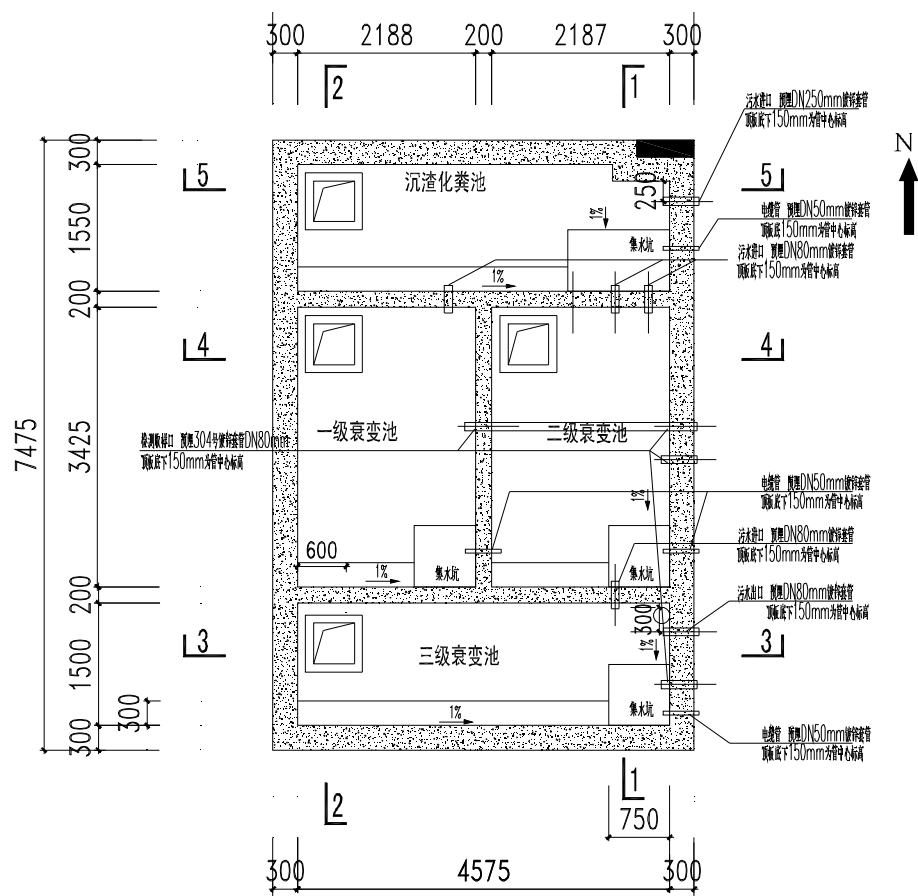
5.6 放射性废液衰变池

医院在医技综合楼负一楼设有专用衰变池供核医学科使用，衰变池包括沉渣化粪池 1 个、独立交替使用（并联）的衰变池 3 个。核医学科产生的放射性废水从排水管道进入沉渣化粪池进行沉淀处理。沉渣化粪池中超声波感应器探测到沉渣池水满时，通过可编程控制器（Programmable logic Controller，简称 PLC）自动控制柜启动一号泵，把沉渣池的水排入一级衰变池，直到一级衰变池水存满为止。沉渣化粪池持续进水，一级衰变池水满且沉渣化粪池水满后，通过 PLC 控制柜控制启动二号水泵，把沉渣化粪池的污水排入二级衰变池，持续到二级衰变池水满为止。二号衰变池水满时，通过 PLC 自动控制柜启动三号水泵，把一级衰变池废水排出到三级衰变池，一级衰变池重新开始进水，当一级衰变池水再次贮满时，自动控制柜启动五号水泵把三级衰变池的废水排到医院总化粪池处理。然后控制柜启动四号水泵把二级衰变池的废水排出到三级衰变池存放，二级衰变池就开始重新进水。按此顺序反复循环。

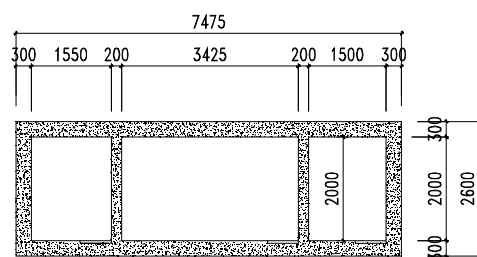
沉渣化粪池容积约为 12.15m^3 ，放射性废液衰变池一级、二级衰变池容积均为 14.9m^3 ，三级衰变池的容积为 13.71m^3 。核医学科 PET 注射后休息室、SPECT 注射后休息室均设置病人专用卫生间，病人排泄物废水及含放射性废水排入衰变池进行衰变处理，含放射性废水经过至少十个半衰期以上时间衰变、经检测达标后，方可排放到医院污水处理站。

放射性废液衰变池四周壁及顶板厚均为 30cm 重晶石混凝土（密度 $3.4\text{g}/\text{cm}^3$ ）。

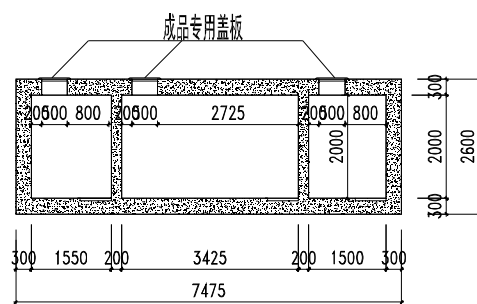
核医学科放射性废液衰变池池底、池壁均采用混凝土材料，设置防泄漏措施。放射性废液衰变池设取样孔，便于日常检测时取样。沉渣化粪池设切割式潜水泵，衰变池设潜水泵，衰变池设浮球液位器和电动阀，采用全自动切换控制方式。衰变池水满、排放废水前，取样进行检测，经检测达标后用搅拌装置将衰变池中液体搅匀，然后用水泵泵出排放，减少废水池沉积物对衰变池容积的影响。在衰变池显著位置设置电离辐射警示标示。衰变池结构图见图 10-13，核医学科放射性废水管网路径见图 10-14。



衰变池平面

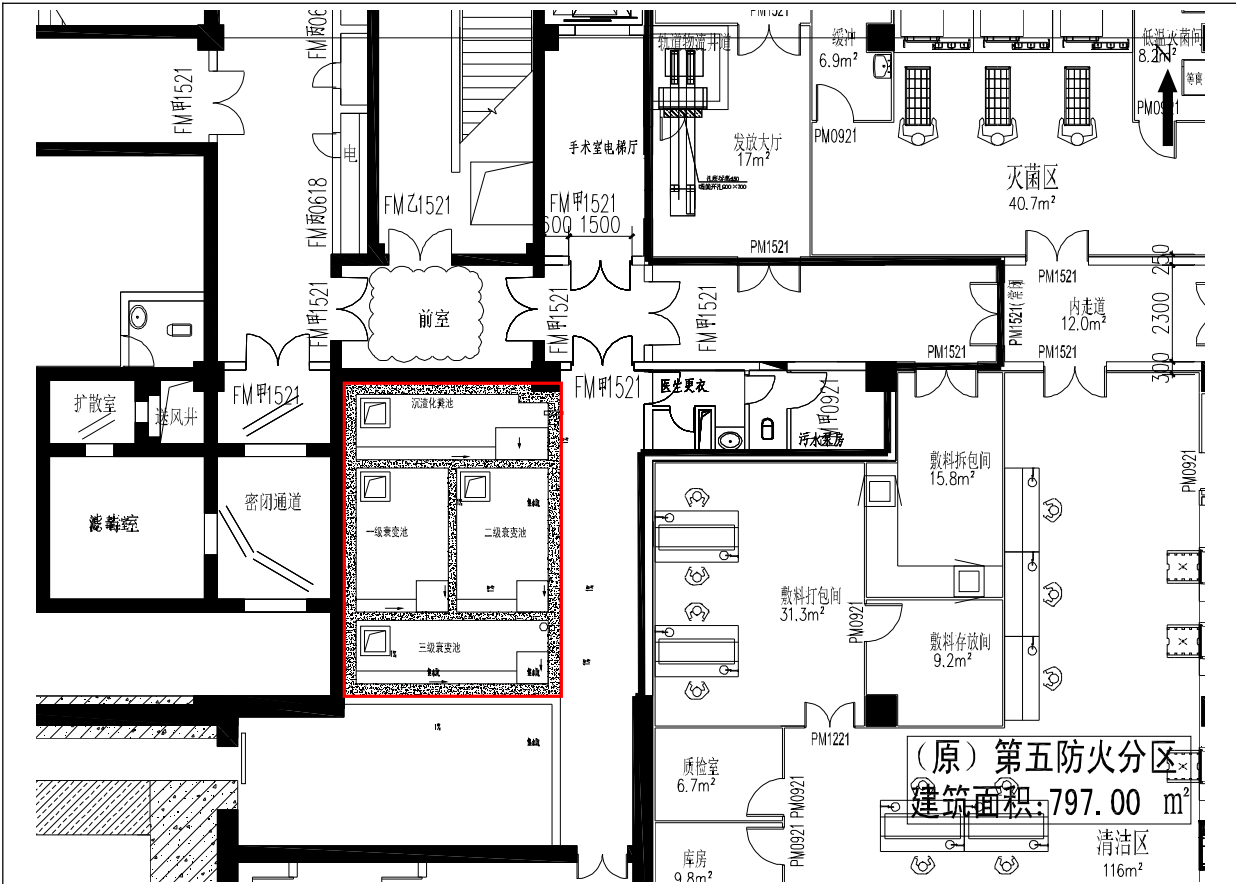


1-1 剖面图 1:100



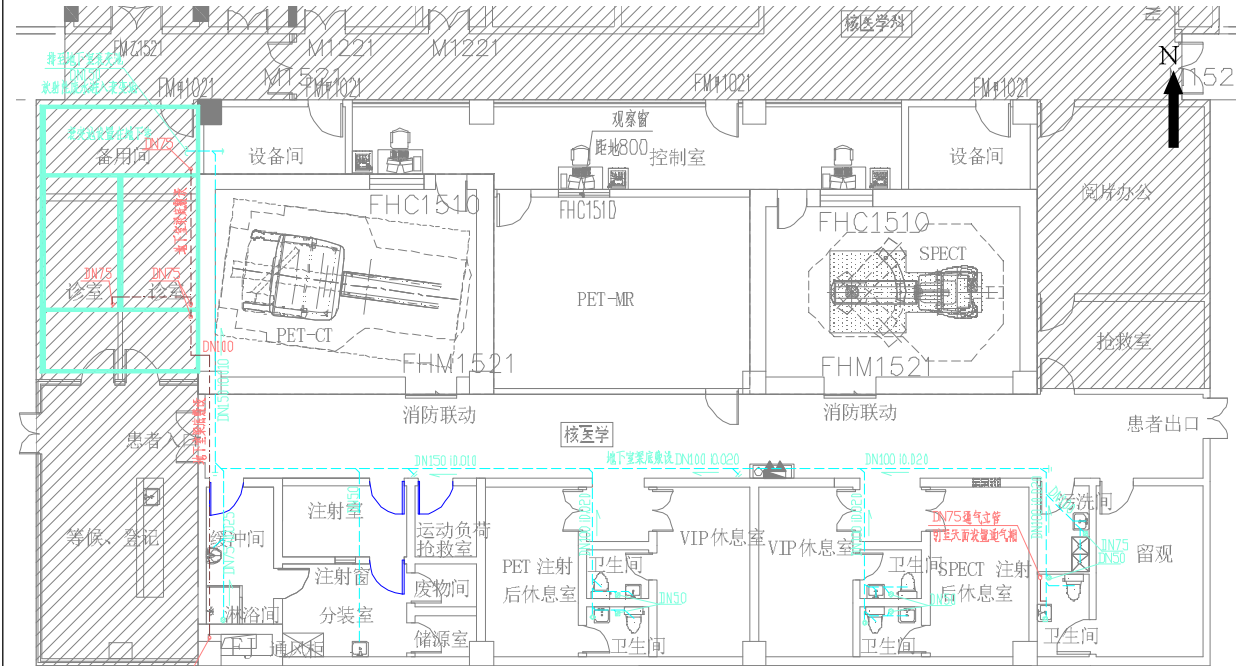
2-2 剖面图 1:100

放射性废液衰变池平面及剖面图



医技综合楼负一楼衰变池所在位置图

图 10-13 核医学科放射性废液衰变池平面及剖面图



污水管网路径图

图 10-14 核医学科排水平面图

(3) 衰变池选址合理性分析

核医学科放射性衰变池设于医技综合楼负一楼，衰变池所在位置四周很少有人停留，衰变池紧邻核医学科，减少了污水管网长度，有利于收集放射性废水，故选址合理。

5.7 布局合理性分析

核医学科工作场所设置了缓冲间、分装室、废物间、储源室、注射室、PET 注射后休息室、SPECT 注射后休息室、PET/CT 机房、PET/MR 机房、SPECT/CT 机房等功能用房，实现了给药室与检查室分开；核医学科出入口设置了门禁系统，防止无关人员入内；设置了工作人员与患者专用通道，工作人员通道与服药后患者通道相对独立，采取了相关管理措施避免工作人员与服药患者的交叉污染；设置了洗手间供服药患者使用，在缓冲间内设置了淋浴间供工作人员清洗使用。核医学科工作场所布局有助于实施工作程序，核医学科工作场所布局基本合理。

6. 环保投资

本项目各工作场所环保投资概算情况见表 10-9。

表 10-9 环保投资情况一览表

序号	建设内容			金额 (万元)	备注
1	辐射 防护 与屏蔽工程	放疗科	直线加速器机房（2 间）、后装治疗机机房（1 间）、CT 模拟定位机机房（1 间），防护门，送风排放装置。	650	机房主体工程均依托原有机房
		放射科	CT 机房（1 间）、DR 机房（4 间）、乳腺钼靶机机房（1 间）、DSA 机房（1 间），防护门，观察窗。		对 CT 机房进行扩建，其余机房均依托原有机房
		核医学科	核医学科各功能用房建设，防护门，通风柜、注射窗、送风排放装置，衰变池，铅废物桶等。		各功能用房主体工程均依托原有机房
2	各功能用房对讲装置、视频监控装置、急停按钮、固定式剂量监测装置、便携式辐射监测设备等			100	/
3	个人剂量报警仪、个人剂量计、个人职业健康体检、辐射安全与防护培训、铅衣、铅帽等个人防护用品			50	/
合计				800	

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. III 类医用射线装置

本项目Ⅲ类医用射线装置包括 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、SPECT/CT、PET/CT，上述射线装置应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.数字减影血管造影仪（DSA）

本项目 DSA 设备应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。

3.医用电子直线加速器

医用电子直线加速器项目放射性废物是加速器的废弃靶，只在加速器装置需要更换金属钨靶时才产生，换下的废靶由生产厂家回收处理。

4.¹⁹²Ir 后装治疗机

密封源使用过程中无放射性废水及放射性废气产生。后装治疗机产生的废旧 ¹⁹²Ir 放射源应交由放射源生产单位回收处理，并在废旧放射源交回生产单位后二十日内，报所在地的省级人民政府生态环境主管部门备案。

5.非密封放射性物质工作场所

本项目非密封源使用过程中产生放射性废水、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

PET 显像工作场所预计患者人数约 10000 人次/年；^{99m}Tc 显像检查患者人数预计 5000 人次/年；¹³¹I 显像患者预计 2500 人次/年。据医院统计，核医学科 3 人次产生约 0.1kg 的固体废物，则 PET 显像工作场所含放射性固体废物年产生量约 333.33kg，^{99m}Tc 含放射性固体废物年产生量约 166.67kg，¹³¹I 含放射性固体废物年产生量约 83.33kg。

核医学科工作场所的含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、放射性污染的物品等，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，暂存于废物间内的铅废物桶内，废物桶表面张贴电离辐射警示标志和文字提醒。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。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、废物桶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。

（2）放射性废液

¹³¹I 显像患者服药后观察无异常即可离开核医学科，服药后 24h 进入 SPECT/CT 机房进行显像，一般不产生放射性废水。

PET 显像患者人数预计 40 人次/天，10000 人次/年，目前市面上节水水箱一般为 6L，患者候诊期间上厕所 2 次，则每人次产生废水 12L，日产生含 ^{18}F 废水量为 $0.48\text{m}^3/\text{天}$ ，年产生废水量为 $120\text{m}^3/\text{年}$ ，废水中核素为 ^{18}F 。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像患者人数预计 20 人次/天，5000 人次/年，每人次产生废水 12L/人次，则日产生含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 废水量为 $0.24\text{m}^3/\text{天}$ ，年产生废水量为 $60\text{m}^3/\text{年}$ ，废水中核素为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。

工作人员每天清洗产生放射性废水约 $0.1\text{m}^3/\text{天}$ （100L/天），则核医学科日产生的放射性废水量为 $0.82\text{m}^3/\text{天}$ ，年产生废水量为 $205\text{m}^3/\text{年}$ ，废水中核素为 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。

该项目核医学科产生的液态放射性污染物主要含有放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F ，核医学科工作场所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，设立了衰变池用于收集场所产生的含放射性废水。非密封放射性物质工作场所产生的放射性废水经统一收集排入废水衰变池，经至少十个半衰期以上时间的衰变、检测达标后经审管部门核准排入医院污水管网。医院外购药物如有剩余，则将剩余药物密封在铅药罐内，交由药物供应商回收处理。

（3）放射性废气

本项目含放射性废气主要为核医学科工作场所产生的含 ^{131}I 废气。医院在核医学科工作场所设置通风柜，通风柜风速不小于 1.0m/s ，且设置活性炭过滤装置，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。

6.V 类密封源

^{68}Ge 密封源属于 V 类密封源，使用过程中无放射性废水及放射性废气产生。废旧的 ^{68}Ge 密封源交由生产厂家回收处理。

表 11 环境影响分析

一、建设阶段对环境的影响

医院本项目建设期不涉及放射性同位素与射线装置的使用，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相关管理制度进行。

二、运行阶段对环境的影响

1. III类医用射线装置

1.1 辐射防护措施分析

从对 X 射线屏蔽的角度考虑，本次评价的 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 属于 III 类射线装置，以《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的相关要求为准，对射线装置机房与标准进行对比分析，具体见表 10-1。通过以上对照分析，本次评价项目的 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，本次评价项目 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 机房的四面墙体、顶棚、地板、防护门以及观察窗的建设均采取了辐射屏蔽，充分考虑邻室（含楼上下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本评价项目的各机房的防护设施的技术要求满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中的相关防护设施的技术要求。

1.2 射线装置运行时环境影响分析

（1）机房屏蔽体外剂量率

由于《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）是以保证机房外的人员可能受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的要求为目的而进一步推算规定射线机房的屏蔽厚度要求，从机房防护及安全分析可知本评价项目的射线机房设计符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中对诊断 X 射线机房的防护设施的技术要求，可进一步得知本次评价的 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 正常运行情况下，辐射工作人员及公众的年受照剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的相关要求。DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 均为隔室操作，防护墙、防护门处的剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）人员受照有效剂量

由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）可知，受照人员的有效剂量的计算公式如下：

$$E = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \dots\dots\dots \text{式 (11-1)}$$

w_R ——辐射 R 的辐射权重因子；由 GB18871-2002 附录 J 可知，光子（所有能量）的辐射权重因子为 1；

w_T ——组织或器官 T 的组织权重因数；由 GB18871-2002 附录 J 可知，人体整体的组织权重因数为 1；

$D_{T,R}$ ——辐射 R 在器官或组织 T 内产生的平均吸收剂量，Gy；数值上约等于空气比释动能，空气比释动能=空气比释动能率×受照时间；

由医院提供资料可知，DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 机的出束时间及公众人员受照剂量如下：

表 11-1 III类医用 X 射线装置机房周围公众人员受照剂量估算

设备名称	年病人数 (人次)	平均出束 时间 (s)	年出束 时间 (h)	居留因 子	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量 (mSv/a)
DR	37500	0.5	5.21	1/4	2.5	3.26×10^{-3}
乳腺钼靶机	7500	1	2.08	1/4	2.5	1.30×10^{-3}
CT	25000	10	69.44	1/4	2.5	0.04
CT 模拟定位机	40000	30	333.33	1/8	2.5	0.07
PET/CT	7500	60	125.00	1/8	2.5	0.04
SPECT/CT	5000	30	41.67	1/8	2.5	0.01

由上述有效剂量估算结果可知，DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT 机房周围公众人员的年受照剂量均低于项目剂量约束值（0.1mSv/a）。上述计算结果是偏保守和安全的。

2.数字减影血管造影仪（DSA）

2.1 DSA 机房防护屏蔽分析

从对 X 射线屏蔽的角度考虑，本次评价的 DSA 系统属于 II 类射线装置，以《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的相关要求为准，对 DSA 机房与标准进行对比分析，具体见表 10-2。DSA 机房四面墙体、顶棚、观察窗、防护门等防护参数均满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中对相应 X 射线机房的防护设施技术要求，由此推断，本项目 DSA 机房屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求（不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。

2.2 个人剂量分析

（1）DSA 机房外人员剂量分析

为进一步估计 DSA 机房建成后对机房周围的影响，从结合实际出发，本项目采用类比的

方法进行分析，选择英德市人民医院使用的一台北京万东 CGO-2100 型 DSA 的相关数据进行类比分析。

英德市人民医院使用的北京万东 CGO-2100 型 DSA，1 年总手术量约为 1400 台，介入手术医生年最大工作量为 400 台。本项目使用 1 台 DSA，投入使用后，预计 DSA 介入手术工作量为 1000 台，介入手术医生年最大工作量为 400 台。DSA 的基本参数、机房的屏蔽设计、DSA 技术参数与医生工作负荷对比见表 11-2。

表 11-2 类比分析一览表

参数	评价项目	类比项目
设备	DSA	DSA
设备型号	待定	北京万东 CGO-2100 型
设备参数	125kV, 1250mA	125kV, 1250mA
机房面积	51.59m ² (6.7m×7.7m)	50m ²
年工作量	1000 台	1400 台
个人最大年手术量	400 台	400 台
机房辐射防护屏蔽	四周墙体均为 25cm 混凝土 (3.36mmPb) 顶棚、底板均为厚 20cm 的混凝土 (2.6mmPb) 防护门 4mmPb, 观察窗 4mmPb	四周墙体: 240mm 红砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料 地坪: 无地下室 顶棚: 120mm 混凝土+2mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门: 4mmPb 观察窗: 5mmPb
个人防护措施	穿戴 0.5mmPb 的铅衣、铅帽等防护用品	穿戴 0.5mmPb 的铅衣、铅帽等防护用品

从表 11-2 可看出，评价项目的最大管电压、管电流与类比对象相同，机房的防护屏蔽相近，均满足标准要求，机房有效面积与类比项目相近；医生穿戴的防护措施一致；DSA 预估手术量小于类比项目，手术医生个人最大年手术量与类比项目相同。因此以英德市人民医院已建成的这台 DSA 装置的情况进行类比分析是可行的。

广州达盛检测技术服务有限公司于 2018 年 1 月 26 日对英德市人民医院的 DSA 机房辐射环境现场监测数据如下，报告编号 FS201800143，见附件 5。

表 11-3 类比项目 DSA 机房辐射水平检测数据

三、机房外辐射水平检测结果				
1.检测条件: 100kV、150mA、采集模式、标准水模、铜板				
2.检测仪器: DosimeterAT1123 型辐射检测仪				
检测点	检测位置	检测结果 (μSv/h)	控制目标值 (μSv/h)	备注
1	操作位	0.16	≤2.5	
2	观察窗	左	0.15	≤2.5
		中	0.16	≤2.5

3	控制室门	右	0.15	≤ 2.5
		上	0.16	≤ 2.5
		下	0.16	≤ 2.5
		左	0.15	≤ 2.5
		中	0.16	≤ 2.5
4	机房大门	右	0.15	≤ 2.5
		上	0.16	≤ 2.5
		下	0.14	≤ 2.5
		左	0.14	≤ 2.5
		中	0.15	≤ 2.5
5	侧门	右	0.16	≤ 2.5
		上	0.15	≤ 2.5
		下	0.15	≤ 2.5
		左	0.14	≤ 2.5
		中	0.13	≤ 2.5
6	线槽	——	0.14	≤ 2.5
7	排气扇	——	0.15	≤ 2.5
8	北面防护墙	——	0.14	≤ 2.5
9	西面防护墙	——	0.13	≤ 2.5
10	南面防护墙	——	0.14	≤ 2.5
11		——	0.12	≤ 2.5
12		——	0.13	≤ 2.5
13	东面防护墙	——	0.15	≤ 2.5
14	机房楼上	——	0.14	≤ 2.5

从类比项目现场监测数据可见，DSA 手术室在实际使用过程中，机房外周围剂量当量率最大值为 $0.16\mu\text{Sv/h}$ ，与环境本底相当，因此可以判断在保证评价项目的设计方案正常实施的情况下，机房的周围剂量当量率应与类比项目相当，也不超过 GBZ130-2013“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。

根据医院提供的实际工作负荷，DSA 运行后每年工作量为 1000 台手术，单人最大年工作量为 400 台。具体情况如表 11-4。

表 11-4 本项目 DSA 不同工作模式下的年工作时间情况

工作模式	工况参数	每台手术曝光时间	设备年最大工作时间	单人年最大工作量	单人年工作时间
摄影	100kV/500mA	按 3min 计算	50h	400 台手术	20h
透视	100kV/10mA	约 30min	500h	400 台手术	200h

根据上表中的工作负荷情况，结合类比 DSA 机房外防护监测数据（取最大测量值

0.16 μ Sv/h 作为估算依据），机房外公众人员的时间居留因子取 1/16，控制室的职业工作人员的居留因子取 1。

经式（11-1）计算可得机房外职业工作人员辐射剂量为 3.52×10^{-2} mSv，机房外公众人员辐射剂量为 5.50×10^{-3} mSv，此值未扣除环境本底的贡献。可知本项目 DSA 设备运行后，职业工作人员及公众人员所受剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的受照剂量约束值的要求，也低于本次项目设定的职业工作人员及公众成员的年有效剂量约束值（即职业工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众成员的年有效剂量不超过 0.1mSv）。

（2）介入手术人员受照剂量分析

为综合预测 DSA 在摄影工作模式和透视模式下对介入手术操作人员的辐射影响，本评价项目采取了英德市人民医院 DSA 项目介入手术医生的个人剂量检测数据进行类比分析。英德市人民医院介入手术医生个人剂量检测报告见附件 6。类比项目 DSA 介入手术医生个人剂量监测数据见表 11-5。

表 11-5 类比项目 DSA 介入手术医生个人剂量监测数据（mSv）

序号	姓名	第 1 季度	第 2 季度	第 3 季度	第 4 季度	合计
1	刘伟波	0.25（内）	0.06（内）	0.04（内）	0.08（内）	0.43（内）
		1.47（外）	2.07（外）	1.19（外）	0.55（外）	5.28（外）
2	周国永	0.06（内）	0.09（内）	0.04（内）	0.08（内）	0.27（内）
		0.66（外）	1.47（外）	0.94（外）	0.57（外）	3.64（外）
3	蒋本武	0.06（内）	0.09（内）	0.04（内）	0.04（内）	0.23（内）
		0.78（外）	0.4（外）	0.68（外）	0.1（外）	1.96（外）
4	李凤彩	0.07（内）	0.06（内）	0.08（内）	0.07（内）	0.28（内）
		0.12（外）	0.15（外）	0.07（外）	0.11（外）	0.45（外）
5	杨有甜	0.07（内）	0.07（内）	0.03（内）	0.07（内）	0.24（内）
		0.06（外）	0.09（外）	0.01（外）	0.08（外）	0.24（外）
6	邵美英	0.03（内）	0.07（内）	0.01（内）	0.07（内）	0.18（内）
		0.07（外）	0.06（外）	0.05（外）	0.08（外）	0.26（外）
7	覃丽萍	-	-	0.03（内）	0.01（内）	0.04（内）
				0.04（外）	0.01（外）	0.05（外）
8	丘仕甜	-	-	0.02（内）	0.01（内）	0.03（内）
				0.07（外）	0.04（外）	0.11（外）
9	黄永苗	-	-	0.03（内）	0.01（内）	0.04（内）
				0.02（外）	0.01（外）	0.03（外）
10	华春华	0.07（内）	0.09（内）	0.04（内）	0.08（内）	0.28（内）
		0.10（外）	0.28（外）	0.09（外）	0.02（外）	0.49（外）
11	卢智	0.06（内）	0.08（内）	0.03（内）	0.11（内）	0.28（内）
		0.11（外）	0.11（外）	0.09（外）	0.09（外）	0.4（外）

12	陆海颖	0.05 (内)	0.06 (内)	0.05 (内)	0.05 (内)	0.21 (内)
		0.04 (外)	0.07 (外)	0.04 (外)	0.1 (外)	0.25 (外)
13	林云	0.05 (内)	0.07 (内)	0.04 (内)	0.05 (内)	0.21 (内)
		0.05 (外)	0.07 (外)	0.06 (外)	0.06 (外)	0.24 (外)
14	程俊	0.03 (内)	0.07 (内)	0.02 (内)	0.01 (内)	0.13 (内)
		0.04 (外)	0.05 (外)	0.04 (外)	0.01 (外)	0.14 (外)
15	郭飞坤	0.05 (内)	0.07 (内)	0.03 (内)	0.01 (内)	0.16 (内)
		0.04 (外)	0.07 (外)	0.05 (外)	0.01 (外)	0.17 (外)
16	刘科	-	-	0.05 (内)	0.01 (内)	0.06 (内)
				0.42 (外)	0.01 (外)	0.43 (外)
17	骆崇山	0.05 (内)	0.07 (内)	0.03 (内)	0.01 (内)	0.16 (内)
		0.04 (外)	0.06 (外)	0.05 (外)	0.01 (外)	0.16 (外)
18	吴敏	-	-	0.04 (内)	0.01 (内)	0.05 (内)
				0.04 (外)	0.03 (外)	0.07 (外)
19	郭志森	0.04 (内)	0.07 (内)	0.04 (内)	0.01 (内)	0.05 (内)
		0.05 (外)	0.08 (外)	0.13 (外)	0.01 (外)	0.14 (外)

类比项目的 DSA 介入医生参加手术时要求佩戴铅衣、铅围裙等个人防护用品，在 2017-2018 年度里，DSA 介入医生年累计受照剂量最高约 0.43mSv/a，低于评价标准提出的职业工作人员的年有效剂量约束值（5mSv/a）。本项目 DSA 预估手术量小于类比项目，手术医生个人最大年手术量与类比项目相同，故本次评价项目 DSA 介入手术医生在参加 DSA 介入手术时，穿戴好个人防护用品的前提下，是可以满足评价标准提出的职业工作人员的年有效剂量约束值（≤5mSv/a）的要求的。

3.医用电子直线加速器

本项目使用医用电子直线加速器 2 台，直线加速器 X 射线能量为 6MV、10MV，本项目直线加速器按 6MV、10MV 分别进行计算。直线加速器射线路径见图 11-1。

本评价采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.2-2007）《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/T 201.2-2011）标准中的相关计算公式进行理论估算。

3.1 有用线束主屏蔽区半宽度核算

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.2-2007）的相关公式核算加速器机房有用线束主屏蔽区的宽度是否满足标准要求。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan \theta + 0.3] \dots \dots \dots \text{式 (11-2)}$$

式中， Y_p ——机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD——源轴距，m；

θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半；

a ——等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

将各参数代入式（11-2）得出本项目的主屏蔽宽度，计算结果见表 11-6。

表 11-6 有用线束主屏蔽区宽度核算结果一览表

名称	主屏蔽区	北墙主屏蔽区	南墙主屏蔽区	顶棚主屏蔽区
直线加速器机房 1	a (m)	5.65 (外凸)	5.65 (外凸)	4.5 (外凸)
	SAD (m)	1	1	1
	θ (°)	14	14	14
	Y_p (m)	3.92	3.92	3.34
	实际设计宽度 (m)	4.6	4.6	4.6
	评价结果	满足	满足	满足
直线加速器机房 2	a (m)	6.25 (外凸)	3.95 (内凸)	5.25 (外凸)
	SAD (m)	1	1	1
	θ (°)	14	14	14
	Y_p (m)	4.22	3.07	3.72
	实际设计宽度 (m)	5.00	3.60	3.90
	评价结果	满足	满足	满足

从表 11-6 预测结果可知，加速器治疗室机房主屏蔽区的实际设计宽度均大于理论计算值，有用线束主屏蔽区的宽度设计满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.2-2007）的相关要求。

3.2 剂量控制要求

（1）治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率

治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率（以下简称剂量率）应不大于下述

a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 。

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，由周剂量参考控制水平求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)：

放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

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（T）的不同，确定关注点的最高剂量率参考控制水平

$\dot{H}_{c,\max}$ (μSv/h)：

人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所, $\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$;

人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所, $\dot{H}_{c, \max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$;

c) 关注点处的剂量率参考控制水平取 a)、b) 中的较小者。

(2) 治疗室机房顶的剂量控制

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制:

a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时, 距治疗机房顶外表面 30cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 可以根据机房外周剂量参考控制水平 $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$, 按照治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率求法进行计算。

单一辐射有用线束: 计算公式为: $\dot{H}_{c, d} = \frac{H_c}{t \cdot U \cdot T}$ 式 (11-3)

$\dot{H}_c$ ——周参考剂量控制水平, $\mu\text{Sv/周}$;

U——关注位置方向照射的使用因子, 本次有用线束方向取 1/4;

T——人员在相应关注点驻留的居留因子; 取《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.2-2007) 附录 A 的表 A.1 中的典型值。

t——治疗装置周治疗照射时间, h;

由医院提供资料可知, 预计病人约 80 人次/(天×台), 平均每个病人每野次照射 1.5Gy, 平均每人治疗照射 3 野次, 加速器等中心点处的最高剂量率分别为 14Gy/min (6MV)、6Gy/min (10MV), 则周出束时间分别为 2.14h/周 (10MV)、5h/周 (10MV)。代入参数算得:

表 11-7 主屏蔽区墙外剂量率参考控制水平

关注点		北墙主屏蔽(a点)	南墙主屏蔽(b点)	顶棚主屏蔽(1点)	防护门(g点)
直线加速器机房 1	周剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	5	5	5	5
	治疗照射时间 t	5	5	5	5
	使用因子 U	1/4	1/4	1/4	1/4
	居留因子 T	1/4	1/4	1/4	1/16
	导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	37.33 (16) ¹	37.33 (16)	37.33 (16)	149.33 (64)
关注点的最高剂量率参考控制水平		10	10	10	10

	$\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)				
	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ (μSv/h)	10	10	10	10
直线 加速器 机房 2	周剂量参考控制水平 H_c (μSv/周)	5	5	5	/
	治疗照射时间 t	5	5	5	/
	使用因子 U	1/4	1/4	1/4	/
	居留因子 T	1/4	1/4	1/4	/
	导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	37.33 (16)	37.33 (16)	37.33 (16)	/
	关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)	10	10	10	/
	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ (μSv/h)	10	10	10	/

注：1.括弧内为 10MV 的计算数据，括弧外为 6MV 时的计算数据。

单一辐射泄露辐射：计算公式为： $\dot{H}_{c,d} = \frac{H_c}{N \bullet t \bullet T}$ 式 (11-4)

$\dot{H}_c$ ——周参考剂量控制水平，μSv/周；

N——强调治疗时用于泄露辐射的调强因子，通常 N=5；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子；取《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.2-2007）附录 A 的表 A.1 中的典型值。

t——治疗装置周治疗时间，h；

代入参数算得：

表 11-8 侧屏蔽墙外剂量率参考控制水平

关注点		西墙(e 点)	东墙(f 点)	防护门(g 点)
直线 加速器 机房 1	周剂量参考控制水平 H_c (μSv/周)	5	5	/
	治疗照射时间 t (h)	5	5	/
	使用因子 U	1	1	/
	调强因子 N	5	5	/
	居留因子 T	1/16	1/4	/
	导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	7.47 (3.20)	1.87 (0.80)	/
	关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)	10	10	/

	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)	7.47 (3.20)	1.87 (0.80)	/
直线加速器机房 2	周剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	5	5	5
	治疗照射时间 t (h)	5	5	5
	使用因子 U	1	1	1
	调强因子 N	5	5	5
	居留因子 T	1/4	1/4	1/16
	导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	1.87 (0.80)	1.87 (0.80)	7.47 (3.20)
	关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	10	10	10
	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)	1.87 (0.80)	1.87 (0.80)	7.47 (3.20)

注：1.括弧内为 10MV 的计算数据，括弧外为 6MV 时的计算数据。

与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽区需考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射，代入相关参数算得相应的剂量率参考控制水平如下：

表 11-9 与主屏蔽直接相连的次屏蔽区的剂量率参考控制水平

位置			剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
直线加速器机房 1	6MV	北墙次屏蔽区 (c_1, c_2)	27.89
		南墙次屏蔽区 (d_1, d_2)	27.89
		顶棚次屏蔽区 (m_1, m_2)	29.94
	10MV	北墙次屏蔽区 (c_1, c_2)	24.47
		南墙次屏蔽区 (d_1, d_2)	24.47
		顶棚次屏蔽区 (m_1, m_2)	26.25
直线加速器机房 2	6MV	北墙次屏蔽区 (c_1, c_2)	26.1
		南墙次屏蔽区 (d_1, d_2)	27.05
		顶棚次屏蔽区 (m_1, m_2)	27.51
	10MV	北墙次屏蔽区 (c_1, c_2)	22.97
		南墙次屏蔽区 (d_1, d_2)	23.80
		顶棚次屏蔽区 (m_1, m_2)	24.21

根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)中“在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”，从偏保守和安全考虑，本项目机房屏蔽体外的剂量率参考控制水平取二者的较小值，直线加速器机房屏蔽体外各点的剂量率控制水平如下：

表 11-10 医院直线加速器机房屏蔽体外剂量率控制水平

位置		考察点	剂量率控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	
			6MV	10MV
直线加速器机房 1	北墙主屏蔽	a	2.5	2.5
	南墙主屏蔽	b	2.5	2.5
	北墙次屏蔽区	c_1, c_2	2.5	2.5
	南墙次屏蔽区	d_1, d_2	2.5	2.5
	西墙	e	2.5	2.5
	东墙	f	1.87	0.8
	顶棚主屏蔽	l	2.5	2.5
	顶棚次屏蔽区	m_1, m_2	2.5	2.5
	防护门	g	2.5	2.5
直线加速器机房 2	北墙主屏蔽	a	2.5	2.5
	南墙主屏蔽	b	2.5	2.5
	北墙次屏蔽区	c_1, c_2	2.5	2.5
	南墙次屏蔽区	d_1, d_2	2.5	2.5
	西墙	e	1.87	0.8
	东墙	f	1.87	0.8
	顶棚主屏蔽	l	2.5	2.5
	顶棚次屏蔽区	m_1, m_2	2.5	2.5
	防护门	g	2.5	2.5

3.3 屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系

(1) 有效屏蔽厚度

当 X 射线束以 θ 角斜入射厚度为 X(cm)的屏蔽物质时, 射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度 $X_e(\text{cm})$ 见下式:

$$X = X_e \cdot \cos \theta \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

其中, θ 为斜射角, 即入射射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

(2) 屏蔽物质的厚度与辐射屏蔽透射因子 B 的关系如下:

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \dots\dots\dots \text{式 (11-6)}$$

TVL_1 ——第一什值层厚度, cm;

TVL ——平衡什值层厚度, cm;

X_e ——物质的有效屏蔽厚度, cm;

3.4 主屏蔽墙和侧屏蔽墙

有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算:

对于给定的屏蔽物质厚度时, 屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet f \bullet B}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-7)}$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\times\text{m}^2/\text{h}$ ；由医院提供资料可知，X 射线模式下，6MV 时的最大输出剂量率为 $14\text{Gy}/\text{min}$ ($8.40\times 10^8\mu\text{Gy}/\text{h}$)，10MV 时的最大输出剂量率为 $6\text{Gy}/\text{min}$ ($3.60\times 10^8\mu\text{Gy}/\text{h}$)；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，取 0.1%；

B——辐射屏蔽透射因子，相应的 TVL₁、TVL 见标准的附录 B 表 B.1；

直线加速器机房 1 的加速器有用线束朝向迷路及防护门，机头泄漏辐射穿越迷路内墙至防护门 g 点处的剂量率会小于有用线束直接照射防护门时的剂量率，故未计算机头泄漏辐射穿越迷路内墙至防护门 g 点处的剂量率。

《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/T 201.2-2011）中的关注点 k 点，在本项目中直线加速器机房 1 的 k 点位于机房东墙外，直线加速器机房 2 的 k 点位于南墙，机头泄漏辐射未能直接穿越迷路外墙，故 k 点值未进行计算。

代入相关参数计算得：

表 11-11-1 主屏蔽墙与侧屏蔽墙的剂量率估算结果表（直线加速器机房 1，6MV）

关注点		北墙主屏蔽（a 点）	南墙主屏蔽（b 点）	顶棚主屏蔽（1 点）	西墙侧屏蔽墙（e）	东墙侧屏蔽墙（f）
X_e （cm）	砼	200cm 重晶石混凝土			160	175
TVL_l （cm）	砼	23cm 重晶石混凝土 ^①			34	34
TVL （cm）	砼	23cm 重晶石混凝土			29	29
B		2.02×10^{-9}	2.02×10^{-9}	2.02×10^{-9}	4.52×10^{-6}	1.37×10^{-6}
R （m）		6.95 (10.25) ^②	6.95	5.8	9.16	9.31
$\dot{H}_0$ （ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ）		8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8
f		1	1	1	0.1%	0.1%
相应屏蔽体外关注点剂量率 H（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	$\dot{H}$ 估算值	0.04 (3.22×10^{-2}) ^②	0.04	0.05	0.02	5.71×10^{-3}
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5	2.5	2.5	1.87
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足

注：（1）由 NCRP REPORT NO.151 的附录 A.1.b 可知，6MeV 时重晶石混凝土（3.2g/cm³）的初级什值层厚度（Primary TVLs）为 23cm。本项目重晶石混凝土密度为 3.4g/cm³，故重晶石混凝土初级什值层厚度取值是偏保守的。

（2）直线加速器有用线束直接朝向防护门，此处关注点考虑 2 倍安全系数。

表 11-11-2 主屏蔽墙与侧屏蔽墙的剂量率估算结果表（直线加速器机房 1，10MV）

关注点		北墙主屏蔽（a 点）	南墙主屏蔽（b 点）	顶棚主屏蔽（1 点）	西墙侧屏蔽墙（e）	东墙侧屏蔽墙（f）
X_e （cm）	砼	200cm 重晶石混凝土			160	175
TVL_1 （cm）	砼	24cm 重晶石混凝土 ^①			35	35
TVL （cm）	砼	24cm 重晶石混凝土			31	31
B		4.64×10^{-9}	4.64×10^{-9}	4.64×10^{-9}	9.28×10^{-6}	3.05×10^{-6}
R （m）		6.95 (10.25) ^②	6.95	5.8	9.16	9.31
$\dot{H}_0$ （ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ）		3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8
f		1	1	1	0.1%	0.1%
相应屏蔽体外关注点剂量率 H （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	$\dot{H}$ 估算值	0.03 (3.18×10^{-2}) ^②	0.03	0.05	0.04	1.27×10^{-2}
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5	2.5	2.5	0.80
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足

注：（1）由 NCRP REPORT NO.151 的附录 A.1.b 可知，10MeV 时重晶石混凝土（3.2g/cm³）的初级什值层厚度（Primary TVLs）为 24cm。本项目重晶石混凝土密度为 3.4g/cm³，故重晶石混凝土初级什值层厚度取值是偏保守的。

（2）直线加速器有用线束直接朝向防护门，此处关注点考虑 2 倍安全系数。

表 11-12-1 主屏蔽墙与侧屏蔽墙的剂量率估算结果表（直线加速器机房 2，6MV）

关注点		北墙主屏蔽（a 点）	南墙主屏蔽（b 点）	顶棚主屏蔽（1 点）	西墙侧屏蔽墙（e）	东墙侧屏蔽墙（f）	机头泄漏辐射穿过迷路内墙至防护门 O ₁ -g
X_e （cm）	砼	300	230cm 混凝土 + 4cm Pb	205cm 重晶石混凝土	175	228	168
TVL_1 （cm）	砼	37	37 (5.7) ¹	23cm 重晶石混凝土	34	34	34
TVL （cm）	砼	33	33 (5.7) ¹		29	29	29
B		1.07×10^{-9}	2.82×10^{-8}	1.22×10^{-9}	1.37×10^{-6}	2.04×10^{-8}	2.40×10^{-6}
R （m）		7.55	6.85	6.55	5.93	8.18	7.38
$\dot{H}_0$ （ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ）		8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8	8.40×10^8
f		1	1	1	0.1%	0.1%	0.1%
相应屏蔽体外关注	$\dot{H}$ 估算值	0.02	0.50	2.39×10^{-2}	0.03	2.57×10^{-4}	3.69×10^{-2}

点剂量率H ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5	2.5	1.87	1.87	/
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	/

注：1. (5.7) 为 6MV 时铅的什值层厚度，cm。

表 11-12-2 主屏蔽墙与侧屏蔽墙的剂量率估算结果表（直线加速器机房 2，10MV）

关注点		北墙主屏蔽 (a 点)	南墙主屏蔽 (b 点)	顶棚主屏蔽 (1 点)	西墙侧屏蔽墙 (e)	东墙侧屏蔽墙 (f)	机头泄漏辐射穿过迷路内墙至防护门 O ₁ -g
X_e (cm)	砼	300	230cm 混凝土 +4cmPb	205cm 重晶石混凝土	175	228	168
TVL_1 (cm)	砼	41	41 (5.7) ¹	24cm 重晶石混凝土	35	35	35
TVL (cm)	砼	37	37 (5.7) ¹		31	31	31
B		1.00×10^{-8}	1.55×10^{-7}	2.87×10^{-9}	3.05×10^{-6}	5.95×10^{-8}	5.12×10^{-6}
R (m)		7.55	6.85	6.55	5.93	8.18	7.38
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)		3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8	3.60×10^8
f		1	1	1	0.1%	0.1%	0.1%
相应屏蔽体外关注点剂量率H ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}$ 估算值	0.06	1.19	0.02	0.03	3.20×10^{-4}	3.39×10^{-2}
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5	2.5	0.80	0.80	/
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	/

注：1. (5.7) 为 10MV 时铅的什值层厚度，cm。

3.5 与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区

初级辐射束不直接到达该屏蔽墙，屏蔽计算只考虑加速器装置头的泄漏辐射和来自患者体表的散射辐射，二者之和为该点的总剂量率。

(1) 患者体表的散射辐射

利用下列公式对患者体表的散射辐射进行剂量计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400) \cdot B}{R_s^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-8)}$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，由设备参数可知，X 射线模式下，6MV 时的最大输出剂量率为 14Gy/min ($8.40 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$)，10MV 时的最大输出剂量率为 6Gy/min ($3.60 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$)；

R_s ——患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

α_{ph} ——患者 400cm² 面积上的散射因子，其值见标准的附录 B 表 B.2；

B——辐射屏蔽透射因子，相应的 TVL 见标准的附录 B 表 B.4；

F——治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；设备照射野为 40cm×40cm；

代入相关参数计算得：

表 11-13 患者体表的散射辐射致关注点处的剂量率

关注点				北墙 c ₁ 、c ₂ 点	南墙 d ₁ 、d ₂ 点	顶棚 m ₁ 、m ₂ 点
直线加速器机房 1	6MV	散射辐射	$X_e(\text{cm})$	200.9cm 混凝土	200.9cm 混凝土	183cm 重晶石混凝土(264cm 混凝土)
			$TVL_I(\text{cm})$	26	26	26
			$TVL(\text{cm})$	26	26	26
			$R(\text{m})$	6.62	6.62	5.00
			α_{ph}	2.77×10^{-3}	2.77×10^{-3}	2.77×10^{-3}
			B_s	1.88×10^{-8}	1.88×10^{-8}	7.02×10^{-11}
			$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$	3.98×10^{-3}	3.98×10^{-3}	2.61×10^{-5}
	10MV	散射辐射	$X_e(\text{cm})$	200.9cm 混凝土	200.9cm 混凝土	183cm 重晶石混凝土(264cm 混凝土)
			$TVL_I(\text{cm})$	28	28	28
			$TVL(\text{cm})$	28	28	28
			$R(\text{m})$	6.62	6.62	5.00
			α_{ph}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}
			B_s	6.68×10^{-8}	6.68×10^{-8}	3.73×10^{-10}
			$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$	6.98×10^{-3}	6.98×10^{-3}	6.83×10^{-5}
直线加速器机房 2	6MV	散射辐射	$X_e(\text{cm})$	200cm 混凝土	182.9cm 普通混凝土	152cm 重晶石混凝土(219cm 混凝土)
			$TVL_I(\text{cm})$	26	26	26
			$TVL(\text{cm})$	26	26	26
			$R(\text{m})$	6.3	6.64	5.30
			α_{ph}	2.77×10^{-3}	2.77×10^{-3}	2.77×10^{-3}
			B_s	2.03×10^{-8}	9.23×10^{-8}	3.78×10^{-9}
			$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$	4.76×10^{-3}	1.95×10^{-2}	1.25×10^{-3}
	10MV	散射辐射	$X_e(\text{cm})$	200cm 混凝土	182.9cm 普通混凝土	152cm 重晶石混凝土(219cm 混凝土)
			$TVL_I(\text{cm})$	28	28	28
			$TVL(\text{cm})$	28	28	28
			$R(\text{m})$	6.3	6.64	5.30
			α_{ph}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}
			B_s	4.76×10^{-7}	2.94×10^{-7}	8.48×10^{-9}
			$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$	8.30×10^{-3}	3.05×10^{-2}	2.46×10^{-3}

注：有用线束方向散射及泄漏辐射射线路径墙体为重晶石混凝土，根据密度比进行修正。

(2) 泄漏辐射

泄漏辐射计算公式见式 (11-7)，代入相关参数得：

表 11-14 泄漏辐射致关注点处的剂量率

关注点				北墙 c ₁ 、c ₂ 点	南墙 d ₁ 、d ₂ 点	顶棚 m ₁ 、m ₂ 点
直线 加速器 机房 1	6MV	泄漏 辐射	砼 X _e (cm)	200.9cm 混凝土	200.9cm 混凝土	183cm 重晶石混凝土(264cm 混凝土)
			TVL _I (cm)	34	34	34
			TVL(cm)	29	29	29
			R(m)	6.62	6.62	5.00
			B _L	1.76×10 ⁻⁷	1.76×10 ⁻⁷	1.17×10 ⁻⁹
			$\dot{H}$ (μSv/h)	3.37×10 ⁻³	3.37×10 ⁻³	3.94×10 ⁻⁵
	10MV	泄漏 辐射	砼 X _e (cm)	200.9cm 混凝土	200.9cm 混凝土	183cm 重晶石混凝土(264cm 混凝土)
			TVL _I (cm)	35	35	35
			TVL(cm)	31	31	31
			R(m)	6.62	6.62	5.00
			B _L	4.45×10 ⁻⁷	4.45×10 ⁻⁷	4.10×10 ⁻⁹
			$\dot{H}$ (μSv/h)	3.66×10 ⁻³	3.66×10 ⁻³	5.91×10 ⁻⁵
直线 加速器 机房 2	6MV	泄漏 辐射	砼 X _e (cm)	200cm 混凝土	182.9cm 普通混凝土	152cm 重晶石混凝土(219cm 混凝土)
			TVL _I (cm)	34	34	34
			TVL(cm)	29	29	29
			R(m)	6.30	6.64	5.30
			B _L	1.89×10 ⁻⁷	7.34×10 ⁻⁷	4.18×10 ⁻⁸
			$\dot{H}$ (μSv/h)	3.99×10 ⁻³	1.40×10 ⁻²	1.25×10 ⁻³
	10MV	泄漏 辐射	砼 X _e (cm)	200cm 混凝土	182.9cm 普通混凝土	152cm 重晶石混凝土(219cm 混凝土)
			TVL _I (cm)	35	35	35
			TVL(cm)	31	31	31
			R(m)	6.30	6.64	5.30
			B _L	4.76×10 ⁻⁷	1.69×10 ⁻⁶	6.90×10 ⁻⁸
			$\dot{H}$ (μSv/h)	4.32×10 ⁻³	1.38×10 ⁻²	1.49×10 ⁻³

加速器装置头的泄漏辐射和来自患者体表的散射辐射之和为关注点的总剂量率，计算如下：

表 11-15 与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区剂量率

关注点			北墙 c ₁ 、c ₂ 点	南墙 d ₁ 、d ₂ 点	顶棚 m ₁ 、m ₂ 点
直线加速器机房 1	泄漏辐射和散射	6MV	7.35×10 ⁻³	7.35×10 ⁻³	6.55×10 ⁻⁵
	辐射的复合作用	10MV	1.06×10 ⁻²	1.06×10 ⁻²	1.27×10 ⁻⁴
	$\dot{H}_c$ (剂量率参考控制水平)		2.5	2.5	2.5
	评价结果		满足	满足	满足
直线加速器机房 2	泄漏辐射和散射	6MV	8.76×10 ⁻³	3.35×10 ⁻²	2.50×10 ⁻³
	辐射的复合作用	10MV	1.26×10 ⁻²	0.04	3.95×10 ⁻³
	$\dot{H}_c$ (剂量率参考控制水平)		2.5	2.5	2.5
	评价结果		满足	满足	满足

3.6 加速器 (≤10MV) 机房的迷路散射辐射屏蔽的剂量估算

3.6.1 有用线束向迷路照射

本项目直线加速器机房 1 的直线加速器有用线束朝迷路方向照射, 且有用线束直射防护门, 未经迷路外墙散射至防护门 g 点, 故防护门处的剂量率不能按标准 GBZ/T 201.2-2011 中给出的公式 (9) 进行计算, 直接计算有用线束经主屏蔽墙屏蔽后致防护门 g 点的剂量率, 且考虑 2 倍安全系数。本项目防护门处剂量率包括: 1) 有用线束直接照射防护门; 2) 人体受有用线束照射时, 散射至 i 点的辐射并再次受墙的二次散射至 g 处的辐射; 3) 至 i 点的泄露辐射受墙散射至 g 处的辐射。

(1) 有用线束方向

由式 (11-7) 算得有用线束朝向迷路内墙照射时致防护门 g 点处的剂量率分别为: 1.61×10⁻² (6MV)、1.59×10⁻²μGy/h (10MV)。考虑 2 倍安全系数后的剂量率为 3.22×10⁻² (6MV)、3.18×10⁻²μGy/h (10MV), 该值未考虑防护门的屏蔽作用, 估算结果是偏保守的。

(2) 泄露辐射经墙散射

射入屏蔽墙体上的泄漏辐射被散射至计算点的辐射剂量率计算公式如下:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f \cdot A \cdot \alpha_w}{R_L^2 \cdot R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-9)}$$

$\dot{H}$ 、 $\dot{H}_0$ 、f、A 的意义同前。

R_L ——泄漏辐射始点至散射体中心点的距离, m;

R——散射体中心点至计算点的距离, m;

α_w ——散射体的散射因子;

代入相关参数算得：

表 11-16 泄漏辐射在迷道防护门入口处的剂量率

位置		$\dot{H}_0 \times f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	α_w	A (m^2)	R_L (m)	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
直线加速器机房 1 (g 点)	6MV	8.40×10^5	5.8×10^{-3}	21.46	7.21	5.53	46.77
	10MV	3.60×10^5	5.8×10^{-3}	21.46	7.21	5.53	20.04

(3) 患者散射

入口处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ 计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \bullet (F/400)}{R_1^2} \bullet \frac{\alpha_2 \bullet A}{R_2^2} \bullet \dot{H}_0 \dots \dots \dots \text{式 (11-10)}$$

$\dot{H}_g$ ——入口处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \times \text{m}^2/\text{h}$ ；

R_1 ——等中心点至散射墙面的距离，m；

R_2 ——迷道散射墙面至入口处的距离，m；

α_{ph} ——患者 400cm^2 面积上的散射因子，其值见标准的附录 B 表 B.2；

α_2 ——砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，其值见标准的附录 B 表 B.6；

A——散射面积， m^2 ；

B——辐射屏蔽透射因子，相应的 TVL 见标准的附录 B 表 B.4；

F——治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；

②防护门外的辐射剂量率 $\dot{H}$ 计算公式如下

$$\dot{H} = \dot{H}_g \bullet 10^{-(X/\text{TVL})} + \dot{H}_{og} \dots \dots \dots \text{式 (11-11)}$$

$\dot{H}$ ——防护门外的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_g$ ——入口处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

TVL——迷道入口处散射射线在铅的什值层厚度，mm；一般取 5mm；

$\dot{H}_{og}$ ——装置头泄漏辐射在迷道入口处的剂量率，可由式 (11-7) 算得，直线加速器机房 1 为 2.49×10^{-5} (6MV)、 $2.46 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ (10MV)；直线加速器机房 2 为 $3.69 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ (6MV)、 $3.39 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ (10MV)；

代入相关参数计算得入口处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ ：

表 11-17 散射辐射在迷道防护门入口处的剂量率

位置		α_{ph}	α_2	F/400	A (m ²)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	$\dot{H}_g$ (μSv/h)
直线加速器机房 1 (g 点)	6MV	1.35×10 ⁻³	22×10 ⁻³	4	21.46	8.55	5.53	986.33
	10MV	1.35×10 ⁻³	22×10 ⁻³	4	21.46	8.55	5.53	410.55

泄漏辐射、散射辐射经迷路内墙散射至防护门的剂量率经铅防护门屏蔽后的剂量率 $\dot{H}$ ：

表 11-18 散射辐射所致防护门外的辐射剂量率

位置		$\dot{H}_g$ (μSv/h)	铅门厚度 (mm)	TVL(mm)	铅门的透射因子 B	$\dot{H}_{og}$ (μSv/h)	剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h)
直线加速器机房 1 (g 点)	6MV	1033.10	14	5	1.58×10 ⁻³	2.49×10 ⁻⁵	1.64
	10MV	430.59	14	5	1.58×10 ⁻³	2.46×10 ⁻⁵	0.68

叠加直线加速器有用线束致防护门 g 点处的剂量率 (3.18×10⁻²μGy/h) 后防护门处的剂量率为 1.66μGy/h (6MV)、0.70μGy/h (10MV)。

3.6.2 有用线束不向迷路方向

直线加速器机房 2 的加速器有用线束不向迷路方向，防护门处的剂量率计算公式见式 (11-10) 及式 (11-11)。代入相关参数计算得：

入口处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ ：

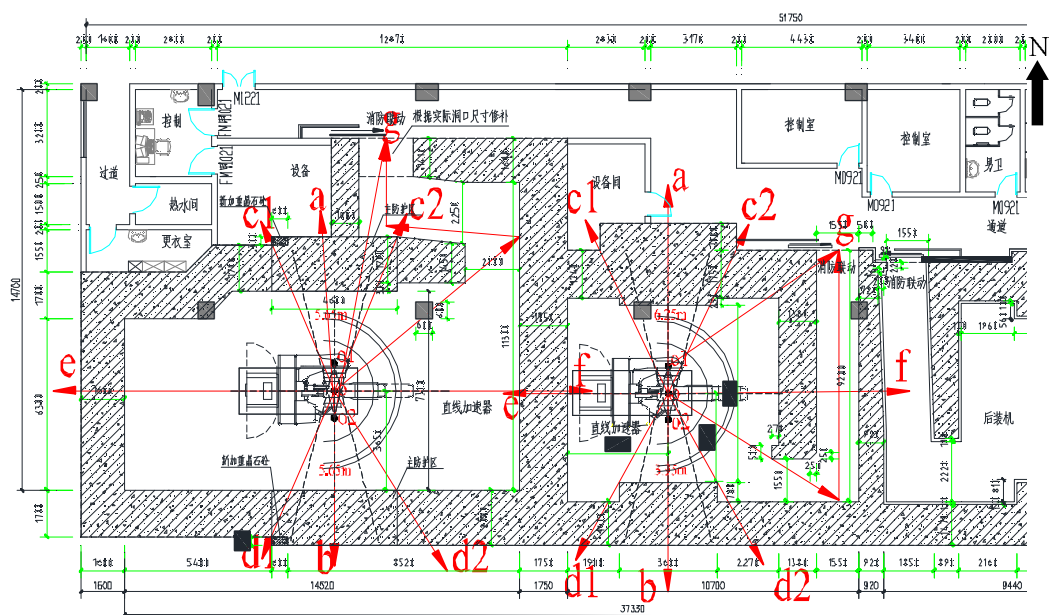
表 11-19 散射辐射在迷道防护门入口处的剂量率 (直线加速器机房 2)

位置		α_{ph}	α_2	F/400	A (m ²)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	$\dot{H}_g$ (μSv/h)
直线加速器机房 (g 点)	6MV	1.35×10 ⁻³	22×10 ⁻³	4	14.4	7.21	9.2	336.27
	10MV	1.35×10 ⁻³	22×10 ⁻³	4	14.4	7.21	9.2	139.97

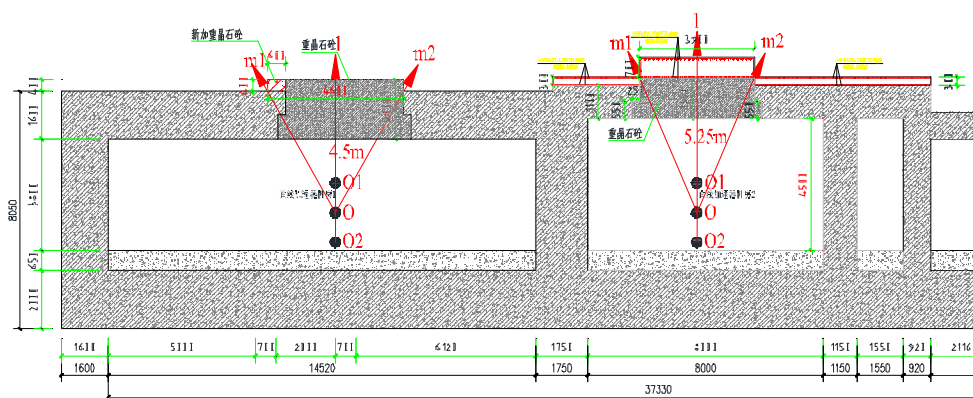
经铅防护门屏蔽后的剂量率 $\dot{H}$ ：

表 11-20 防护门外的辐射剂量率 (直线加速器机房 2)

位置		$\dot{H}_g$ (μSv/h)	铅门厚度 (mm)	TVL(m)	铅门的透射因子 B	$\dot{H}_{og}$ (μSv/h)	剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h)
直线加速器机房 2 (g 点)	6MV	336.27	12	5	3.98×10 ⁻³	3.69×10 ⁻²	1.38
	10MV	139.97	12	5	3.98×10 ⁻³	3.39×10 ⁻²	0.59



直线加速器射线路径图（平面）



直线加速器射线路径图（立面）

图 11-1 加速器机房射线路径图

综上所述，医院直线加速器机房墙体及防护门外关注点的剂量率情况如下：

表 11-21 加速器机房墙体及防护门外关注点的剂量率情况统计表 $\mu\text{Sv/h}$

位置		考察点	剂量率值 (μSv/h)	剂量率控制 水平(μSv/h)	剂量率值 (μSv/h)	剂量率控制 水平(μSv/h)	结论
			6MV		10MV		
直线 加速 器机 房 1	北墙主屏蔽	a	0.04	2.5	0.03	2.5	满足
	南墙主屏蔽	b	0.04	2.5	0.03	2.5	满足
	北墙次屏蔽区	c ₁ , c ₂	7.35×10 ⁻³	2.5	1.06×10 ⁻²	2.5	满足
	南墙次屏蔽区	d ₁ , d ₂	7.35×10 ⁻³	2.5	1.06×10 ⁻²	2.5	满足
	西墙侧屏蔽	e	0.02	2.5	0.04	2.5	满足
	东墙侧屏蔽	f	5.71×10 ⁻³	1.87	1.27×10 ⁻²	0.8	满足
	顶棚主屏蔽	l	0.05	2.5	0.05	2.5	满足
	顶棚次屏蔽区	m ₁ , m ₂	6.55×10 ⁻⁵	2.5	1.27×10 ⁻⁴	2.5	满足

	防护门	g	1.66	2.5	0.70	2.5	满足
直线 加速 器机 房 2	北墙主屏蔽	a	0.02	2.5	0.06	2.5	满足
	南墙主屏蔽	b	0.50	2.5	1.19	2.5	满足
	北墙次屏蔽区	c ₁ , c ₂	8.76×10^{-3}	2.5	1.26×10^{-2}	2.5	满足
	南墙次屏蔽区	d ₁ , d ₂	3.35×10^{-2}	2.5	0.04	2.5	满足
	西墙侧屏蔽	e	0.03	1.87	0.03	0.8	满足
	东墙侧屏蔽	f	2.57×10^{-4}	1.87	3.20×10^{-4}	0.8	满足
	顶棚主屏蔽	l	2.39×10^{-2}	2.5	0.02	2.5	满足
	顶棚次屏蔽区	m ₁ , m ₂	2.50×10^{-3}	2.5	3.95×10^{-3}	2.5	满足
	防护门	g	1.38	2.5	0.59	2.5	满足

由表 11-21 可知，医院直线加速器机房迷宫门处、控制室及机房墙外 30cm 处的剂量率均符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）及《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中的相关要求。

3.7 中子的辐射影响

由《辐射防护导论》（P165）可知，混凝土长期使用会失水，降低混凝土对中子的防护性能，需考虑相应的修正因子，其中最大透射系数修正因子为含水量为 2.5% 时的值 4.1。本项目直线加速器机房为老机房，已使用多年，机房混凝土屏蔽体对中子的防护性能下降，需考虑相应修正因子。从偏保守角度考虑，本项目混凝土因失水造成对中子的防护性能下降的透射系数修正因子取 4.1。

由《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）附录 C 可知，直接光中子由 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产生，直接光中子与加速器大厅物质作用产生散射中子，直接光中子与散射中子平均能量为 0.34MeV。平均能量中子的混凝土的什值层为 21cm，直接光中子在距靶 1m 处最大值为 $4 \times 10^{-3} \text{Sv/Gy}$ ，则 1m 处中子剂量率为 $360 \text{Gy/h} \times 4 \times 10^{-3} \text{Sv/Gy} = 1.44 \text{Sv/h} = 1.44 \times 10^6 \text{Sv/h}$ 。

屏蔽后的剂量率计算公式参照式（11-7），机房屏蔽体对中子的屏蔽因子 B 的计算公式见式（11-5）、式（11-6），混凝土对平均能量中子的什值层厚度 TVL=21cm，1m 处的中子剂量率为 $1.44 \times 10^6 \text{Sv/h}$ ，从偏保守角度考虑 f 均取 1。估算出屏蔽后的剂量率再乘以修正因子则得到失水混凝土屏蔽体外的剂量率。代入相关参数得：

表 11-22 中子所致直线加速器机房屏蔽体外剂量率一览表

位置		1m 处中子剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽物质	透射因子 B	距离(m)	修正系数	屏蔽后的中子剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
直线加速器机房 1	北墙	1.44×10^6	200cm 重晶石混凝土	2.99×10^{-10}	6.95	4.1	3.66×10^{-5}
	南墙	1.44×10^6	200cm 重晶石混凝土	2.99×10^{-10}	6.95	4.1	3.66×10^{-5}
	顶棚	1.44×10^6	200cm 重晶石混凝土	2.99×10^{-10}	5.8	4.1	5.25×10^{-5}
	西墙	1.44×10^6	160cm 普通混凝土	2.40×10^{-8}	9.16	4.1	1.69×10^{-3}
	东墙	1.44×10^6	175cm 普通混凝土	4.64×10^{-9}	9.31	4.1	3.16×10^{-4}
直线加速器机房 2	北墙	1.44×10^6	300cm 普通混凝土	1.31×10^{-10}	7.55	4.1	5.36×10^{-10}
	南墙	1.44×10^6	230cm 普通混凝土	3.42×10^{-7}	6.85	4.1	1.40×10^{-6}
	顶棚	1.44×10^6	205cm 普通混凝土	5.81×10^{-6}	6.55	4.1	2.38×10^{-5}
	西墙	1.44×10^6	170cm 普通混凝土	1.90×10^{-4}	5.93	4.1	7.79×10^{-4}
	东墙	1.44×10^6	225cm 普通混凝土	2.99×10^{-7}	8.18	4.1	1.23×10^{-6}

注：（1）中子屏蔽计算时，重晶石混凝土厚度按普通混凝土厚度计。（2）加速器产生的 22MeV 电子束所致光中子按 22MV 的 X 射线进行估算。

由上述计算结果可知，本项目直线加速器机房混凝土墙体考虑失水造成的对中子防护性能下降的影响后仍能满足相关要求。

综上所述，医院医用电子直线加速器机房按设计要求建设后，直线加速器在运行期间对工作人员及环境的影响符合相关标准要求。

3.8 感生放射性及辐解废气对环境的影响评价

加速器在放射治疗时，当射线能量达到或超过产生 (γ , n) 反应的阈能量时，还会产生感生放射性。如空气中会产生 ^{11}C （半衰期 20.5min）、 ^{13}N （半衰期 10min）和 ^{15}O （半衰期 124s）；偏转磁铁上，将产生 ^{62}Cu （半衰期 9.7min）、 ^{64}Cu （半衰期 12.7h）、 ^{66}Cu （半衰期 5.1min）、 ^{65}Ni （半衰期 38min）等核素。

由《医用直线加速器感生放射性冷却时间的检测》（屠波等，中国医疗设备 2011 年第 26 卷 12 期）可知，X 射线能量在 10MV 以下时，不会产生感生放射性；本项目直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，故使用 X 射线工况下，不会产生感生放射性。由《高能医用直线加速器感生放射性辐射场特点和防护研究》（王志斌等，职业与健康 2014 年 7 月第 30 卷第 13 期）可知，低于 10MeV 的电子束不产生感生放射性，12/16/20MeV 的电子束出束后能检测到微量感生放射性，1min 钟后消失；本项目电子束最大能量为 22MeV，医院使用高能电子束后，停束 1min 后进入治疗室。

3.9 加速器放疗项目受照人员剂量估算

从偏保守考虑，本项目直线加速器职业及公众人员受照时间取 6MV、10MV 估算结果较大值，即 10MV 时的出束时间 250h/台；人员在某关注点处的受照剂量率取 6MV、

10MV 估算结果的较大值。由中子估算结果可知，考虑中子辐射品质因子 10 后的剂量率仍远小于 X 射线所致屏蔽体外的剂量率，故人员受照剂量主要考虑 X 射线。

人员受照剂量估算结果见表 11-23。

表 11-23 直线加速器辐射工作人员及公众成员的年有效剂量

位置		剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间(h)	年有效剂量 (mSv/a)
直线加速器机房 1	工作人员	0.04	250	1.00×10^{-2}
	公众成员	1.66	$250 \times (1/16) = 15.625$	2.59×10^{-2}
直线加速器机房 2	工作人员	1.38	$250 \times (1/16) = 15.625$	2.16×10^{-2}
	公众成员	1.19	$250 \times (1/4) = 62.5$	7.44×10^{-2}

由估算结果可知，医院医用电子直线加速器应用项目正常运行时，工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 $2.16 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）的要求，也低于剂量约束值 5mSv/a 。对公众照射的最大年有效剂量值为 $7.44 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于剂量约束值 0.1mSv/a 。

3.10 通风能力分析

医院本项目直线加速器 1 机房治疗室体积为 347.6m^3 ，排风能力为 $5500 \text{m}^3/\text{h}$ ，能使机房换气 15.8 次/h 以上；直线加速器 2 机房治疗室体积为 227.27m^3 ，排风能力为 $5500 \text{m}^3/\text{h}$ ，能使机房换气 24 次/h 以上；加速器机房排风能力均满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中治疗室通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。

加速器机房送风口离地面 3m，排风口距地面 20cm，排风口与送风口成对角设置，通风系统采用上进下出的通风方式，能有效排出机房内的臭氧、氮氧化物等气体。

3.11 非放射性气体对环境的影响

（1）臭氧产量

由《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 Vol14, 2, P101, 1994）可知，有用线束所致臭氧（ O_3 ）的产量由下式计算：

$$P = 2.43 \times \dot{D}_0 \times (1 - \cos \theta) \times R \times G \dots \dots \dots \text{式 (11-12)}$$

式中：P 为臭氧（ O_3 ）产额，mg/h；

$\dot{D}_0$ 为辐射有用线束在 1m 处的输出量， $\text{Gy} \times \text{m}^2/\text{min}$ ；由设备参数可知，直线加速器 X 射线模式下加速器最大输出剂量率为 14Gy/min ；

S_0 为距源点 1m 处的照射野面积， m^2 ；

R 为射线束中心轴线上原点至辐照室内壁的距离，m；

θ 为射线束的半张角，度；本项目直线加速器取 14° ；

G 为空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧 (O_3) 分子数；本项目取 10；

代入相关参数计算得：

直线加速器机房 1：P=0.78mg/min；

直线加速器机房 2：P=0.72mg/min；

(2) 臭氧 (O_3) 浓度

假设臭氧在机房内均匀分布，开机后 t (min) 时刻，机房内的臭氧浓度计算公式如下：

$$c(t) = \frac{P \times \bar{T}}{V} [1 - \exp(-t/\bar{T})] \dots\dots\dots \text{式 (11-13)}$$

式中：c(t)——机房内臭氧的浓度，mg/m³；

V——机房内体积，m³；直线加速器机房 1 治疗室体积为 347.6m³；直线加速器机房 2 治疗室体积为 227.27m³；

t——开机运行时间，min；从偏保守角度考虑，本项目直线加速器开机运行时间取 2min；

$\bar{T}$ ——有效清除时间，min；

$$\bar{T} = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots \text{式 (11-14)}$$

式中：t_v——换气一次需要的时间，min；直线加速器机房 1 排气系统排风能力为 5500m³/h，换气一次需要的时间最长为 3.79min/次；直线加速器机房 2 排气系统排风能力为 5500m³/h，换气一次需要的时间最长为 2.48min/次；

t_d——臭氧的有效分解时间，为 50min；

代入参数算得：直线加速器机房 1： $\bar{T}$ =3.52min，直线加速器机房 2： $\bar{T}$ =2.36min；

当机器运行很长时间后，臭氧浓度达到饱和，其平衡浓度计算公式如下：

$$c_s = \frac{P \times t}{V} (t \ll \bar{T}) \dots\dots\dots \text{式 (11-15)}$$

$$c_s = \frac{P \times \bar{T}}{V} (t \gg \bar{T}) \dots\dots\dots \text{式 (11-16)}$$

将上述参数代入式 (11-15) 得：直线加速器出束时，不考虑排风机的排风能力，直线加速器停机后，直线加速器机房 1 内臭氧浓度为 2×10^{-3} mg/m³，直线加速器机房 2 内臭氧浓度为 3×10^{-3} mg/m³，均小于 GBZ 2.1-2007 中有害气体（臭氧）职业接触限值 0.3mg/m³。

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的一半，工作场所中 NO₂ 的限值（5mg/m³）大于 O₃ 的限值。因而工作场所中 O₃ 浓度达到《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》要求时，NO_x 的浓度也会满足要求。

3.12 其他

该项目放射性废物是加速器的废弃靶，只在加速器装置需要更换金属钨靶时才产生，换下的废靶由生产厂家回收处理。

综上所述，医院直线加速器机房防护措施、对周边环境的影响等满足相关标准要求。

4.后装治疗机（¹⁹²Ir 放射源）项目运行期的环境影响预测及评价

本项目后装治疗机（¹⁹²Ir 放射源）理论计算采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）中的相关计算公式。

4.1 剂量控制

（1）治疗机房墙外和入口门外关注点的剂量控制

治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率（以下简称剂量率）应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 。

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，由周剂量参考控制水平求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （μSv/h）：

$$\dot{H}_{c,d} = \frac{H_c}{t \bullet U \bullet T} \dots \dots \dots \text{式 (11-17)}$$

$\dot{H}_c$ ——周参考剂量控制水平，μSv/周；

放射治疗机房外控制区的工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

放射治疗机房外非控制区的人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ ；

U——关注位置方向照射的使用因子，本次评价取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子，工作人员取 1，公众人员取 1/4；

t——治疗装置周治疗时间，h；

预计病人约 80 人/周，最大装源活度时每人平均治疗出束时间 2min/人，则周工作时间为 2.67h；

b) 按照关注点人员居留因子(T)的不同，确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ （μSv/h）：

人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所, $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$;

人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所, $\dot{H}_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$;

c) 关注点处的剂量率参考控制水平取 a)、b) 中的较小者。

(2) 治疗机房顶的剂量控制

在治疗机房正上方有建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自放射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时, 距治疗机房顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 可以根据机房外周剂量参考控制水平 $\dot{H}_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$, 按照治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率求法进行计算。

代入参数算得:

表 11-24 后装治疗机机房屏蔽区墙外剂量率参考控制水平

关注点	北墙 a 点	南墙 b 点	西墙 c 点	东墙 d 点	顶棚 e 点
周剂量参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv/周})$	5	5	5	5	5
治疗照射时间 t	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
使用因子 U	1	1	1	1	1
居留因子 T	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49
关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	10	10	10	10	10
剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49

由《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017) 可知, 治疗室墙壁及及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化原则, 治疗室屏蔽体外 30cm 处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。本项目机房墙体外 30cm 处的剂量率参考控制水平取《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014) 及《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017) 中的较小者, 即 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

4.2 运行时机房周边剂量率计算

由《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014) 可知, 后装治疗机主要考虑 γ 放射源产生的 γ 射线对墙和室顶的直接照射 (初级辐射) 及散射辐射在机房入口的照射。

(1) 初级辐射的屏蔽计算

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \times f \times B}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-18)}$$

$\dot{H}$ ——在屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{H}_0$ ——活度为 A 的源在距其 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$; $\dot{H}_0 = A \bullet K_\gamma$, K_γ 放射源的空气比释动能率常数， ^{192}Ir 为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，源活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$;

f——对有用线束为 1;

R——辐射源至关注点的距离，m;

B——辐射屏蔽透射因子， $B=10^{-X/\text{TVL}}$ ，X 为屏蔽物质厚度，TVL 为什值层厚度，混凝土对 ^{192}Ir 放射源的 $\text{TVL}=152\text{mm}$;

(2) 散射辐射的屏蔽

入口处（防护门处）经屏蔽后的散射辐射剂量 $\dot{H}$ 计算公式如下:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \times S_w \times a_w}{R_1^2 \times R_2^2} \times B \dots\dots\dots \text{式 (11-19)}$$

$\dot{H}_0$ ——活度为 A 的源在距其 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$; $\dot{H}_0 = A \bullet K_\gamma$, K_γ 放射源的空气比释动能率常数， ^{192}Ir 为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，源活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$;

S_w ——迷路内口墙的散射面积， m^2 ， $2.74 \times 3.8 + 2.74 \times 2.42 = 17\text{m}^2$;

a_w ——散射体的散射因子， m^2 ，取表 C.5 中 0.5MeV 时 0° 入射 45° 散射值 1.58×10^{-2} ;

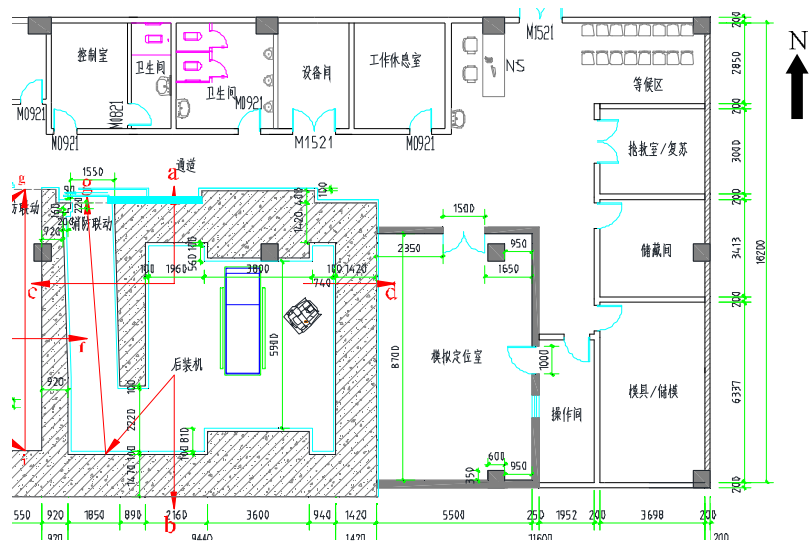
R_1 ——辐射源至散射体中心点的距离，m;

R_2 ——散射体中心点至计算点的距离，m;

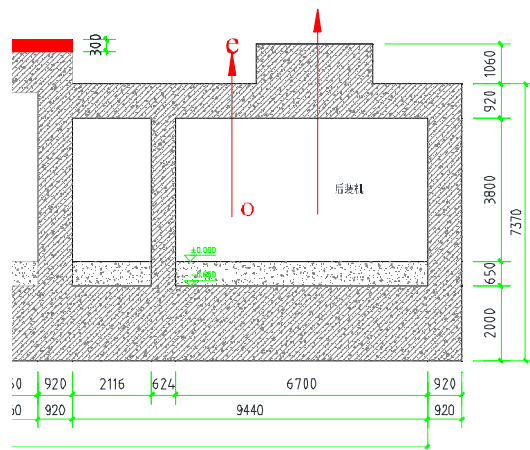
B——辐射屏蔽透射因子， $B=10^{-X/\text{TVL}}$ ，X 为屏蔽物质厚度，TVL 为什值层厚度，散射辐射在防护门处的能量约 0.2MeV ， $\text{TVL}_{\text{铅}}=5\text{mm}$;

以后装治疗机房外 30cm 处作为评价目标点。后装治疗机机房迷路内墙最薄处厚 89cm 混凝土，迷路外墙最薄处厚 72cm 混凝土，估算西墙外 30cm 处剂量率时，屏蔽体厚度取最小值（161cm 混凝土），取值是偏保守和安全的。后装治疗机移动时，距北墙、迷路内墙及东墙最近距离为 1m，距南墙主屏蔽区最近距离为 2m，距地 1m。

后装治疗机射线路径见图 11-2，计算因子及结果见表 11-25 及表 11-26。



后装治疗机射线路径图（平面）



后装治疗机射线路径图（剖面）

图 11-2 后装治疗室射线路径图

表 11-25 后装治疗机 (^{192}Ir) 机房周边辐射剂量率计算结果（有用线束方向）

位置		屏蔽物质厚度	透射系数	源至关注点处的距离 (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
北墙外 30cm (过道, a 点)	主屏蔽区	238cm 混凝土	2.20×10^{-16}	3.68	6.67×10^{-13}
	次屏蔽区	142cm 混凝土	4.55×10^{-10}	2.72	2.53×10^{-6}
南墙外 30cm (过道, b 点)	主屏蔽区	228cm 混凝土	1.00×10^{-15}	4.58	1.96×10^{-12}
	次屏蔽区	147cm 混凝土	2.13×10^{-10}	4.58	4.18×10^{-7}
顶棚外 30cm (e 点)	主屏蔽区	198cm 混凝土	9.41×10^{-14}	5.08	1.50×10^{-10}
	次屏蔽区	92cm 混凝土	8.86×10^{-7}	4.02	2.25×10^{-3}
西墙外 30cm (加速器机房 2, c 点)		161cm 混凝土	2.56×10^{-11}	4.96	4.27×10^{-8}
东墙外 30cm (模拟定位机机房, d)		142cm 混凝土	4.55×10^{-10}	2.72	2.53×10^{-6}

表 11-26 后装治疗机 (^{192}Ir) 机房防护门处辐射剂量率计算结果 (散射)

位置	屏蔽物质厚度	$R_1(\text{m})$	$R_2(\text{m})$	$S_w(\text{m}^2)$	a_w	B(透射系数)	H($\mu\text{Sv/h}$)
防护门	10mmPb	3.97	8.89	17	1.58×10^{-2}	2.15×10^{-2}	0.19

由理论计算结果可知, ^{192}Ir 后装治疗机机房屏蔽体外 30cm 处的剂量率在 $6.67 \times 10^{-13} \sim 0.19 \mu\text{Sv/h}$ 之间, 小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014)、《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017) 的相关要求。

4.3 有效剂量估算

由医院提供资料可知, ^{192}Ir 后装治疗机年治疗病人数约 4000 人, 最大装源活度下平均每人治疗时间约 2min, 医生摆位时间平均约 1min。机房四周公众成员的居留因子取 1/4。辐射工作人员按 1 班计。

由《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017) 可知, 运输贮源器(或工作贮源器)内装载最大容许活度时, 距离贮源器表面 5cm 处的任何位置, 泄漏辐射的空气比动能率不得大于 $50 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$; 距离贮源器表面 100cm 处的球面上, 任何一点的泄漏辐射的空气比释动能率不得大于 $5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。医生摆位时, 保守考虑, 不考虑放射源活度随时间衰变的作用, 其空气比释动能率保守取 $5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$; 后装治疗机机房控制室与治疗室之间为过道, 从偏保守和安全的角度, 工作人员在治疗室外的受照剂量率取防护门处的剂量率; 工作人员进出治疗室时, 按规定正确佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪, 穿戴铅衣、铅帽等辐射防护用品。

表 11-27 后装治疗机 (^{192}Ir) 职业工作人员及公众成员的年有效剂量

成员		剂量率 (μSv/h)	时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	
职业人员	控制室	0.19	4000 人/年×2min/人=133.33	2.53×10 ⁻³	0.36
	摆位	5	4000 人/年×1min/人=66.67	0.33	
公众成员		0.19	133.33÷4=33.33	6.33×10 ⁻³	

由表 11-27 可知, ^{192}Ir 后装治疗机正常运行时, 工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.36mSv/a, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求, 也低于剂量约束值 5mSv。对公众照射的最大年有效剂量值为 6.33×10^{-3} 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, 也低于剂量约束值 0.1mSv。

4.4 通风能力及非放射性气体对环境的影响

后装治疗机机房送风口离地面 3m, 排风口距地面 20cm, 排风口与送风口成对角设置, 通风系统采用上进下出的通风方式, 能有效排出机房内的臭氧、氮氧化物等气体。医院本项目后装治疗机机房排气扇排风能力为 $5500 \text{m}^3/\text{h}$, 后装治疗机机房治疗室体积为 155.3m^3 ,

排气扇能使机房换气约 35.4 次/h, 满足《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017) 中治疗室通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。

4.5 放射性固体废物

本项目 ^{192}Ir 后装治疗机放射源达不到治疗活度要求或停用等情况下, 将产生废弃(旧)放射源, 废弃(旧)的 ^{192}Ir 放射源交由生产厂家回收处理。

5. 非密封放射性物质工作场所

5.1 工作场所的射线屏蔽

5.1.1 理论计算公式

γ 点源的剂量率计算公式如下:

$$D = \frac{A \cdot \Gamma}{K \cdot r^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-20)}$$

式中: D—参考点上的剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

A— γ 点源的活度, MBq;

r—剂量率常数, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$;

由《医用辐射危害控制与评价》(苏旭 主编)可知相应核素的剂量率常数为: ^{131}I 为 $0.0583 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 为 $0.0303 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$, ^{18}F 为 $0.143 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$;

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—屏蔽物质的半值层厚度数或十值层厚度数, $n=\text{屏蔽物质厚度}/\text{半值层(什值层)}$;

^{131}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;

^{18}F —铅的 HVL 为 5.5mm, 混凝土的十值层厚度为 17.6cm;

5.1.2 ^{131}I 工作场所辐射环境影响分析

医院本项目 ^{131}I 药物用于 SPECT 显像, 涉及的工作场所包括 SPECT 注射后休息室、SPECT/CT 机房及患者通道等。由医院提供资料可知, SPECT 显像患者最大服药量 $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ (4mCi)。服药病人按点源考虑, 位于各功能用房中央位置, 最大服药量时的显像患者同时候诊人数取 5 人。由医院医技综合楼设计图纸可知, 医技综合楼一楼层高 4.7m, 代入相关参数算得各工作场所屏蔽体外 30cm 处剂量率情况见表 11-28。

表 11-28 ^{131}I 工作场所屏蔽体外剂量率估算结果

位置		屏蔽物质及厚度	源活度 (MBq)	剂量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$	距离 (m)	屏蔽后的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
SPEC T 注射 后休息 室	北墙外 30cm (患者通道)	北墙、南墙、东墙为 25cm 混凝土；西墙为 24cm 实心砖墙+6mmPb；	148×5 人	0.0583	3.05	0.19
	南墙外 30cm (过道)				3.05	0.19
	西墙外 30cm (卫生间)				2	0.35
	东墙外 30cm (污洗间)				2	0.44
	顶棚上方 30cm	25cm 混凝土			4.25	0.10
	地板下方 30cm	50cm 混凝土			1.8	0.02
	防护门	6mmPb			2	2.70
SPEC T/CT 机房	北墙外 30cm (控制室)	25cm 混凝土	148	0.0583	3.05	0.04
	南墙外 30cm (患者通道)				3.05	0.04
	西墙外 30cm (PET/MR 机房)				4.275	0.02
	东墙外 30cm (阅片室)				4.275	0.02
	顶棚上方 30cm	25cm 混凝土			4.25	0.02
	地板下方 30cm	50cm 混凝土			1.8	4.44×10^{-3}
	观察窗	6mmPb			3.05	0.23
	控制室侧防护门	6mmPb			3.05	0.23
	患者出入防护门	6mmPb			3.05	0.23
摆位		0.5mmPb	148	0.0583	1	7.69
^{131}I 铅药罐表面 30cm		20mmPb	1480	0.0583	0.3	9.44

5.1.3 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 辐射影响分析

医院本项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者最大服药量为 $7.40\times 10^8\text{Bq}$ (20mCi)。计算时，服药病人按点源考虑，位于病房中央位置，注射工作人员在 30mmPb 的药物注射窗后操作，注射及摆位时穿戴 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 (11-20)。计算结果见表 11-29。

表 11-29 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 工作场所屏蔽体外剂量率估算结果

核素名称及位置		屏蔽物质及厚度	源活度 (MBq)	剂量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$	距离 (m)	屏蔽后的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
通风 柜表 面	北面 30cm	20mmPb	2.41×10^4	0.0303	0.6	1.73×10^{-17}
	南面 30cm				0.6	1.73×10^{-17}
	西面 30cm				0.7	1.27×10^{-17}

(99mTc)	东面 30cm				0.7	1.27×10^{-17}
	上表面 30cm				0.7	1.27×10^{-17}
	下表面 30cm				1.5	2.77×10^{-18}
SPEC T 注射后 休息室	北墙外 30cm (患者通道)	北墙、南墙、东 墙为 25cm 混凝土, 西墙为 24cm 实心砖墙 +6mmPb	740×10 人	0.0303	3.05	3.93×10^{-3}
	南墙外 30cm (过道)				3.05	3.93×10^{-3}
	西墙外 30cm (卫生间)				2	2.01×10^{-7}
	东墙外 30cm (卫生间)				2	9.14×10^{-3}
	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	2.02×10^{-3}
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	1.84×10^{-6}
	防护门外 30cm (患者通道)	6mmPb			2	5.35×10^{-5}
SPEC T/CT 机房 (99mTc)	北墙外 30cm(控制室)	25cm 混凝土	740	0.0303	3.05	3.93×10^{-4}
	南墙外 30cm(服药患者过道)				3.05	3.93×10^{-4}
	西墙外 30cm (PET/MR 机房)				4.27	2.00×10^{-4}
	东墙外 30cm(阅片室)				4.27	2.00×10^{-4}
	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	2.02×10^{-4}
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	1.84×10^{-7}
	观察窗外 30cm	6mmPb			3.05	2.30×10^{-6}
	控制室侧防护门外 30cm	6mmPb			3.05	2.30×10^{-6}
	患者出入防护门外 30cm	6mmPb			3.05	2.30×10^{-6}
留观 室	北墙外 30cm (患者通道)	四周墙体为 24cm 实心砖墙 +2mmPb	740	0.0303	3.09	8.70×10^{-5}
	南墙外 30cm (过道)				3.09	8.70×10^{-5}
	西墙外 30cm (污洗间)				2.19	1.73×10^{-4}
	东墙外 30cm (过道)				2.19	1.73×10^{-4}
	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	2.02×10^{-4}
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	1.84×10^{-7}
	防护门外 30cm (患者通道)	4mmPb			3.09	2.28×10^{-4}
注射	^{99m} Tc	30mmPb	740	0.0303	0.3	1.97×10^{-28}

摆位	^{99m}Tc	0.5mmPb	740	0.0303	1	7.06
^{99m}Tc 铅药罐表面 30cm		20mmPb	2.41×10^4	0.0303	0.3	6.93×10^{-17}

5.1.4 正电子显像药物 (^{18}F)

医院 ^{18}F 药物最大用量为 370MBq/人 (10mCi/人)。注射后休息室一般为 1 人, 最多 2 人候诊休息。

计算时, 服药病人按点源考虑, 位于病房中央位置, 注射工作人员在 30mmPb 的药物注射窗后操作, 摆位时穿戴 0.5mmPb 的铅衣。

患者服药后一般候诊 50min 进入 PET/MR 机房接受扫描, 扫描时间为 50min; 或候诊 60min 后进入 PET/CT 机房接受扫描, 扫描时间 20min。此过程, 放射性核素会进行衰变, 计算公式为 $A = A_0 e^{-\lambda t}$, $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$, 则衰减的修正系数分别为 0.73 (50min) 和 0.69 (60min)。

服药患者排入衰变池的量按服药量的 20%计, 不考虑核素衰减。因 ^{18}F 半衰期较短, 24h 后活度基本趋于零, 故衰变池中核素量取日最大就诊人数最大服药量时排入衰变池中的量。计算时, 废水中的核素视为点源, 位于衰变池中央位置。衰变池四周墙体及盖板为重晶石混凝土, 按密度换算为普通混凝土。

代入相关参数进行计算, 计算结果见表 11-30。

表 11-30 ^{18}F 工作场所屏蔽体外剂量率估算结果

核素名称及位置		屏蔽物质及厚度	源活度 (MBq)	剂量率常数 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$)	距离 (m)	屏蔽后剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
分装室通风柜表面 (储存状态)	北面 30cm	通风柜 50mmPb+铅药罐 50mmPb	4.07×10^4	0.143	0.6	0.05
	南面 30cm				0.6	0.05
	西面 30cm				0.7	0.04
	东面 30cm				0.7	0.04
	上表面 30cm				0.7	0.04
	下表面 30cm				1.5	0.01
分装室顶棚外 30cm (分装)		通风柜 50mmPb+25cm 混凝土	370	0.143	3.7	0.03
服药患者通道	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	0.11
	底板外 30cm	50cm 混凝土	370	0.143	1.8	2.36×10^{-2}
注射室	北墙外 30cm (服药患者过道)	24cm 实心砖墙+10mmPb			1.57	0.75
	南墙外 30cm (分装室)	25cm 混凝土			1.58	0.80

	西墙外 30cm（缓冲间）	25cm 混凝土			2.37	0.36
	东墙外 30cm（运动负荷抢救室）	24cm 实心砖墙+10mmPb			2.36	0.33
	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	0.11
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	2.36×10 ⁻²
PET 注射后休息室（双人）	北墙外 30cm（服药患者过道）	25cm 混凝土	370×2	0.143	3.05	0.43
	南墙外 30cm（过道）				3.05	0.43
	西墙外 30cm（废物/储源室）				1.925	1.08
	东墙外 30cm（卫生间）	24cm 实心砖墙+10mmPb			1.925	1.00
	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	0.22
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	4.71×10 ⁻²
	患者出入防护门外 30cm（服药患者通道）	10mmPb			3.05	3.23
PET 注射后休息室 VIP 1（单人）	北墙外 30cm（服药患者过道）	北墙、南墙、东墙为 25cm 混凝土，西墙为 24cm 实心砖墙+10mmPb	370	0.143	3.05	0.22
	南墙外 30cm（过道）				3.05	0.22
	西墙外 30cm（卫生间）				1.925	0.50
	东墙外 30cm（VIP2 室）				1.925	0.54
	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	0.11
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	2.36×10 ⁻²
	患者出入防护门外 30cm（服药患者通道）	10mmPb			3.05	1.61
PET /CT 机房	北墙外 30cm（控制室）	25cm 混凝土	370×0.69	0.143	3.3	0.13
	南墙外 30cm（服药患者过道）				3.3	0.13
	西墙外 30cm（诊室）				4.4	0.07
	东墙外 30cm（PET/MR 机房）				4.4	0.07
	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	0.08
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	2.36×10 ⁻²
	观察窗外 30cm	10mmPb			3.3	0.94
	控制室侧防护门外 30cm	10mmPb			3.3	0.94
	患者出入防护门外 30cm	10mmPb			3.3	0.94
	PET /MR 扫描间	北墙外 30cm（控制室）			24cm 实心砖墙+8mmPb 防护涂料	370×0.73
南墙外 30cm（服药患者过道）		3.34	0.16			
西墙外 30cm（PET/CT 机房）		25cm 混凝土	4.3	0.08		
东墙外 30cm（SPECT/CT 机房）			4.3	0.08		

	顶棚外 30cm	25cm 混凝土			4.25	8.12×10^{-2}
	底板外 30cm	50cm 混凝土			1.8	1.72×10^{-2}
	观察窗外 30cm	10mmPb			3.34	0.98
	控制室侧防护门外 30cm	10mmPb			3.34	0.98
	患者出入防护门外 30cm	10mmPb			3.34	0.98
衰变池	沉渣化粪池北面 30cm	30cm 重晶石混凝土（相当于 43.4cm 普通混凝土）	370MBq/人次 $\times 0.2 \times 40$ 人次/天	0.143	1.375	0.77
	一级衰变池西面 30cm				1.69	0.25
	二级衰变池东面 30cm				1.69	0.25
	三级衰变池南面 30cm				1.35	0.40
	衰变池盖板上方 30cm				1.6	0.28
注射		30mmPb	370	0.143	0.3	13.41
摆位		/	370×0.73	0.143	1.0	38.61
^{18}F 铅药罐表面 30cm		50mmPb	4.07×10^4	0.143	0.3	118.59
分装		50mmPb	370	0.143	0.3	1.08

5.2 有效剂量估算

本项目各非密封放射性物质工作场所接触源情况如下：

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物显像患者 5000 人次/年，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。

^{131}I 显像患者 2500 人次/年，摆位时间约 1min/人，病人扫描时间约 10min/人。

^{18}F 显像患者 10000 人次，药物注射时间约 30s/人，摆位时间约 1min/人，PET/CT 患者扫描时间约 20min/人，PET/MR 患者扫描时间为 50min/人。公众人员居留因子取 1/4。

放射性废液衰变池四周公众人员居留因子取 1/16。

医院核医学科工作场所辐射工作人员及受照有效剂量情况如下：

表 11-31 核医学科工作场所工作人员及公众成员的年有效剂量估算结果表

成员		操作类型	人数	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	接触时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	
护士	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	注射	2 人	1.97×10^{-28}	5000 人次/年 $\times 30\text{s/人}$ $\div 2 = 20.83$	4.10×10^{-30}	0.56
	^{18}F	注射		13.41	10000 人次/年 $\times 30\text{s/人次}$ $\div 2 = 41.67$	0.56	
SPEC T 工 作人 员	^{131}I	摆位	2 人	7.69	2500 人次/年 $\times 1\text{min/人}$ $\div 2 = 20.83$	0.16	0.504
		观察窗		0.23	$2500 \times 10\text{min/人}$ $\div 2 = 208.33$	0.05	
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	摆位		7.06	5000 人次/年 $\times 1\text{min/人}$ $\div 2 = 41.67$	0.294	
		观察窗		2.30×10^{-6}	$5000 \text{ 人次} \times 10\text{min/人}$ $\div 2 = 416.67$	9.58×10^{-7}	
工作	^{131}I	存放药罐	2 人	9.44	250 次/年 $\times 2\text{min/次}$	3.93×10^{-2}	0.62

人员					÷2=4.17		
	^{99m}Tc	存放药罐		6.93×10^{-17}	250 次/年 $\times$ 2min/次 ÷2=4.17	2.89×10^{-19}	
	^{18}F	存放药罐		118.59	250 次/年 $\times$ 2min/次 ÷2=4.17	0.49	
		药物分装		1.08	10000 人次/年 $\times$ 1min/人 次÷2=83.33	0.09	
PET/CT 工作人员	^{18}F	摆位	2 人	38.61	7500 人次/年 $\times$ 1min/人 次÷2=62.5	2.41	3.59
		扫描检查		0.94	7500 人次/年 $\times$ 20min/人 次÷2=1250	1.18	
PET/MR 工作人员	^{18}F	摆位	2 人	38.61	2500 人次/年 $\times$ 1min/人 次÷2=20.83	0.80	1.82
		扫描检查		0.98	2500 人次/年 $\times$ 50min/人 次÷2=1041.67	1.02	
公众人员	^{131}I	SPECT 注射后休息室顶棚上方 30cm		0.10	2500 人次/年 $\times$ 10min/人 次 $\times$ (1/4) =104.17	1.04×10^{-2}	
	^{99m}Tc	SPECT 注射后休息室顶棚上方 30cm (每次 10 人)		2.02×10^{-3}	500 次/年 $\times$ 1h/次 $\times$ (1/4) =125	2.53×10^{-4}	
	^{18}F	PET 注射后休息室(双人)顶棚外 30cm		0.22	10000 人次/年 $\times$ 1min/人 次 $\times$ (1/4) =41.67	9.17×10^{-3}	
		三级衰变池南面 30cm		0.40	250 天/年 $\times$ 8h/天 $\times$ (1/16) =125	0.05	

综上所述，医院非密封放射性物质工作场所工作人员最大受照有效剂量为 3.59mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于剂量约束值 5mSv。对公众照射的最大年有效剂量值为 5.00×10^{-2} 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，也低于剂量约束值 0.1mSv/a。

5.3 放射性废物分析

本项目非密封放射性物质工作场所产生的放射性废物主要为放射性废液、固体废物以及少量的挥发放射性气体。

5.3.1 放射性固体废物

(1) ^{131}I

^{131}I 显像患者预计 2500 人次/年。据医院统计，核医学科 3 人次产生约 0.1kg 的固体废物， ^{131}I 含放射性固体废物年产生量约 83.33kg。

医院配有 2 个铅废物桶用于收集含放射性固体废物，铅废物桶表面有电离辐射警示标示。核医学科 ^{131}I 药物患者采用口服方式服药，产生的废物主要为一次性手套、吸水纸、口

罩、放射性污染的物品等。铅废物桶内放置专用塑料袋收集废物，装满后的废物袋应密封不破漏，并在表面显著位置标示废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明，送至废物间暂存至少十个半衰期以上，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。

(2) ^{99m}Tc

^{99m}Tc 显像检查患者人数预计 5000 人次/年，按 3 人次产生约 0.1kg 的固体废物，则 ^{99m}Tc 使用过程中产生的含放射性固体废物年产生量约 166.67kg。

核医学科 SPECT 显像配备 5 个铅废物桶用于收集含放射性固体废物，铅废物桶表面有电离辐射警示标示，设有废物间用于暂存 SPECT 显像工作场的含放射性固体废物，废物间设有送风及排风设施。

SPECT 区域的含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、放射性污染的物品等，放射性废物按污染水平及产生时间进行分类收集，暂存于铅废物桶内，铅废物桶表面拟贴电离辐射警示标志和文字提醒。铅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；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。塑料袋满后，在表面显著位置标示废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明，送至废物间分类存放，暂存至少十个半衰期以上，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) ^{18}F

^{18}F 显像工作场所预计患者人数 10000 人次/年，按 3 人次产生约 0.1kg 的固体废物，则 ^{18}F 显像工作场所含放射性固体废物年产生量约 333.33kg。

^{18}F 显像工作场配备 4 个铅废物桶用于收集含放射性固体废物，铅废物桶表面有电离辐射警示标示，并设有废物间用于暂存 PET 显像工作场的含放射性固体废物，废物间设有送风及排风设施。

^{18}F 显像工作场所的含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、放射性污染的物品等。这些放射性废物暂存于储源室内的铅废物桶内，铅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；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。在塑料袋表面显著位置标示废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明，送至废物间暂存至少十个半衰期以上，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。

5.3.2 放射性废液

(1) 放射性废液产生量

^{131}I 显像患者服药后观察无异常即可离开核医学科，服药后 24h 进入 SPECT/CT 机房进行显像，一般不产生放射性废水。该项目核医学科产生的液态放射性污染物主要含有放射性核素 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。核医学科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，设立了衰变池用于收集核医学科产生的含放射性废水。

^{18}F 显像患者人数预计 40 人次/天，10000 人次/年，每人产生废水 12L，则日产生含 ^{18}F 废水量为 $0.48\text{m}^3/\text{天}$ ，年产生废水量为 $120\text{m}^3/\text{年}$ 。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像患者人数预计 20 人次/天，5000 人次/年，每人产生废水 12L/人次，则日产生含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 废水量为 $0.24\text{m}^3/\text{天}$ ，年产生废水量为 $60\text{m}^3/\text{年}$ 。

工作人员每天清洗产生放射性废水约 $0.1\text{m}^3/\text{天}$ （100L/天），年产生废水量为 $25\text{m}^3/\text{年}$ 。

核医学科日产生的放射性废水量合计为 $0.82\text{m}^3/\text{天}$ ，年产生废水量为 $205\text{m}^3/\text{年}$ 。

(2) 放射性核素排放量

由 GB18871-2002 附录 B 的 B.1.3.4 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；本项目取职业人员的剂量约束值 5mSv/a ；

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，具体见表 11-32。

表 11-32 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 $e(g)$, Sv/Bq		年摄入量限值 I (Bq)	$ALI_{\min}$ (Bq)
1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	吸入	2.90×10^{-11}	1.72×10^8	1.72×10^8
		食入	2.20×10^{-11}	2.27×10^8	
2	^{18}F	吸入	9.3×10^{-11}	5.38×10^7	5.38×10^7
		食入	4.9×10^{-11}	1.02×10^8	

核医学科产生的放射性废水从排水管道进入沉渣化粪池沉渣。沉渣化粪池中超声波感

应器探测到沉渣池水满时，通过 PLC 自动控制柜启动一号泵，把沉渣池的水排入一级衰变池，直到一级衰变池水存满为止。沉渣化粪池持续进水，一级衰变池水满且沉渣化粪池水满后，通过 PLC 控制柜控制启动二号水泵，把沉渣化粪池的污水排入二级衰变池，持续到二级衰变池水满为止。二号衰变池水满时，通过 PLC 自动控制柜启动三号水泵，把一级衰变池废水排出到三级衰变池，一级衰变池重新开始进水，当一级衰变池水再次贮满时，自动控制柜启动五号水泵把三级衰变池的废水排到医院总化粪池处理。然后控制柜启动四号水泵把二级衰变池的废水排出到三级衰变池存放，二级池就开始重新进水。按此顺序反复循环。核医学科工作场所产生的放射性废水经统一收集排入废水衰变池，经至少十个半衰期以上时间的衰变、检测达标后经审管部门核准排入医院污水管网。

因 ^{18}F 核素的半衰期小于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素能达标排放时， ^{18}F 核素也能满足达标排放，故主要对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的排放达标情况进行分析。

由衰变池工作原理可知，二级衰变池水满、一级衰变池水再次满时，三级衰变池中的废水才排放，放射性废水的贮存时间仅由一级、二级衰变池容积确定；本项目一级、二级衰变池容积均为 14.9m^3 ，衰变池有效容积按 90% 计，则一级、二级衰变池能容纳废水的天数分别为 16.35 天、16.35 天，均按 16 天计，则废水排放时的贮存时间为 32 天（从一级或二级衰变池废水满后算起，未考虑一级或二级衰变池收集废水过程中的衰变）。则第 48 天三级衰变池第一次排放废水，此后每 16 天排放一次废水，全年（50 周，每周 7 天）排放次数为 19.9 次。为简化计算，核医学科放射性废水为连续排放，未考虑周六、周日休息时无放射性废水产生，未考虑一级衰变池或二级衰变池收集废水过程中核素的衰减，计算结果是偏保守的。

从偏保守角度考虑，最大服药量的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 按 100% 排放，衰变池中核素排入量按 16 天计，则三级衰变池排放时，衰变池中的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素含量如下：

表 11-33 衰变池废水排放时衰变池中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素活度计算表

序号	排放时衰变池位置	排入核素量 (Bq)	贮存天数 (天)	排放时核素活度 (Bq)
1	三级衰变池	$7.40 \times 10^8 \text{Bq/人} \times 20 \text{人/天} \times 16 \text{天} = 2.37 \times 10^{11} \text{Bq}$	32	9.52×10^{-28}

由上述估算结果可知，核医学科各衰变池达到时间要求排放时， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素含量趋于零； ^{18}F 核素的半衰期小于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，衰变池中 ^{18}F 核素含量也将趋于零。核医学科各衰变池达到时间要求排放时，衰变池中核素活度均满足《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。

5.3.3 放射性废气

放射性药物在使用过程中会产生气载放射性废物。非密封放射性物质工作场所在通风柜分装、稀释液态放射性药品，操作时间较短，在正常情况下，通风柜排出气体的放射性活度很小。通风柜的废气通过管道在核医学科所在楼的屋顶高出屋脊的排放口排放，通风柜风速不小于 1.0m/s，通风柜排风管道及核医学科总排风管道设置活性炭过滤装置，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 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。”。

核医学科设有独立的排风系统，排风系统设有高效过滤器过滤装置，排风管道通过废气排风井送至建筑屋脊最高点排放。正常工况下，废气管道中的挥发性气溶胶很少，几乎可忽略不计，再经过通风井墙体屏蔽后对周围公众产生辐射危害可忽略不计。

5.4 施用放射性核医学同位素病人的管理及其对环境的影响

（1）施用 ^{131}I 放射性药品的患者留院观察无异常即可离院。

（2）对施用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 放射性药品的患者进行严格管理，患者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，经有资质的单位检测达标后，由生态环境主管部门批准后排放。

（3）医生叮嘱患者服药后严禁随地吐痰，防止对地面及周边环境产生 β 表面污染。

（4）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。

6.校准用 V 类放射源

本项目校准用放射源为 PET/CT、PET/MR 使用的 3 枚 ^{68}Ge 放射源。PET/CT 或 PET/MR 校准源安装好后，人员在机房外操作； ^{68}Ge 放射源能量小于 ^{18}F ，故 PET/CT、PET/MR 机房均能很好的屏蔽校准源的 γ 射线影响。故校准过程中，人员受照影响主要为放射源的安装过程。设备校准频率一般为每半年一至二次，操作人员安装好校准源时间约 20min，则安装放射源年最大时间为 4 次/年 $\times$ 20min/次=1.33h。关注点 30cm 处的剂量率计算公式见式（11-20），其中减弱倍数 $K=1$ 。则放射源 30cm 处的剂量率及人员受照有效剂量情况如下：

表 11-34 校准用放射源 30cm 处剂量率及受照剂量估算结果表

核素名称	源活度 (Bq/枚)	剂量率常数 (Gy·m ² /Bq·s)	距离 (m)	关注点处剂 量率μGy/h	年有效剂量 (mSv)
⁶⁸ Ge (PET/CT)	1.11×10 ⁸	2.80×10 ⁻¹⁸	0.3	12.43	12.43×1.33h÷1000=1.66×10 ⁻²
⁶⁸ Ge (PET/MR)	5.55×10 ⁷	2.80×10 ⁻¹⁸	0.3	6.22	6.22×2 枚×1.33h÷ 1000=1.66×10 ⁻²

由上表可知,工作人员受照剂量最大为 1.66×10⁻²mSv/a,叠加核医学科 PET/CT、PET/MR 工作人员因非密封源所致有效剂量后的值分别为 3.61mSv/a、1.84mSv/a,均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,也低于剂量约束值 5mSv。

三、事故影响分析

1.III类射线装置

本项目III类射线装置包括 DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT 及 SPECT/CT,III类射线装置运行过程中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的射线装置机房内。

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;为防止类似事故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。同时上报生态环境部门和卫健委部门。

2.数字减影血管造影仪(DSA)

数字减影血管造影仪(DSA)的 X 射线受开机和关机控制,关机时没有射线发出。因

此，检修方便，断电状态下也较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

(1) 工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离介入室，DSA 运行可能产生误照射。工作人员出束前，应通过观察窗等确认介入室内无相关人员后才能出束。

(2) 安全联锁装置发生故障状况下，人员误入正在运行的介入室而受到误照射。因此，工作人员应每天检查安全联锁装置，且医务人员必须严格按照 DSA 操作程序进行操作，防止事故的发生。当发生事故时立即按下紧急按钮停止治疗，减少事故的影响。

(3) 工作人员误操作导致病人受到不必要的照射，操作人员均须经培训合格后上岗，且按操作规程操作，防止事故的发生。当发生误操作时工作人员应立即停止出束。

3.医用电子直线加速器

医院医用电子直线加速器产生的 X 射线或电子束受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，检修方便，断电状态下也较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

(1) 工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离治疗室，加速器运行可能产生误照射。在治疗室防护门内与操作室设置有人工紧急停机及开门按钮，只要未撤离人员了解该按钮的作用，可避免此类事故的发生。因此，在加速器机房内应设置此按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

(2) 安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器治疗室。因此，工作人员应每天检查安全联锁装置，且医务人员必须严格按照加速器操作程序进行治疗，防止事故的发生。当发生事故时立即按下紧急按钮停止治疗，减少事故的影响。

(3) 工作人员误操作导致病人受到不必要的照射，操作人员均须经培训合格后上岗，且按操作规程操作，防止事故的发生。当发生误操作时工作人员应立即按下紧急停机按钮。

4.¹⁹²Ir 后装治疗机

(1) 后装机故障

后装机机器故障主要有施源器未插好、通道堵塞等故障，当发生某种故障时，计算机报警，源自动退回，当源完全退回储源器时，防护门指示灯亮绿灯，此时工作人员进入治疗室撤离病人。工程师通过计算机控制和机房现场进行维修。

(2) 卡源事故

当后装机发生卡源事故时，后装治疗机操作人员穿戴好铅衣、铅帽等防护用品，佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，手持便携式辐射监测设备进入后装治疗室内，记录进入时间及治疗室内辐射水平；辐射工作人员尽快把放射源施源器从病人体内取出，置于应急储

源容器内，并立即把病人带离至治疗室门口，进行体表辐射监测，监测数据显示无异常后，将病人带离治疗室；最后关上治疗室的防护门，设置醒目的禁入标志，并马上上报科室及医院领导，启动放射事故应急救援机制。

卡源故障发生后，医院应尽快联系后装机的生产厂家安排工程师来院协助故障处理，进行人工退源操作，把放射源退回安全鼓内。在此之前，后装治疗室严禁进入，门前应设隔离区，并注意监测周围的辐射水平。医院对参与紧急处理的人员的受照剂量进行估算并记录，向监督管理部门报告。

（3）废 ^{192}Ir 放射源回收过程中的事故主要如下：

①在导源过程中屏蔽储源体（屏蔽装置）发生损坏导致源不能被屏蔽。

②因工作人员操作不当或出现设备故障，在导源以及换装新放射源时，发生放射源由设备或容器中跌落出来，造成安装或操作人员受到强辐射照射。

（4）放射源被盗丢失：由于管理不善，放射源发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

（5）因机房防护门门机联锁故障或控制室人员未能发现治疗室内有人停留等原因，后装治疗机出源治疗致使治疗室内无关人员受到误照射。

（6）事故情况下人员受照剂量分析

①联锁装置失效，人员误入剂量估算

门机联锁等故障时，工作人员或其他人员误入治疗室从而受到不必要的照射。由式（11-18）理论估算可知，最大装源活度下，距放射源 1m 处的剂量率为 $41070\mu\text{Sv/h}$ 。则人员误入状态下，不同时间人员受照的有效剂量由式（11-1）估算得的结果如下：

表 11-35 人员误入状态下不同时间受照剂量估算表（mSv）

时间（min）	0.5	1	2	5
^{192}Ir 后装治疗机	0.34	0.68	1.37	3.42

由上表估算结果可知，联锁装置失效，人员误入距源 1m 情况下，停留约 1.5min，误照射剂量超过公众年有效剂量限值（ 1mSv/a ），误入时间继续延长可能导致人员急性放射性疾病、残疾或死亡。

②装源、换源过程中放射源掉落事故

装源或换源过程中，放射源掉落，人员处理源掉落事故约 5min。装源、换源操作由放射源供应商负责。处理事故时，距源不同距离及不同停留时间人员的受照剂量估算结果如下：

表 11-36 源掉落事故不同时间、距离人员受照剂量估算表（mSv）

距离（m） 时间（min）	1	2	5	10
0.3	7.61	15.21	38.03	76.06
0.5	2.74	5.48	13.69	27.38
1	0.68	1.37	3.42	6.85
2	0.17	0.34	0.86	1.71
3	0.08	0.15	0.38	0.76

由上表可知，如处理措施不当，人员受照剂量较大，由《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2019 年修订）可知，该事故属于较大辐射事故。

③卡源事故

发生卡源事故时，大多数情况可通过设备自带的紧急回源按钮或程序将放射源收回到屏蔽体内安全位置，少部分情况需采取人工回源，即工作人员进入治疗室内将源收回至屏蔽体内或置于应急储源铅罐内。此时人员佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，手持便携式辐射监测设备，穿戴好铅衣、铅帽等辐射防护用品进入治疗室内进行处置，处置时间一般为 1min，人员距源 0.5m。则人员受照剂量为 $41070 \div (0.5)^2 \times (1/60) = 2.74\text{mSv}$ 。

④放射源丢失、被盗

本项目放射源属于Ⅲ类密封源，如出现放射源丢失、被盗，由《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2019 年修订）可知，该事故属于较大辐射事故。

（7）¹⁹²Ir 后装机事故防范措施主要包括：

①辐射操作人员持证上岗，定期进行辐射防护知识的培训 and 安全教育，严格按照设备操作程序操作。

②机房设置门-机联锁装置、视频监控、对讲装置，防护门张贴电离辐射警示标志及安装工作指示灯。工作人员定期检查门-机联锁、视频监控、对讲装置等设备，出现故障及时维修。

③制定后装机卡源事故应急处置措施并加强工作人员卡源事故演习，当出现卡源事故时严格按应急处置措施进行处理。

④废源回收以及新放射源的更换均由设备供应商或厂家完成。

⑤医院加强放射源的辐射管理，后装机机房出入口设置摄像头监控，放射源被盗的几率很小。一旦发生放射源丢失或被盗，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2019 年修订）、《放射性同位素与射线装置安全和管理办法》

（环保部令第 18 号，2019 年修订）、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145 号）以及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）中的有关要求，医院应按规定启动本单位辐射事故应急方案，并及时报告当地生态环境部门、公安部门以及卫健委部门。

5.非密封放射性物质

（1）放射性污染控制

当核医学项目发生放射性污染时，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故的发生及当事人。

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，穿戴好铅衣等防护用品对污染部位采用肥皂等清洗剂反复清洗，至污染控制水平以下为止。

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、丢失事故的处理

①确认放射性核素、密封源被偷盗、丢失事故的发生。

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及时向生态环境、卫健委部门报告，积极配合公安部门的调查。

④写出事故处理结果报告，查找事故发生的原因及可能的环节，评估事故影响。

（3）应急预案的启动

①一旦发生辐射事故，即时启动《辐射事故应急预案》。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发生事故后应在及时上报生态环境、卫健委行政和公安部门。

6.V 类密封源

医院 PET/CT、PET/MR 的 ^{68}Ge 校准源使用过程中，可能发生的事故情况如下：

（1）因工作人员操作不当或出现设备故障，在安装或拆卸放射源时，发生放射源由设备或容器中跌落出来，造成操作人员受到强辐射照射。此时，应及时将放射源装入自带的屏蔽容器内，减少对人员的照射。

（2）由于管理不善，放射源发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。发生放射源丢失、被盗、遗弃事故时，应立即启动单位辐射事故应急预案。

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 修订）等法规文件，为保证建设项目建设期和运营期的辐射防护措施落实情况，医院成立了以伍建春为主任，刘小平为副主任，虞希正、赖光强、郭云洪、王志刚、王悦、张铭璐、张振等为组员的放射防护与辐射安全管理委员会，规定了放射防护与辐射安全管理委员会职责（见附件 3）。

二、辐射安全管理规章制度

为保障放射性同位素与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，医院制定了《深圳禾正医院放射事故应急预案》《深圳禾正医院关于成立放射防护与辐射安全管理委员会的通知》《辐射安全与防护管理制度》《电离辐射危害告知》《辐射工作人员职业健康管理制度》《年度评估制度》《辐射质量保证制度》《辐射监测制度》《深圳禾正医院放射危害宣传教育培训制度》《放射防护用品使用登记管理制度》《深圳禾正医院放射防护设施维护检修登记制度》《建设项目“三同时”管理制度》等制度。

医院应结合相关法律法规及本项目实际，制定和完善相关规章制度，如制定人员职业健康体检制度、非密封源台账管理制度、放射性三废处置制度、各射线装置处置规程（直线加速器、DSA、CT、DR、乳腺钼靶机等）、后装治疗机卡源事故应急预案等规章制度。

本项目运行后，医院应严格落实各项规章制度，定期修改和完善各项规章制度，确保医院放射性同位素与射线装置的安全运行。

三、辐射监测

1.医院给辐射工作人员配备个人剂量计，并定期（每季度 1 次）送检，建立个人剂量档案；发现个人剂量监测结果异常时，应立即核实和调查。安排辐射工作人员上岗前、上岗后、离岗前的职业健康体检，建立健康档案。

2.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。

3.医院将利用配备的 X- γ 辐射监测仪、表面沾污仪等辐射监测设备，自行定期对医院各工作场所进行监测。

4.医院本项目内容运行后应及时进行竣工环境保护自主验收工作。

医院辐射监测设备配备情况见表 12-1，辐射监测计划见表 12-2。

表 12-1 本项目辐射监测设备配备情况一览表

序号	工作场所名称	设备类型	数量（台）
1	直线加速器、后装治疗机、CT 模拟定位机	X- γ 剂量率辐射监测仪	1
2	核医学科	α 、 β 表面污染仪	1
		X- γ 剂量率辐射监测仪	1

表 12-2 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
DSA、CT 模拟定位机、CT、乳腺钼靶机、DR	防护性能	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、观察窗、楼上等	X- γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
			X- γ 辐射剂量率	每季度 1 次	自行监测
	安全连锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检测
医用电子直线加速器	防护性能	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、楼上等	X- γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
			X- γ 辐射剂量率	每月 1 次	自行监测
	安全连锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检测
^{192}Ir 后装治疗机	防护性能	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、楼上等	X- γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
			X- γ 辐射剂量率	每月 1 次	自行监测
	安全连锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检测
核医学科	日常例行监测	对各工作场所的各功能室以及楼上、楼下用房进行实测	X- γ 辐射剂量率	每 2 周 1 次	自行监测
			β 表面沾污	每月 1 次	自行监测
		人体表面皮肤、衣物等	X- γ 辐射剂量率	每次离开高活性室、核医学科前	自行监测
			β 表面污染		
	各功能室	对各工作场所的各功能室以及楼上用房进行实测	X- γ 辐射剂量率 β 表面污染	每年 1 次	委托有资质单位监测、自行监测
			β 表面沾污	每年 1 次	
	专用衰变池排口	实测	排放前废水中总 β 放射性	排放前	委托有资质单位监测
	放射性固体废物	实测	放射性比活度	排放前	委托有资质单位监测、自行监测
辐射工作人员		佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时，每季度送检 1 次	送有资质单位检测
外环境		实测	X- γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测

医院制定的辐射监测计划符合医院实际情况，包含了竣工环境保护验收监测与定期监

测、辐射工作人员个人剂量监测以及日常自行监测，内容全面，符合《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》（GBZ130-2013）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）等的要求。

综上所述，医院辐射监测计划较为全面，能够涵盖核技术利用项目的各个环节，且监测频率较为合理，辐射监测计划整体可行。

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，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》，向当地生态环境主管部门、公安部门和卫健委部门报告。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。深圳禾正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

医院辐射事故应急机构包括应急指挥领导小组、应急处置工作小组组成。

1.1 应急指挥领导小组

主 任：刘小平

副主任：伍建春

委 员：虞希正、赖光强、张振、王志刚

机构主要职责

（1）启动《放射事故应急处理预案》，负责组织应急指挥协调工作，调度人员，联络其他各应急小组迅速赶赴现场，采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；

（2）对放射事故的现场进行组织协调，安排救助，不让无关人员进入，保护好现场，指挥放射事故应急救援行动；

（3）迅速、正确判断事件性质；

（4）负责恢复本单位正常秩序。稳定受照人员情绪等方面的工作，并安排受照人员的健康体检及相应救治工作。

（5）负责向上级行政主管部门报告放射事件应急救援情况。

（6）配合上级卫健委行政主管部门对事故进行立案调查，进行检测和现场处理等各

项工作。

1.2 应急处置工作小组

组 长：赖光强

副组长：张振

组 员：王志刚、王悦、黄秋梅、章志军

机构主要职责

(1) 负责组织应急准备工作，调度人员，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；

(2) 对放射事故的现场进行组织协调，安排救助，不让无关人员进入，保护好现场，指挥放射事故应急救援行动；

(3) 迅速、正确判断事件性质，负责向上级行政主管部门报告放射污染事件应急救援情况；

(4) 负责恢复本单位正常秩序。

2. 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。

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。

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。

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。

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。

医院本项目内容可能发生的辐射事故包括较大辐射事故及一般辐射事故，医院应细化辐射应急预案内容，对辐射事故进行分级，并针对射线装置及放射源的不同辐射事故制定相应的应急预案。

3. 应急预案的启动和报告

（1）报告

当发生人为失误或放射诊疗设备故障等原因导致人员受到意外射线照射时，当事人应立即报告科室负责人，科室负责人接报后应立即报告应急指挥领导小组组长，由组长决定是否启动应急预案并通知相关人员参与应急处置。

（2）应急响应

放射事故应急领导指挥小组根据现场放射性物质释放的情况，进行初步现场评估，对放射事故的现场进行组织协调、指挥放射事故现场处置小组进行现场应急处置，同时协调医疗救治组及后勤保障组赶赴现场开展应急处置工作。

综上所述，评价认为，深圳禾正医院辐射环境管理满足《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 修订）等相关法律法规及标准的相关要求。但医院应结合相关法律法规及本项目实际，制定和完善相关规章制度，如制定人员职业健康体检制度、非密封源台账管理制度、放射性三废处置制度、各射线装置处置规程（直线加速器、DSA、CT、DR、乳腺钼靶机等）、后装治疗机卡源事故应急预案等规章制度；医院应完善辐射应急预案内容，对辐射事故进行分级，并针对射线装置及放射源的不同辐射事故制定相应的应急预案。

表 13 结论与建议

一、结论

深圳禾正医院在医技综合楼一楼放疗科使用医用电子直线加速器 2 台； ^{192}Ir 后装治疗机 1 台，含 ^{192}Ir 密封放射源 1 枚；配套使用 CT 模拟定位机 1 台。在医技综合楼一楼放射科使用 DR 机 4 台，乳腺钼靶机、CT 机各 1 台，数字减影血管造影仪（DSA）1 台。在医技综合楼一楼核医学科使用非密封放射性物质 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I ，工作场所属于乙级非密封源工作场所；显像设备包括 PET/CT、PET/MR 及 SPECT/CT 各 1 台，配套使用 ^{68}Ge 放射源 3 枚，用于 PET/CT、PET/MR 设备的日常校准。

1.实践正当性

深圳禾正医院本项目内容为使用Ⅱ类、Ⅲ类医用射线装置，使用Ⅲ类、V 类密封放射源，使用乙级非密封放射性物质工作场所开展各种放射诊断和放射治疗项目，该项目的开展，能够为患者提供好的医疗服务，且经评价分析，医院上述放射性同位素与射线装置的工作场所屏蔽措施符合相关标准要求，对人员及周边环境的影响在国家标准范围内，该项目辐射实践的正当性。

2.辐射安全与防护

由机房辐射防护措施分析可知，DSA、DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机及 SPECT/CT、PET/CT 机房防护设施满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中的相关要求。

医用电子直线加速器机房大小、屏蔽物质厚度等辐射安全与防护措施满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）、《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》（GBZ/T 201.2-2011）、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）的相关要求。

后装治疗机机房大小、屏蔽物质厚度等辐射安全与防护措施满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）、《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ 121-2017）的相关要求。

核医学科非密封放射性物质工作场所布局等满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的相关要求。

3.环境影响分析

由估算结果可知，DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、PET/CT、SPECT/CT

机辐射工作人员及机房周围公众人员的年受照剂量低于项目剂量约束值（职业工作人员：5mSv/a，公众人员：0.1mSv/a）。

由估算结果可知，医院 DSA 职业工作人员辐射剂量为 0.43mSv，机房外公众人员辐射剂量为 5.50×10^{-3} mSv，此值未扣除环境本底的贡献。可知本项目 DSA 设备运行后，职业工作人员及公众人员所受剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的受照剂量约束值的要求，也低于剂量约束值（即职业工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众成员的年有效剂量不超过 0.1mSv）。

由估算结果可知，医院医用电子直线加速器应用项目正常运行时，工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 2.16×10^{-2} mSv/a，公众照射的最大年有效剂量值为 7.44×10^{-2} 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，也低于剂量约束值（即职业工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众成员的年有效剂量不超过 0.1mSv）。

由估算结果可知， ^{192}Ir 后装治疗机正常运行时，工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.36mSv/a，公众照射的最大年有效剂量值为 6.33×10^{-3} 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，也低于剂量约束值（即职业工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众成员的年有效剂量不超过 0.1mSv）。

由估算结果可知，医院核医学科非密封放射性物质及 ^{68}Ge 校准源所致工作人员最大受照有效剂量为 3.61mSv/a，公众照射的最大年有效剂量值为 5.00×10^{-2} 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，也低于剂量约束值（即职业工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众成员的年有效剂量不超过 0.1mSv）。

4.辐射安全管理

医院已建立《深圳禾正医院放射事故应急预案》《深圳禾正医院关于成立放射防护与辐射安全管理委员会的通知》《辐射安全与防护管理制度》《电离辐射危害告知》《辐射工作人员职业健康管理制度》《年度评估制度》《辐射质量保证制度》《辐射监测制度》《深圳禾正医院放射危害宣传教育培训制度》《放射防护用品使用登记管理制度》《深圳禾正医院放射防护设施维护检修登记制度》《建设项目“三同时”管理制度》等规章制度。

医院应结合相关法律法规及本项目实际，制定和完善相关规章制度，如制定人员职业健康体检制度、非密封源台账管理制度、放射性三废处置制度、各射线装置处置

规程（直线加速器、DSA、CT、DR、乳腺钼靶机等）、后装治疗机卡源事故应急预案等规章制度。

5.放射性三废处置

本项目 DSA、DR、乳腺钼靶机、CT、CT 模拟定位机、SPECT/CT 及 PET/CT 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。本项目后装治疗机废旧的 ^{192}Ir 放射源、医用电子直线加速器产生的废靶由生产厂家回收处理。核医学科废旧的 ^{68}Ge 放射源由生产厂家回收处理。核医学科非密封放射性物质工作场所设有放射性废液衰变池、放射性废物衰变桶及通风柜、活性炭过滤装置等，能对非密封放射性物质工作场所使用过程中的放射性废水、放射性固体废物及放射性废气进行有效处置。故本项目放射性废水、废气及固体废物处置方案可行。

6.结论

本评价项目建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程如能严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求时，并且完善本次评价对该项目提出的各项要求及措施，则本评价正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该评价项目是可行的。

二、建议

1.医院应结合相关法律法规及本项目实际，制定和完善相关规章制度，如制定人员职业健康体检制度、非密封源台账管理制度、放射性三废处置制度、各射线装置处置规程（直线加速器、DSA、CT、DR、乳腺钼靶机等）、后装治疗机卡源事故应急预案等规章制度；医院应完善辐射应急预案内容，对辐射事故进行分级，并针对射线装置及放射源的不同辐射事故制定相应的应急预案。

2.医院应细化相关设计图纸，如补充对讲装置、固定式剂量监测装置安装位置示意图等。

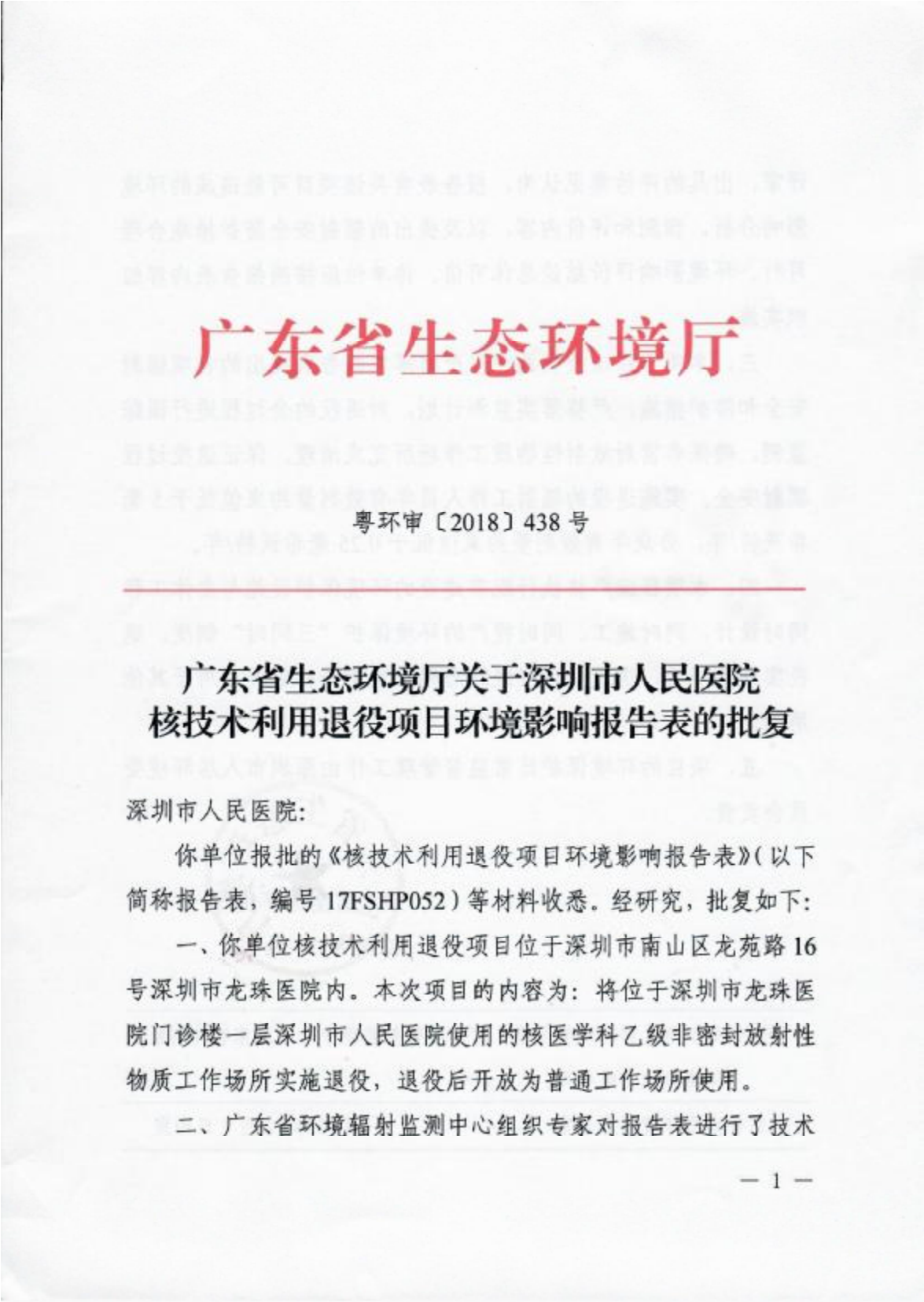
表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人：	公 章 年 月 日

审批意见：	
经办人：	盖 章 年 月 日

附件 1 深圳禾正医院

			
统一社会信用代码 914403007109364959		营业执照	
名称	深圳禾正医院	成立日期	2003年01月27日
类型	有限责任公司(台港澳与境内合作)	住所	深圳市南山区西丽龙苑路
法定代表人	郭云洪		
重要提示 1. 国家企业信用信息公示系统网址: http://www.gsxt.gov.cn 2. 国家企业信用信息公示系统网址: http://www.gsxt.gov.cn 3. 国家企业信用信息公示系统网址: http://www.gsxt.gov.cn 4. 国家企业信用信息公示系统网址: http://www.gsxt.gov.cn		 登记机关 2019年05月27日	



评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在退役实施中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施，严格落实监测计划，对退役的全过程进行跟踪监测，确保非密封放射性物质工作场所完成清理，保证退役过程辐射安全。实施退役的辐射工作人员年有效剂量约束值低于5毫希沃特/年，公众年有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

四、本项目应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产的环境保护“三同时”制度。退役实施完毕后，退役场址应经终态辐射监测合格后方可用于其他用途。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市人居环境委员会负责。



抄送：深圳市人居环境委员会，省环境辐射监测中心，广东智环创新环境科技有限公司。

广东省生态环境厅办公室

2018年12月1日印发

核技术利用产生放射性废物（源）

收贮证明

编号：2018A123G

送贮单位：深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司		送贮经办人：王勇	
辐射工作安全许可证：粤环辐证【00010】		发证日期：	
收贮日期：2019.01.07		收贮经办人：陶嘉林	
废物（源）名称	核度/校准源	/	/
废源编码	US11GE000405	/	/
核素	^{60}Co	/	/
（比）活度	$5.50\text{E}+7\text{ Bq}$	/	/
测定时间		/	/
体积(L)	1	/	/
重量(kg)	2	/	/
状态	固体	/	/
产生时间	2011-07-25	/	/
包装情况	铅罐	/	/
表面剂量率	$1.20\mu\text{Sv/h}$	/	/
1m 处剂量	$0.20\mu\text{Sv/h}$	/	/
废物桶编号	粤环辐 856		
贮位号			
备注	共 壹 枚		

该清单列出的放射性废物（源），已按照广东省人民政府第 65 号令《放射性废物管理办法》的有关规定送广东省城市放射性废物库收贮（处），可作为办理许可登记变更、注销手续的依据。

本收贮证明先由送贮单位盖公章，再由收贮单位盖章。最后双方单位经办人签名、填写收贮日期，方为有效。



深圳禾正医院

禾正医院办字【2019】1号

关于成立放射防护与辐射安全管理委员会的通知

各分院：

为进一步规范我院放射防护管理工作，保证放射诊疗质量和辐射安全，成立医院放射防护和辐射安全管理委员会。

主 任：伍建春

副主任：刘小平

委 员：虞希正、赖光强、郭云洪、王志刚、王悦、张铭璐、张振

管理委员会负责审核医院有关辐射安全与防护管理规章制度，进一步规范院内诊疗活动，负责在辐射应急事件中统一指挥和应急决策。

辐射安全和防护管理委员会下设管理小组。

组 长：赖光强

副组长：张振

管理员：王勇、黄秋梅

管理小组组长、副组长负责各项制度及规范的实施进行监督，负责统筹协调辐射安全与防护的日常管理，管理员负责实施相应范围内辐射安全和防护管理工作。其中黄秋梅为放射防护兼职管理员，具体负责全院放射诊疗工作的质量保证和安全防护。即日起遵照执行。

此通知

签署日期：2019年5月28日



附件 1

建设项目“三同时”管理制度

为了做好放射性同位素与射线装置的安全和监督管理工作，预防、控制和消除建设项目可能产生的职业辐射危害，促进放射性同位素与射线装置的安全应用，保障人体健康，保护环境，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，对我院放射性同位素与射线装置的新建、改建、扩建项目“三同时”工作的落实，特制定本制度。

一、本制度适用范围

医院新建、改建、扩建的放射同位素与射线装置建设项目。

二、职责分工

- 1、医院主要负责人负责新建、改建、扩建的建设项目辐射防护安全设备设施的“三同时”管理及经费支出；
- 2、医院主要负责人负责安排建设项目的防治污染的设计并监督实施过程；
- 3、医院辐射防护管理专职人员在建设项目的可行性研究阶段，应委托具有相应资质的评价机构，承担安全预评价、环境影响评价，办理新、改、扩建项目审批手续；
- 4、医院主要负责人要求项目建设的施工单位应按照设计报告进行施工，并对施工质量负责，若施工方案与设计方案有变动的应及时向院并向行政主管部门报备。
- 5、医院辐射防护管理专职人员负责“三同时”档案管理，并对施工现场和“三同时”执行情况进行督导检查。
- 6、项目完成后应组织相应的验收，确保辐射安全监控计划合格。

附件 2

辐射安全与防护管理制度

为贯彻落实实践的正当化和辐射防护最优化原则，落实《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、《放射诊疗管理规定》、《公开型放射防护的基本要求》等法规、标准的要求，保证患者（受检者）的健康权益，制定本制度。

一、警示告知

- 1、在机房大门设置电离辐射警告标志，在机房门口设置工作警示灯；
- 2、放射工作人员对受检者进行医疗照射时应事先告知辐射对健康的影响。

二、屏蔽防护

- 1、放射诊疗场所应当配备与检查相适应的工作人员防护用品和受检者个人防护用品，防护用品应符合一定的铅当量要求，达到国家的标准要求。
- 2、放射工作人员实施医疗照射时，应对受检者邻近照射的最敏感器官和组织进行屏蔽防护；工作人员在辐射场所操作时必须穿戴个人防护用品。

三、放射检查正当化和最优化判断

- 1、医疗照射必须有明确的医疗目的，严格控制受照剂量，严格执行检查资料的登记、贮存、存取和借阅制度，不得因资料管理、受检者转诊等原因使受检者接受不必要的重复照射。
- 2、实施 X 射线照射操作时，应当禁止非受检者进入 X 光机房。
- 3、每次检查实施时工作人员必须检查机房门是否关闭。

四、设备维修保养

- 1、工作人员必须坚守岗位，对机器的使用、保管、清洁、维护负责，机房应保持清洁，不能放杂物，无关人员不得接近射线机器。
- 2、设备应开展定期的维护（三个月一次），检查。

附件 3

辐射质量保证制度

- 一、配备专职的管理人员，负责辐射工作的质量保证和安全防护。
- 二、放射诊疗设备和检测仪表应当符合要求。
- 三、定期对辐射工作场所和防护设施进行辐射防护检测，保证辐射水平符合有关规定或者标准。
- 四、辐射工作人员应当按照有关规定佩戴个人剂量计。
- 五、按照有关规定和标准，对辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的健康检查，定期进行专业及防护知识培训，并分别建立个人剂量、职业健康管理和教育培训档案。
- 六、制定与本单位从事的诊疗项目相适应的质量保证方案，遵守质量保证计划规范。
- 七、辐射工作人员对患者和受检者进行医疗照射时，应当遵守医疗照射正当化和辐射防护最优化的原则，有明确的医疗目的，严格控制受照剂量；对邻近照射野的敏感器官和组织进行屏蔽防护，并事先告知患者和受检者辐射对健康的影响。
- 八、在实施放射诊断检查前应当对不同检查方法进行利弊分析，在保证诊断效果的前提下，优先采用对人体健康影响较小的诊断技术。实施检查应当遵守下列规定：
 - （一）严格执行检查资料的登记、保存、索取和借阅制度，不得因资料管理、受检者转诊等原因使受检者接受不必要的重复照射；
 - （二）实施 X 射线照射操作时，应当禁止非受检者进入操作现场；因患者病情需要其他人员陪检时，应当对陪检者采取防护措施。
- 九、使用放射影像技术进行医学检查的，应当经过充分论证，制定周密的首查方案，采取严格的质量控制措施。

附件 4

辐射监测制度

为加强对辐射设备与辐射工作人员健康管理，控制放射性物质的照射，规范辐射工作防护管理，保障相关人员健康和环境安全，根据相关法规要求，结合我单位实际，特制定本监测制度。

一、个人剂量监测

1、个人剂量监测方式，个人剂量计每三个月检测一次。监测周期第三个月份的月底，有关部门辐射防护管理人员收齐本部门辐射工作人员的个人剂量监测仪后交予负责人更换佩戴个人剂量计，管理小组负责人统一将个人剂量计送至有资质机构检测并领取新的个人剂量计。

2、剂量监测结果，一般每季度由管理小组负责人向各有关部门通报一次；当次剂量监测结果如有异常，告知具体辐射工作人员及分管领导。

3、管理小组负责建立我单位辐射工作人员的个人剂量档案。

二、工作场所及设备监测

管理小组负责联系有辐射设备性能、工作场所防护监测资质的机构对我单位辐射设备进行每年一次的设备性能与防护监测。

1、外部监测：联系有监测资质的机构对我单位辐射设备性能与场所辐射防护进行每年一次的监测或外审评价。

2、内部监测：由相关的放射诊疗部门每季度初指定专人对放射诊疗场所进行监测，并记录档案。

3、应急监测：应急情况下，为查明放射性污染情况和辐射水平进行必要的内部或外部监测。

附件 5

辐射防护检测与评价制度

为贯彻落实《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、《放射诊疗管理规定》等法律、法规、规章的要求，保证放射诊疗质量和辐射水平符合有关规定或标准，防止放射性危害，制定本制度。

1、本制度适用于医院放射性建设项目的评价，放射诊疗设备、工作场所及防护设施的定期检测工作。

2、指定专人负责本单位的辐射防护检测与评价工作，建立并保存检测与评价档案。

3、新建、扩、改建核技术利用项目，应在建设项目施工前委托环境影响评价技术单位编制核技术利用项目环境影响报告表，委托具有省卫生厅资质认可的放射性职业病危害评价机构进行职业病危害放射防护预评价，将环境影响评价报告、预评价报告分别报上级主管部门审查，经审查符合国家相关标准和要求并取得认可文件后，方可施工。

4、核技术利用项目在竣工验收前，办理变更所《辐射安全许可证》，委托有资质的监测单位进行竣工验收，编制竣工环境保护验收监测报告，进行自主验收；委托具有省卫生厅资质认可的放射性职业病危害评价机构进行职业病危害控制效果评价，取得评价报告并及时向辖区有权的卫生行政部门申请建设项目竣工验收，经验收合格并取得《放射诊疗许可证》后方可投入使用，未经竣工验收合格不得结清项目施工有关经费。

5、正常使用的放射诊疗设备，应每年委托省卫生厅资质认证的检测机构进行一次状态检测；新安装、维修或更换主要部件后的设备也应经省卫生厅资质认证的检测机构检测合格后方可启用。

6、放射诊疗工作场所、防护设施应当每年委托有资质的职业卫生技术服务机构进行检测，利用配备的便携式辐射监测设备定期监测并记录，保证辐射水平符合有关规定或标准。如检测发现有明显辐射问题的，应依据辐射防护最优化的原则和检测机构的建议进行整改，整改后应及时进行复测，确保整改到位。

7、检测与评价有关报告应向放射工作人员告知，妥善保存，并及时向上级主管部门报告。

附件 6

辐射防护设施维护检修登记制度

一、设备及场所的定期维护（每三个月进行一次）

- 1、设备机械性能维护：配置安全装置检查，各机械限位装置有效性检查，各运动部件检查，操作完整性检查。
- 2、设备电气性能维护：各电气元件有效性检查，参数的检查等。
- 3、辐射防护设施维护：检查机房工作状态指示灯工作情况是否正常，警告标志、辐射防护注意事项，防护墙体是否正常。

二、设备的性能检测：每年进行一次，做好相关记录。检测报告应当辐射防护管理小组专职人员备案保存。

三、日常维护：

- 1、每日设备开机后应检查机器是否正常运行，有无报警提示，记录并排除。
- 2、做好设备系统启动前、运行时、关闭时规范操作，检查各状态下的有关部件，应做到每日一次。
- 3、严格执行正确开关机程序，设备于工作时应得之板至待机状态。
- 4、每日工作完成后，做好设备的清洁工作，避免脏污，及给设备造成设备故障。

四、设备的维修保养由专人负责，日常工作将做好工作记录，出现故障及时上报领导，如故障不能排除应通知厂家工程部，及时进行处理和维修，并做好记录。

附件 7

辐射防护用品使用登记管理制度

根据《中华人民共和国职业病防治法》、《放射诊疗管理规定》等法律法规，规范要求，保障放射诊疗过程中受检者、陪检者正确使用防护用品，制定本制度。

医院建立辐射防护用品使用登记簿，开展放射诊疗活动前应根据国家有关放射防护法规防护规定为标准，对临近照射野的敏感器官和组织进行屏蔽防护，对婴幼儿、孕妇、儿童、育龄妇女及孕妇等重点人群防护用品使用情况进行登记，并由受检者或监护人对号确认，使放射防护用品落到实处。

一、按照本制度附件的要求为医院放射科、放疗科和体检医学影像科配备齐全个人防护用品。

二、添购个人防护用品要经审批，验收，保管员，注明日期登记。

三、放射工作人员不在放射机房内操作设备。若确因存在部分设备的情况需在放射机房工作前必须穿戴好防护用品进行工作，检查室和候诊的工作人员易行个人防护用品。

四、对接受检查的人员进行防护用品的穿戴告知。

五、儿童、孕妇在放射时，充分考虑和接受X射线的不确定性，若确实需要进行X射线检查时，应指导其穿戴相应的防护用品，并做好检查全程留置记录。

六、定期将放射防护用品检查内容告知放射工作人员指导受检者穿戴防护用品、防护用品摆放位置、防护用品穿戴宣传，防护知识宣教等。

附件 8

辐射危害宣传教育培训制度

认真贯彻执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《中华人民共和国职业病防治法》等法律法规，结合本单位实际，组织对员工进行职业健康观念、知识、辐射防护等方面的教育培训，制定本单位。

一、培训对象

医院从事放射诊疗工作的所有辐射工作人员。

二、培训内容

职业健康法律、法规与标准，职业健康基础知识、职业病防治管理制度和操作规程，防护用品及设备的正确使用和维护，作业现场放射剂量监测及控制措施及发生紧急情况时的应急救援措施。

三、培训组织形式及频次要求

1. 辐射防护培训

医院组织放射工作人员上岗前参加卫生健康行政部门组织的辐射防护和有关知识培训，考核合格方可参加相应的工作。上岗后还需参加卫生健康行政部门组织的放射工作人员接受辐射防护相关法律法规知识培训。两次培训的时间间隔保证不超过 2 年。

2. 辐射剂量培训

医院组织辐射工作人员参加生态环境部门规定的辐射剂量知识培训，该培训每 4 年参加一次强制性。

3. 其他培训

对新参加工作的人员，须对其进行系统培训，使他们对放射的工作原理、结构、操作、防护有深入了解，掌握各种影像技术。新设备投入使用前必须设备厂商工程师对技术人员先行系统培训，内容应包括设备结构、工作原理、操作技术、注意事项、保养要求及故障表现及故障排除的排除。

四、其他要求

所有的培训应有记录，记录内容包括培训日期、培训内容、培训地点、受培训人名单等，未进行培训的员工不得上岗作业，考核不合格的员工不得单独上岗

作业。监护管理负责人应记录监护作业时间，以便对合格证书有效期进行的情况及时记录在《就航工作人员证》中。

附件 9

年度评估制度

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规，制定本制度。

1. 生态环境部编制上一年度的射线装置安全和防护状况年度评估报告，并于每年1月31日前向上级生态环境主管部门上报相关材料。

2. 安全和防护状况年度评估报告应当包括以下内容：

- (1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- (2) 辐射安全和防护制度及设施的制定与落实情况；
- (3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- (4) 射线装置台账；
- (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- (6) 辐射事故及应急响应情况；
- (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- (8) 存在的安全隐患及整改情况；
- (9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

3. 年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

附件 10

辐射工作人员职业健康管理制度

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国职业病防治法》、《放射诊疗管理规定》、《放射工作人员职业健康管理办法》等法律、法规、规章的要求，保障放射工作人员的健康，制定本制度。

1、医院放射工作人员的范围包括从事放射诊疗活动受到或可能受到照射的人员。

2、医院辐射防护管理专职人员负责本院放射诊疗工作人员的职业健康管理工作，建立职业健康监护档案、个人剂量监测档案和辐射防护培训档案，并妥善保管。

3、放射诊疗工作人员必须具备放射影像专业技术资质。对新录用或调入的拟从事放射诊疗的人员必须依据有资质的体检机构出具的上岗前体检报告，符合《放射工作人员健康标准》的才可以录用。

4、放射诊疗工作人员上岗前，医院辐射防护管理专职人员应为其建立个人剂量计，及时安排其接受辐射防护法规和防护知识培训并取得合格证明，向辖区卫生行政部门（许可放射诊疗的卫生局）为其办理《放射工作人员证》。

5、放射诊疗工作人员每年到有资质的体检机构进行一次职业健康检查，脱离放射工作岗位时也应进行离岗前职业健康检查。检查结果由医院辐射防护管理专职人员在 7 日内如实告知本人，并将检查结果记入《放射工作人员证》，发现不宜继续从事放射工作的，根据体

医疗机构的意见及时调离放射工作岗位并妥善安置；对需要复查和医学观察的，及时予以安排。

6、放射工作人员在工作期间必须按照规定佩带个人剂量计，每3个月检测一次，检测结果必须记入《放射工作人员证》中，对个人剂量高于剂量限值1/4时，必须由医务科查明原因，告知本人并采取相应措施。

7、放射工作人员每2年必须接受放射防护和有关法律知识培训，并将培训情况登记入《放射工作人员证》中，每4年参加一次生态环境部门认可的放射安全与防护培训，并须通过考核。

8、对怀孕或在哺乳期间的妇女，不得安排应急处理和职业性内照射工作。

9、放射工作人员职业健康监护、个人剂量检测、防护培训所形成的档案以及《放射工作人员证》由医院医学工程部管理，终生保存。放射工作人员有收到证、复印本人的档案，资料应当如实，不得提供，并在复印件上签章。

附件 11

电离辐射危害告知

- 1、人体受到放射线照射后，可能产生潜在危害，但是危害发生的概率与程度与接受照射的剂量有关，小剂量放射检查对人体无明确的危害。
- 2、放射线检查，在没有其他更合适的检查方法时采用放射线检查；特殊情况需要，孕妇不应进行放射影像检查，婴幼儿、儿童应慎检。
- 3、如果已怀孕或近期计划怀孕，请及时告诉医生。
- 4、检查时请进入机房，并配合使用必要的放射防护用品，不要在机房内或靠近机房门口等待。

附件 12

辐射事故应急预案

根据国家《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》及《放射诊疗管理规定》（以下简称《规定》）的要求，在发生辐射事故时，能及时采取必要和有效的应急响应措施，保护工作人员、公众及环境的安全，为进一步规范放射事故内应急处置，现制定辐射事故应急预案。本预案仅适用于放射诊疗过程中发生的医学应急状态和事件。

一、应急指挥处置机构及职责

（一）应急指挥领导小组

主 任：刘小华

副主任：仇建东

委 员：赵希正、杨兴强、张振、王志刚

机构主要职责

- 1.启动《辐射事故应急处置预案》，负责组织应急指挥协调工作，调度人员，联络其他应急小组迅速赶赴现场，采取措施保护工作人员和公众的安全安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；
- 2.对辐射事故的现场进行组织协调，安排救助，不让无关人员进入，保护好现场，指挥和部署事故应急救援行动；
- 3.记录、正确判断事件性质；
- 4.负责恢复至正常秩序，稳定受照人员情绪等方面的工作，并安排受照人员的健康体检及相应救治工作。
- 5.负责向上级行政主管部门报告辐射事故应急救援情况。
- 6.配合上级生态环境、卫生健康行政主管部门对事故进行立案调查。

进行检测和现场处理等各项工作。

（二）应急处置工作小组

组 长：赖开强

副组长：彭松

组 员：王定刚、王悦、黄秋燕、章志平

机构主要职责

1. 负责组织开展应急准备工作，调度人员，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度地控制事态发展；

2. 对辐射事故的现场进行组织协调，安排救援，不让无关人员进入，保护好现场，指挥辐射事故应急救援行动；

3. 记录、正确判断事件性质，负责向上级行政主管部门报告放射性污染事件应急救援情况；

4. 负责恢复本单位正常秩序。

二、放射诊疗事件预防措施

1. 在射线控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作指示灯，禁止与放射诊疗活动无关的人员进入。

2. 工作人员、病人以及陪护人员应按规定要求做好放射防护。放射工作人员操作机器时更严格遵守操作规程，还须佩戴个人剂量计进行。

3. 定期维护和监测：工作人员每日开始工作前均要对机器进行常规的检查；科室每周对各机器进行一次大检查；按照规定国家有关部门对机器进行监测。

三、放射性事故应急救援应遵循的原则

1. 迅速报告原则；

2. 主动抢救原则；

3. 生命第一的原则；

4. 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

5. 保护现场，收集证据的原则。

四、辐射性事故应急处置程序

（一）辐射事故应急预案的启动：

当发生人为失误或放射源设备故障等原因导致人员受到意外射线照射时，当事人应立即报告科室负责人，科室负责人接报后应立即报告应急指挥领导小组组长，由组长决定是否启动应急预案并通知相关人员参与应急处置。

（二）辐射事故应急处置：

辐射事故应急领导小组根据现场放射性物质释放的情况，进行初步现场评估，对辐射事故现场进行统筹协调，指挥辐射事故现场处置小组进行现场应急处置，同时协调医疗救治组及后勤保障组赴现场开展应急处置工作。当射线装置发生人员超剂量照射时，应立即切断电源，封锁事故现场，禁止无关人员进入检查室。医院应在2小时内报告深圳市卫健委(应急电话:12369)，同时向深圳市卫生监督局报告(应急电话88113786)。对于放射源丢失或与射线装置被盗事故还应向公安部门报告(电话110)。

1. 当射线装置发生人员超剂量照射时，现场医务人员立即启动应急预案并启动装置，切断有关电源，停止一切作业，关闭防护门窗，封锁现场，禁止无关人员进入检查室，医务人员撤至安全区域，并疏散候诊病人及其他工作人员，切断一切可能扩大污染范围的环节，把事故危害降到最低限度。

2. 参加救援人员按配置穿好防护用品，并根据放射性的原理穿戴使用

相关设施和器材，以避免造成意外伤害。

3. 现场警戒，控制事态。后勤安保人员进行现场警戒，划定紧急隔离区，疏散无关人员，最大限度的减少人员射线损伤，迅速控制事态发展，保护好现场，及时派出人员接应上级主管单位人员和清除交通通道障碍，疏散因辐射事故受伤人员、安置病人，确保全体人员安全撤离，保障医院安全运行，物资供应，物资运转。

4. 立即转移受辐射剂量超标人员进行检查和治疗。医疗救护人员立即查看受辐射者，并立即将其移出事故现场，护送到急诊科进行进一步的诊治，立即判断受辐射的伤情及周围受辐射人员的数量及受辐射的程度，根据受辐射人员的伤情进行先行相关救治，伤情重者收住院或转至上级医院进行进一步诊治。最后及时向院领导汇报受辐射者的救治情况。

a. 配合上级部门查明原因，对设备故障进行检修。

（二）放射事件应急预案的解除：

当发生辐射事件的射线装置修复后，必须经有资质的职业卫生技术服务机构进行状态检测合格并经生态环境部门批准方可解除应急预案。对事件有关资料及时收集，认真分析事件原因，并采取妥善的预防类似事件的措施，对有关责任人作出处理。

附

_____放射事故初始报告表

事故单位 名称		(公章)					
法定代表人		地 址		邮 编			
电 话		传 真		联系人			
许可证号		许可证审批机关					
事故发生时间		事故发生地点					
事故 类型	☐ 人员受照		☐ 人员污染		受照人数		
	☐ 人员污染		☐ 人员污染		污染人数		
	☐ 放射源丢失		☐ 放射源失控		事故源数量		
☐ 放射性污染				污染面积(m ²)			
序号	事故名称	事故原因	发生日期	事故等级	事故后果	事故处理	
序号	射线装置名称	型 号	生产厂家	设备编号	所在场所	主要参数	
事故经过情况							
报告人签字		报告时间		年 月 日 时 分			

注：射线装置的“主要参数”是指X射线机的电流（mA）和电压（kV）、加速器束流能量等主要性能参数。

 2016191993

 **广州达盛检测技术服务有限公司**

检 测 报 告

报告编号: FS201800143

受检单位: 英德市人民医院

样品名称: 血管造影介入治疗系统
(万东 CGO-2100)

检测项目: 质量控制检测
防护性能检测
放射防护检测

检测类别: 状态检测

2018 年 1 月 31 日





检测专用章

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FS201800143

第 1 页 共 5 页

受检单位:	英德市人民医院	委托日期:	2018.1.24
单位地址:	英德市英城教育东路2号	检测日期:	2018.1.26
样品名称:	血管造影介入治疗系统	样品编号:	DS201700143
采样地点:	住院部一楼介入室	采样方式:	现场检测
生产厂家:	万东	样品数量:	1台
样品型号:	CGO-2100	出厂编号:	Y8-208

检测项目: 质量控制检测、防护性能检测、放射防护检测

检测依据: GBZ 130-2013 医用X射线诊断放射防护要求
WS 76-2017 医用常规X射线诊断设备质量控制检测规范

检测结论与评价:

一、质量控制检测

参照标准 WS 76-2017 的要求进行现场检测, 结果见第2页。

测试结果表明, 本次检测设备其受检项目的结果均符合该标准规定的要求。

二、防护性能检测

按照标准 GBZ 130-2013、WS 76-2017 的要求进行现场检测, 结果见第2页。

测试结果表明, 本次检测的设备所测防护性能结果均符合标准规定的要求。

三、放射防护检测

按照国家职业卫生标准 GBZ 130-2013 的要求进行现场检测(检测点分布见第5页)。

检测结果表明, 本次检测的工作人员所在的工作场所和机房周围辐射剂量率均符合国家相关标准的要求(结果见第3、4页)。

(以下空白)



广州达盛检测技术服务有限公司

(盖章处)

2018年1月31日

编制: 董超

审核: 柏方玉

签发: 黎世林

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FS201800143

第 2 页 共 5 页

一、质量控制测试结果(检测仪器: Piranha X 射线机多功能质量检测仪)

检测项目	要求	结果
1、透视受检者入射体表空气比释动能率典型值	$\leq 25\text{mGy/min}$	21.09mGy/min
2、透视受检者入射体表空气比释动能率最大值	-	-
3、空间分辨力	$\geq 0.6 \text{ lp/mm}$	2.2 lp/mm
4、低对比分辨力	$\leq 4\%$, 7mm	2%, 1.5mm
5、自动亮度控制	平均值 $\pm 15\%$	4.39%
6、照射野与影像接收器中心偏差	-	-

二、防护性能测试结果(检测仪器: Piranha X 射线机多功能质量检测仪)

测试项目	要求	结果
1、有用线束半值层	$\geq 2.5\text{mmAl}$ (70kV)	4.02mmAl
2、透视受检者入射体表空气比释动能率典型值	$\leq 25\text{mGy/min}$	21.09mGy/min

3、透视防护区(介入)工作人员位置空气比释动能率(检测仪器: Dosimeter AT1123 型辐射检测仪)

序号	部位	离地高度 (cm)	透视条件	指标要求	检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	
					第一术位	第二术位
1	足部	20	85kV、20mA, 15fps, 透视模式, 标准水模, 铜板; 上方悬挂式铅屏 风, 下方铅帘	$\leq 400\mu\text{Gy/h}$	121.95	99.13
2	下肢	80			148.08	130.55
3	腹部	105			135.76	109.02
4	胸部	125			118.40	97.48
5	头部	155			95.31	84.89

注: 由于所有能量光子的辐射权重因子等于 1, 故当量剂量率 Sv/h 和吸收剂量率 Gy/h 在数值上是相等的。

(以下空白)

编制:





三、机房外辐射水平检测结果

1. 检测条件: 100kV、150mA、采集模式、标准水模、铜板

2. 检测仪器: Dosimeter AT1123 型辐射检测仪

3. 检测结果 (检测点分布示意图详见第 5 页)

检测点	检测位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	控制目标值 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	操作位	0.16	≤ 2.5	
2	观察窗	左	≤ 2.5	
		中	≤ 2.5	
		右	≤ 2.5	
		上	≤ 2.5	
		下	≤ 2.5	
3	控制室门	左	≤ 2.5	
		中	≤ 2.5	
		右	≤ 2.5	
		上	≤ 2.5	
		下	≤ 2.5	
4	机房大门	左	≤ 2.5	
		中	≤ 2.5	
		右	≤ 2.5	
		上	≤ 2.5	
		下	≤ 2.5	
5	侧门	左	≤ 2.5	
		中	≤ 2.5	
		右	≤ 2.5	
		上	≤ 2.5	
		下	≤ 2.5	

编制:




广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FS201800143

第 4 页 共 5 页

续上表

检测点	检测位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	控制目标值 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
6	线槽	0.15	≤ 2.5	
7	排气扇	0.15	≤ 2.5	
8	北面防护墙	0.14	≤ 2.5	
9	西面防护墙	0.13	≤ 2.5	
10	南面防护墙	0.14	≤ 2.5	
11		0.12	≤ 2.5	
12		0.13	≤ 2.5	
13	东面防护墙	0.15	≤ 2.5	
14	机房楼上	0.14	≤ 2.5	

注: 1.检测结果均含本底值 0.10-0.17 $\mu\text{Sv/h}$;

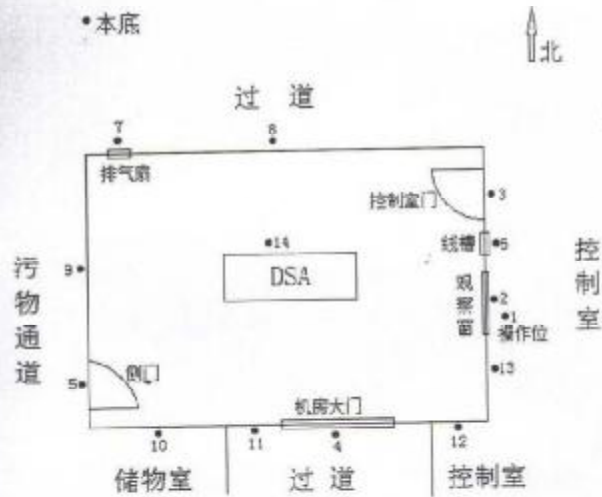
2.机房下层无地下室。

(以下空白)



编制

附: 检测点分布示意图



14机房楼上: 储物室
机房楼下: 无

(以下空白)



附注:

1.检测环境条件:	不要求	℃	不要求	%RH
2.检测结果不确定度:	/			
3.偏离标准方法的例外情况:	/			
4.检测分包情况:	/			
5.非标准方法:	/			
6.非认可/认证项:	/			

编制



2016191992Z
有效期至2022年02月7日



广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号:	FSJL20170114
受检单位:	英德市人民医院
样品名称:	TLD 元件
检测项目:	外照射个人剂量 (X 射线)
检测类别:	常规检测



广东省英德市人民医院



2017 年 5 月 4 日

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170114

第 1 页 共 3 页

被测单位:	英德市人民医院	收样日期:	2017.05.02
单位地址:	英德市教育东路 2 号	样品编号:	JL2016054-3
样品名称:	TLD 元件	样本类型:	LiF (Mg, Cu, P)
采样地点:	放射工作人员工作场所	采样方式:	送样
佩戴日期:	2017.01.13-2017.04.13	样品数量:	58 (含本底)
检测项目:	外照射个人剂量 (X 射线)	检测日期:	2017.05.03
检测依据:	GBZ128-2016 职业性外照射个人监测规范 GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准		
检测设备:	RGD-3B 型热释光剂量仪 (GZDSYQ0003)		
检测结论与评价:			

按照 GBZ128-2016《职业性外照射个人监测规范》的要求进行检测, 受检人员本期个人剂量监测结果见第 2、3 页。

(以下空白)



广州达盛检测技术服务有限公司
(盖章处)

2017年5月4日

编制: 刘友友

审核: 柯方生

签发: [Signature]

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170114

第 2 页 共 3 页

检测结果:		单位: mSv	
姓名	样品编号	剂量当量 $H_p(10)$	
李伟钦	JL2016054-3-001	0.13	
麦神忠	JL2016054-3-002	0.09	
梁树生	JL2016054-3-003	0.09	
郑华英	JL2016054-3-004	0.09	
吴伟雄*	JL2016054-3-005	0.13	
武 义	JL2016054-3-006	0.09	
陈华英	JL2016054-3-007	0.08	
朱玉莉	JL2016054-3-008	0.19	
莫永灿	JL2016054-3-009	0.08	
王金宝	JL2016054-3-010	0.17	
陈小翠	JL2016054-3-011	0.09	
黄茵茵	JL2016054-3-012	0.09	
文 勇	JL2016054-3-013	0.13	
何丽芬	JL2016054-3-014	0.13	
丘文科	JL2016054-3-015	0.09	
赖家结	JL2016054-3-016	0.07	
雷建珍	JL2016054-3-017	0.11	
潘志明	JL2016054-3-018	0.09	
黄炳林	JL2016054-3-019	0.11	
张 莹	JL2016054-3-020	0.10	
邓文武	JL2016054-3-021	0.10	
华群足	JL2016054-3-022	0.08	
雷水英雄	JL2016054-3-023	0.09	
成伟杰	JL2016054-3-024	0.11	
袁国强	JL2016054-3-025	0.10	
黄 彪	JL2016054-3-026	0.14	
李凤彩	铅衣内	JL2016054-3-027	0.07
	铅衣外	JL2016054-3-028	0.12
刘伟波	铅衣内	JL2016054-3-029	0.25
	铅衣外	JL2016054-3-030	1.47
周国永	铅衣内	JL2016054-3-031	0.06
	铅衣外	JL2016054-3-032	0.66
蒋本武	铅衣内	JL2016054-3-033	0.06
	铅衣外	JL2016054-3-034	0.78
杨有甜	铅衣内	JL2016054-3-035	0.07
	铅衣外	JL2016054-3-036	0.06

编制: 刘友友

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170114

第 3 页 共 3 页

检测结果:		单位: mSv
姓名	样品编号	剂量当量 $H_p(10)$
邵美英	铅衣内	0.03
	铅衣外	0.07
华春华	铅衣内	0.07
	铅衣外	0.10
卢 智	铅衣内	0.06
	铅衣外	0.11
唐文军	铅衣内	0.05
	铅衣外	0.10
陆海颖	铅衣内	0.05
	铅衣外	0.04
林 云	铅衣内	0.05
	铅衣外	0.05
程 俊	铅衣内	0.03
	铅衣外	0.04
郭飞坤	铅衣内	0.05
	铅衣外	0.04
王凌峰	铅衣内	0.04
	铅衣外	0.04
骆嵩山	铅衣内	0.05
	铅衣外	0.04
郭志森	铅衣内	0.04
	铅衣外	0.05

说明:

- 1、检测结果已扣除本底。
- 2、本周期的调查水平参考值为: 1.25mSv。
- 3、最低探测水平 (MDL): 0.02mSv。
- 4、任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射水平应不超过以下限值 (GB18871-2002): 连续 5 年平均有效剂量不超过 20mSv (但不可做任何追溯性平均), 任何一年不超过 50mSv。
- 5、*人员剂量计缺失, *为名义剂量 (采用同一监测周期内相同工作场所的同事的平均受照剂量)。

(以下空白)

编制: 刘敏



广州达盛检测技术服务有限公司

检测 报 告

报告编号: FSJL20170114
受检单位: 英德市人民医院
样品名称: TLD 元件
检测项目: 外照射个人剂量 (X 射线)
检测类别: 常规检测



广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170114

第 1 页 共 3 页

被测单位:	英德市人民医院	收样日期:	2017.05.02
单位地址:	英德市教育东路 2 号	样品编号:	JL2016054-3
样品名称:	TLD 元件	样本类型:	LiF (Mg, Cu, P)
采样地点:	放射工作人员工作场所	采样方式:	送样
佩戴日期:	2017.01.13-2017.04.13	样品数量:	58 (含本底)
检测项目:	外照射个人剂量 (X 射线)	检测日期:	2017.05.03
检测依据:	GBZ128-2016 职业性外照射个人监测规范 GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准		
检测设备:	RGD-3B 型热释光剂量仪 (GZDSYQ0003)		
检测结论与评价:			

按照 GBZ128-2016《职业性外照射个人监测规范》的要求进行检测, 受检人员本期个人剂量监测结果见第 2、3 页。

(以下空白)



广州达盛检测技术服务有限公司

(盖章处)

2017年5月4日

编制: 刘友友

审核:

柯玉玉

签发:

柯玉玉

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170114

第 2 页 共 3 页

检测结果:		单位: mSv
姓名	样品编号	剂量当量 H_e (10)
李伟钦	JL2016054-3-001	0.13
麦神忠	JL2016054-3-002	0.09
梁树生	JL2016054-3-003	0.09
郑华英	JL2016054-3-004	0.09
吴伟雄*	JL2016054-3-005	0.13
武 义	JL2016054-3-006	0.09
陈华英	JL2016054-3-007	0.08
朱玉莉	JL2016054-3-008	0.19
莫永灿	JL2016054-3-009	0.08
王金宝	JL2016054-3-010	0.17
陈小翠	JL2016054-3-011	0.09
黄茵茵	JL2016054-3-012	0.09
文 勇	JL2016054-3-013	0.13
何丽芬	JL2016054-3-014	0.13
丘文科	JL2016054-3-015	0.09
赖家结	JL2016054-3-016	0.07
雷建珍	JL2016054-3-017	0.11
潘志明	JL2016054-3-018	0.09
黄炳林	JL2016054-3-019	0.11
张 莹	JL2016054-3-020	0.10
邓文武	JL2016054-3-021	0.10
华群足	JL2016054-3-022	0.08
雷水英雄	JL2016054-3-023	0.09
成伟杰	JL2016054-3-024	0.11
袁国强	JL2016054-3-025	0.10
黄 彪	JL2016054-3-026	0.14
李凤彩	铅衣内	0.07
	铅衣外	0.12
刘伟波	铅衣内	0.25
	铅衣外	1.47
周国永	铅衣内	0.06
	铅衣外	0.66
蒋本武	铅衣内	0.06
	铅衣外	0.78
杨有甜	铅衣内	0.07
	铅衣外	0.06

编制: 刘友友

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170114

第 3 页 共 3 页

检测结果:		单位: mSv	
姓名	样品编号	剂量当量 $H_p(10)$	
邵美英	铅衣内	JL2016054-3-037	0.03
	铅衣外	JL2016054-3-038	0.07
华春华	铅衣内	JL2016054-3-039	0.07
	铅衣外	JL2016054-3-040	0.10
卢 智	铅衣内	JL2016054-3-041	0.06
	铅衣外	JL2016054-3-042	0.11
唐文军	铅衣内	JL2016054-3-043	0.05
	铅衣外	JL2016054-3-044	0.10
陆海颖	铅衣内	JL2016054-3-045	0.05
	铅衣外	JL2016054-3-046	0.04
林 云	铅衣内	JL2016054-3-047	0.05
	铅衣外	JL2016054-3-048	0.05
程 俊	铅衣内	JL2016054-3-049	0.03
	铅衣外	JL2016054-3-050	0.04
郭飞坤	铅衣内	JL2016054-3-051	0.05
	铅衣外	JL2016054-3-052	0.04
王凌峰	铅衣内	JL2016054-3-053	0.04
	铅衣外	JL2016054-3-054	0.04
骆嵩山	铅衣内	JL2016054-2-055	0.05
	铅衣外	JL2016054-3-056	0.04
郭志森	铅衣内	JL2016054-3-057	0.04
	铅衣外	JL2016054-3-058	0.05

说明:

- 1、检测结果已扣除本底。
- 2、本周期的调查水平参考值为: 1.25mSv。
- 3、最低探测水平 (MDL): 0.02mSv。
- 4、任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射水平应不超过以下限值 (GB18871-2002): 连续 5 年平均有效剂量不超过 20mSv (但不可做任何追溯性平均); 任何一年不超过 50mSv。
- 5、*人员剂量计缺失, *为名义剂量 (采用同一监测周期内相同工作场所的同事的平均受照剂量)。

(以下空白)

编制: 刘友友



广州达盛检测技术服务有限公司

检测报告

报告编号: FSJL20170281

受检单位: 英德市人民医院

样品名称: TLD 元件

检测项目: 外照射个人剂量 (X 射线)

检测类别: 常规检测



2017年6月27日



广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170281

第 1 页 共 3 页

被测单位:	英德市人民医院	收样日期:	2017.8.10
单位地址:	英德市教育东路2号	样品编号:	JL2016054-4
样品名称:	TLD 元件	样本类型:	LiF (Mg, Cu, P)
采样地点:	放射工作人员工作场所	采样方式:	送样
佩戴日期:	2017.4.14-2017.7.13	样品数量:	58 (含本底)
检测项目:	外照射个人剂量 (X 射线)	检测日期:	2017.8.11
检测依据:	GBZ128-2016 职业性外照射个人监测规范 GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准		
检测设备:	RGD-3B 型热释光剂量仪 (GZDSYQ0003)		

检测结论与评价:

按照 GBZ128-2016《职业性外照射个人监测规范》的要求进行检测, 受检人员本期个人剂量监测结果见第 2、3 页。

(以下空白)

广州达盛检测技术服务有限公司

2017 年 8 月 27 日

编制: 董强

审核: 柏太玉

签发: 黎世林

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170281

第 2 页 共 3 页

检测结果:		单位: mSv
姓名	样品编号	剂量当量 $H_p(10)$
李伟钦	JL2016054-4-1	0.15
麦神忠	JL2016054-4-2	0.14
梁树生	JL2016054-4-3	0.12
郑华英	JL2016054-4-4	0.13
吴伟雄*	JL2016054-4-5	0.14
武 义	JL2016054-4-6	0.14
陈华英	JL2016054-4-7	0.10
朱玉莉	JL2016054-4-8	0.12
莫永灿	JL2016054-4-9	0.14
王会宝	JL2016054-4-10	0.09
陈小翠	JL2016054-4-11	0.13
黄茵茵	JL2016054-4-12	0.11
文 勇	JL2016054-4-13	0.15
何丽芬	JL2016054-4-14	0.11
丘文科	JL2016054-4-15	0.09
赖家结	JL2016054-4-16	0.10
曾建珍	JL2016054-4-17	0.14
潘志明	JL2016054-4-18	0.10
黄炳林	JL2016054-4-19	0.15
张 莹	JL2016054-4-20	0.12
邓文武	JL2016054-4-21	0.09
华群足	JL2016054-4-22	0.10
曾永英雄	JL2016054-4-23	0.11
成伟杰	JL2016054-4-24	0.11
袁国强	JL2016054-4-25	0.16
黄 彪	JL2016054-4-26	0.15
李凤彩	铅衣内	0.06
	铅衣外	0.15
刘伟波	铅衣内	0.06
	铅衣外	2.07
周国永	铅衣内	0.09
	铅衣外	1.47
蒋本武	铅衣内	0.09
	铅衣外	0.40
梅有甜	铅衣内	0.07
	铅衣外	0.09

编制: 董 强

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20170281

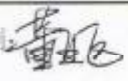
第 3 页 共 3 页

检测结果:			单位: mSv
姓名		样品编号	剂量当量 H_v (10^{-3})
邵美英	铅衣内	JL2016054-4-37	0.07
	铅衣外	JL2016054-4-38	0.06
华春华	铅衣内	JL2016054-4-39	0.09
	铅衣外	JL2016054-4-40	0.28
卢 智	铅衣内	JL2016054-4-41	0.08
	铅衣外	JL2016054-4-42	0.11
唐文军	铅衣内	JL2016054-4-43	0.08
	铅衣外	JL2016054-4-44	0.11
陆海颖	铅衣内	JL2016054-4-45	0.06
	铅衣外	JL2016054-4-46	0.07
林 云	铅衣内	JL2016054-4-47	0.07
	铅衣外	JL2016054-4-48	0.07
程 俊	铅衣内	JL2016054-4-49	0.07
	铅衣外	JL2016054-4-50	0.05
郭飞坤	铅衣内	JL2016054-4-51	0.07
	铅衣外	JL2016054-4-52	0.07
王凌峰	铅衣内	JL2016054-4-53	0.07
	铅衣外	JL2016054-4-54	0.07
骆嵩山	铅衣内	JL2016054-2-55	0.07
	铅衣外	JL2016054-4-56	0.05
郭志森	铅衣内	JL2016054-4-57	0.07
	铅衣外	JL2016054-4-58	0.08

说明:

- 1、检测结果已扣除本底。
- 2、本周期的调查水平参考值为: 1.25mSv。
- 3、最低探测水平 (MDL): 0.02mSv。
- 4、任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射水平应不超过以下限值 (GB188971-2002): 连续 5 年平均有效剂量不超过 20mSv (但不可做任何追溯性平均), 任何一年不超过 50mSv。
- 5、*人员剂量计缺失, *为名义剂量 (采用同一监测周期内从事相同工作的工作人员接受的平均剂量)。

(以下空白)

编制: 



广州达盛检测技术服务有限公司

检测报告

报告编号:	FSJL20180002
受检单位:	英德市人民医院
样品名称:	TLD 元件
检测项目:	外照射个人剂量 (X 射线)
检测类别:	常规检测



2018 年 1 月 12 日



广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20180002

第 1 页 共 3 页

被测单位:	英德市人民医院	收样日期:	2017.12.15
单位地址:	广东省清远市英德市教育东路 2 号	样品编号:	JL2017167-1
样品名称:	TLD 元件	样本类型:	LiF (Mg, Cu, P)
采样地点:	放射工作人员工作场所	采样方式:	送样
佩戴日期:	2017.9.1-2017.11.30	样品数量:	67 (含本底)
检测项目:	外照射个人剂量 (X 射线)	检测日期:	2017.12.27
检测依据:	GBZ128-2016 职业性外照射个人监测规范 GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准		
检测设备:	RGD-3B 型热释光剂量仪 (GZDSYQ0003)		
检测结论与评价:			

按照 GBZ128-2016《职业性外照射个人监测规范》的要求进行检测,受检人员本期个人剂量监测结果见第 2 页。

(以下空白)



广州达盛检测技术服务有限公司

(盖章处)

2018 年 1 月 12 日

编制:

廖菊

审核:

杨太玉

签发:

黎世林

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20180002

第 2 页 共 3 页

检测结果:		单位: μSv
姓名	样品编号	剂量当量 $H_p(10)$
李伟钦	JL2017167-1-1	0.10
麦神忠	JL2017167-1-2	0.09
梁树生	JL2017167-1-3	0.09
郑华英	JL2017167-1-4	0.08
吴伟雄	JL2017167-1-5	0.11
武 义	JL2017167-1-6	0.10
陈华英	JL2017167-1-7	0.10
朱玉莉	JL2017167-1-8	0.08
莫永灿	JL2017167-1-9	0.08
王金宝	JL2017167-1-10	0.09
陈小翠	JL2017167-1-11	0.10
黄茵茵	JL2017167-1-12	0.04
黄大成	JL2017167-1-13	0.16
丘文科	JL2017167-1-14	0.07
赖家结	JL2017167-1-15	0.09
丘其俊	JL2017167-1-16	0.99
潘志明	JL2017167-1-17	0.11
黄炳林	JL2017167-1-18	0.10
张 莹	JL2017167-1-19	0.09
邓文武	JL2017167-1-20	0.09
华群足	JL2017167-1-21	0.08
雷永英雄	JL2017167-1-22	0.08
成伟杰	JL2017167-1-23	0.08
江晨辉	JL2017167-1-24	0.08
黄 彪	JL2017167-1-25	0.14
文 勇	JL2017167-1-26	0.11
黄璐露	JL2017167-1-27	0.10
刘伟波 (内)	JL2017167-1-28	0.04
刘伟波 (外)	JL2017167-1-29	1.19
周国永 (内)	JL2017167-1-30	0.04
周国永 (外)	JL2017167-1-31	0.94
蒋本武 (内)	JL2017167-1-32	0.04
蒋本武 (外)	JL2017167-1-33	0.68
李凤彩 (内)	JL2017167-1-34	0.08
李凤彩 (外)	JL2017167-1-35	0.07
杨有甜 (内)	JL2017167-1-36	0.03
杨有甜 (外)	JL2017167-1-37	0.01
邵美英 (内)	JL2017167-1-38	0.01

编制:

廖菊



广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20180002

第 3 页 共 3 页

续上表:

检测结果:		单位: mSv
姓名	样品编号	剂量当量 H_T (10)
邵美英 (外)	JL2017167-1-39	0.05
华春华 (内)	JL2017167-1-40	0.04
华春华 (外)	JL2017167-1-41	0.09
卢 智 (内)	JL2017167-1-42	0.03
卢 智 (外)	JL2017167-1-43	0.09
陆海颖 (内)	JL2017167-1-44	0.05
陆海颖 (外)	JL2017167-1-45	0.04
林 云 (内)	JL2017167-1-46	0.04
林 云 (外)	JL2017167-1-47	0.06
程 俊 (内)	JL2017167-1-48	0.02
程 俊 (外)	JL2017167-1-49	0.04
郭飞坤 (内)	JL2017167-1-50	0.03
郭飞坤 (外)	JL2017167-1-51	0.05
刘 科 (内)	JL2017167-1-52	0.05
刘 科 (外)	JL2017167-1-53	0.42
骆崇山 (内)	JL2017167-1-54	0.03
骆崇山 (外)	JL2017167-1-55	0.05
吴 敏 (内)	JL2017167-1-56	0.04
吴 敏 (外)	JL2017167-1-57	0.04
覃丽萍 (内)	JL2017167-1-58	0.03
覃丽萍 (外)	JL2017167-1-59	0.04
郭志森 (内)*	JL2017167-1-60	0.04
郭志森 (外)	JL2017167-1-61	0.13
丘仕甜 (内)	JL2017167-1-62	0.02
丘仕甜 (外)	JL2017167-1-63	0.07
黄永苗 (内)	JL2017167-1-64	0.03
黄永苗 (外)	JL2017167-1-65	0.02

说明:

- 1、检测结果已扣除本底。
- 2、本周期的调查水平参考值为: 1.25mSv。
- 3、最低探测水平 (MDL): 0.02mSv。
- 4、任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射水平应不超过以下限值 (GB18871-2002): 连续 5 年平均有效剂量不超过 20mSv (但不可做任何追溯性平均), 任何一年不超过 50mSv。
- 5、*人员个人剂量计缺失, 故采用名义剂量 (即用同一监测周期内从事相同工作的工作人员接受的平均剂量)。

(以下空白)

编制: 廖莉



广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20180183
受检单位: 英德市人民医院
样品名称: TLD 元件
检测项目: 外照射个人剂量 (X 射线)
检测类别: 常规检测



广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20180183

第 1 页 共 3 页

被测单位:	英德市人民医院	收样日期:	2018.03.11
单位地址:	广东省清远市英德市教育东路 2 号	样品编号:	JL2017167-2
样品名称:	TLD 元件	样本类型:	LiF (Mg, Cu, P)
采样地点:	放射工作人员工作场所	采样方式:	送样
佩戴日期:	2017.12.01-2018.03.01	样品数量:	67 (含本底)
检测项目:	外照射个人剂量 (X 射线)	检测日期:	2018.03.17
检测依据:	GBZ128-2016 职业性外照射个人监测规范 GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准		
检测设备:	RGD-3B 型热释光剂量仪 (GZDSYQ0003)		
检测结论与评价:			

按照 GBZ128-2016《职业性外照射个人监测规范》的要求进行检测, 受检人员本周
期个人剂量监测结果见第 2、3 页。

(以下空白)



广州达盛检测技术服务有限公司

(盖章处)

2018 年 03 月 19 日

编制: 廖菊

审核: 柯如玉

签发: 黎世林

广州达盛检测技术服务有限公司

检 测 报 告

报告编号: FSJL20180183

第 2 页 共 3 页

检测结果:		单位: mSv
姓名	样品编号	剂量当量 H_0 (10)
李伟钦	JL2017167-2-1	0.16
麦神忠	JL2017167-2-2	0.13
梁树生	JL2017167-2-3	0.11
郑华英	JL2017167-2-4	0.12
吴伟雄	JL2017167-2-5	0.11
武 义	JL2017167-2-6	0.13
陈华英	JL2017167-2-7	0.10
朱玉莉	JL2017167-2-8	0.14
莫永灿	JL2017167-2-9	0.12
王金宝	JL2017167-2-10	0.12
陈小翠	JL2017167-2-11	0.14
黄茵茵	JL2017167-2-12	0.12
黄大成	JL2017167-2-13	0.10
丘文科	JL2017167-2-14	0.14
赖家结	JL2017167-2-15	0.11
丘其俊	JL2017167-2-16	0.13
潘志明	JL2017167-2-17	0.10
黄炳林	JL2017167-2-18	0.10
张 莹	JL2017167-2-19	0.13
邓文武	JL2017167-2-20	0.12
华群足	JL2017167-2-21	0.10
雷水英雄	JL2017167-2-22	0.09
成伟杰	JL2017167-2-23	0.13
江晨辉	JL2017167-2-24	0.12
黄 彪	JL2017167-2-25	0.14
文 勇	JL2017167-2-26	0.15
黄瑶露	JL2017167-2-27	0.10
刘伟波 (内)	JL2017167-2-28	0.08
(外)	JL2017167-2-29	0.55
周国永 (内)	JL2017167-2-30	0.08
(外)	JL2017167-2-31	0.57
蒋本武 (内)	JL2017167-2-32	0.04
(外)	JL2017167-2-33	0.10
李凤彩 (内)	JL2017167-2-34	0.07
(外)	JL2017167-2-35	0.11
杨有甜 (内)	JL2017167-2-36	0.07
(外)	JL2017167-2-37	0.08
邵美英 (内)	JL2017167-2-38	0.07

编制: 廖菊

广州达盛检测技术服务有限公司

检测报告

报告编号: FSJL20180183

第 3 页 共 3 页

续上表:

检测结果:		单位: mSv
姓名	样品编号	剂量当量 $H_p(10)$
邵美英 (外)	JL2017167-2-39	0.08
华春华 (内)	JL2017167-2-40	0.08
(外)	JL2017167-2-41	0.02
卢智 (内)	JL2017167-2-42	0.11
(外)	JL2017167-2-43	0.09
陆海颖 (内)	JL2017167-2-44	0.05
(外)	JL2017167-2-45	0.10
林云 (内)	JL2017167-2-46	0.05
(外)	JL2017167-2-47	0.06
程俊 (内)	JL2017167-2-48	0.01
(外)	JL2017167-2-49	0.01
郭飞坤 (内)	JL2017167-2-50	0.01
(外)	JL2017167-2-51	0.01
刘科 (内)	JL2017167-2-52	0.01
(外)	JL2017167-2-53	0.01
骆崇山 (内)	JL2017167-2-54	0.01
(外)	JL2017167-2-55	0.01
吴敏 (内)	JL2017167-2-56	0.01
(外)	JL2017167-2-57	0.03
覃丽萍 (内)	JL2017167-2-58	0.01
(外)	JL2017167-2-59	0.01
郭志森 (内)*	JL2017167-2-60	0.01
(外)	JL2017167-2-61	0.01
丘仕甜 (内)	JL2017167-2-62	0.01
(外)	JL2017167-2-63	0.04
黄永苗 (内)	JL2017167-2-64	0.01
(外)	JL2017167-2-65	0.01

说明:

- 1、检测结果已扣除本底。
- 2、本周期的调查水平参考值为: 1.25mSv。
- 3、最低探测水平 (MDL): 0.02mSv。
- 4、任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射水平应不超过以下限值 (GB18871-2002): 连续5年平均有效剂量不超过 20mSv (但不可做任何追溯性平均), 任何一年不超过 50mSv。
- 5、*人员个人剂量计缺失, 故采用名义剂量 (即用同一监测周期内从事相同工作的工作人员接受的平均剂量)。

(以下空白)

编制:

廖英



广州协和检测服务有限公司

检 测 报 告

穗协测（2019）第 076 号

核技术利用改扩建项目辐射	
项 目 名 称：	环境现状检测
检 测 类 别：	委托
委 托 人：	深圳禾正医院
发 送 日 期：	2019 年 3 月 21 日（印章）

本报告共 2 页 附 21 页

说 明

广州协和检测服务有限公司是广东省辐射防护协会独资成立，具有独立法人地位的第三方检测机构，通过广东省质量技术监督局计量认证评审，《计量认证合格证书》编号：2016192113U。可向社会出具具有法律效力的数据和结果。

1、报告无本单位检验检测专用章、骑缝章及  章无效。

2、报告无检测分析人、复核人、报告签发人的签名无效。

3、报告涂改或部分复印无效。

4、自送样品的委托检测，其检测结果仅对来样负责。对不可复现的检测项目，结果仅对采样（或检测）所代表的时间和空间负责。

5、对检测结果有异议，可在收到报告之日起一个月内向我公司提出书面复检申请，逾期不予受理。

6、未经本单位书面同意，不得部分复制本报告。

本机构通讯资料：

广州协和检测服务有限公司

法人代表： 罗国杰

技术负责人：张 静

质量负责人：罗国杰

地 址：广东省广州市白云区沙太路 668 号之二（部位：1118 房）

电 话：020-89040172

E-mail: gzxxh1813@163.com

邮 编：510510

广州协和检测服务有限公司

检 测 报 告

穗协测(2019)第 076 号

第 1 页 共 2 页

项 目 概 况:

深圳禾正医院位于深圳市南山区西丽龙苑路, 该院本次核技术利用建设项目包括: 核医学、医学影像和放疗项目, 项目地点集中在医院一期医技综合楼一楼。为了解该项目所在区域辐射环境现状, 现对该项目工作场所周围环境辐射现状进行检测。

建设项目具体情况见下表:

序号	装置名称	类别	数量	使用场所
1	DR	III	5	一期医技综合楼 1 楼影像科 DR 室
2	CT	III	1	一期医技综合楼 1 楼影像科 CT 室
3	DSA	II	1	一期医技综合楼 1 楼影像科 DSA 室
4	PET-CT/CT	III	1	一期医技综合楼 1 楼核医学科
5	SPECT/CT	III	1	一期医技综合楼 1 楼核医学科
6	直线加速器	II	2	一期医技综合楼 1 楼放疗科
7	后装治疗机	/	1	一期医技综合楼 1 楼放疗科
8	模拟定位机	III	1	一期医技综合楼 1 楼放疗科

检 测 项 目:

核技术利用建设项目: 环境 X- γ 辐射剂量率

检 测 方 法:

参照 GB/T 14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》

检 测 仪 器:

仪器名称: 环境 X- γ 剂量率仪

仪器型号: 主机 6150AD5/H+探头 6150ADb/H

仪器编号: 主机 156525+探头 156973

生产厂商: automess

测量范围: 主机: 1 μ Sv/h~1000mSv/h; 探头: 5nSv/h~99.9 μ Sv/h

能量响应: 主机: 45keV~2.6MeV; 探头: 20keV~7MeV

检定单位: 广东省辐射剂量计量检定站

证书编号: GRD (1) 20190077

检定有效期: 2019 年 01 月 24 日-2020 年 01 月 23 日

广州协和检测服务有限公司

检 测 报 告

穗协测(2019)第 076 号

第 2 页 共 2 页

检 测 结 果:

深圳禾正医院核技术利用建设项目工作场所及周边关注点环境辐射现状检测数据见附表 1-表 2, 检测点位示意图见附图 1-图 5。

检测结果显示:

深圳禾正医院核技术利用建设项目工作场所及周围区域(室内)的环境辐射剂量率为: $0.124\mu\text{Sv/h}$ - $0.240\mu\text{Sv/h}$;

周围 50m 区域(室外)的环境辐射剂量率为: $0.168\mu\text{Sv/h}$ - $0.215\mu\text{Sv/h}$;

周围 50m 区域外其他关注点(室外、学校)的环境辐射剂量率为: $0.170\mu\text{Sv/h}$ - $0.180\mu\text{Sv/h}$ 。

以下空白。

检测分析人: 张静 复核人: 张静 签发人: 张静
日 期: 2019.3.21 日 期: 2019.3.21 日 期: 2019.3.21

附表 1:

深圳禾正医院一期医技综合楼内核技术利用项目机房周围辐射剂量率检测数据

日期: 2019.3.17 时间: 14:30-18:00 天气: 晴 温度: 27℃ 湿度: 58%

地点	编号	测量位置	X- γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注
			均值	偏差	
核医学科各功能房间及周边环境辐射现状检测					
一期医技综合楼 1 楼	1	留观室中央	0.198	0.001	室内，水泥地面
	2	抢救室中央	0.214	0.001	
	3	阅片/办公室区域中央	0.219	0.001	
	4	SPECT 注射后休息室中央	0.213	0.001	
	5	SPECT VIP 休息室中央	0.215	0.001	
	6	ECT 机房中央	0.219	0.001	
	7	设备间中央	0.200	0.001	
	8	ECT 控制室控制台处	0.195	0.001	
	9	患者出口门口	0.188	0.001	
	10	PET-MR 室中央	0.213	0.001	
	11	核医学科病人走廊中部	0.212	0.001	
	12	PET 注射后休息室中央	0.222	0.002	
	13	PET VIP 休息室	0.228	0.001	
	14	PET-MR 控制台处	0.198	0.001	
	15	PET-CT 机房中央	0.230	0.001	
	16	注射/储源区域中部	0.240	0.001	
	17	分装室区域中部	0.199	0.001	
	18	缓冲区区域中部	0.171	0.001	
	19	PET-CT 控制台处	0.173	0.001	
	20	西侧诊室 1 中央	0.178	0.001	

(接下页表格)

附表 1:

地点	编号	测量位置	X-γ 辐射剂量率 (μSv/h)		备注
			均值	偏差	
一期医技综合楼 1 楼	21	等候登记室中央	0.165	0.001	室内，水泥地面
	22	患者入口处	0.173	0.001	
	23	西侧诊室 2 中央	0.170	0.002	
	24	北侧通道中央	0.198	0.001	
	25	北侧办公区中央	0.181	0.002	
	26	示教办公区中央	0.171	0.002	
	27	北侧大厅中央	0.199	0.003	
	28	南侧急诊留观区中央	0.203	0.001	
	29	南侧抢救室区域中央	0.199	0.002	
	30	急诊大厅中央	0.207	0.001	
	31	骨折诊室区域中部	0.179	0.002	
	32	静脉注射区域中部	0.166	0.001	
	33	急诊药房区域中部	0.170	0.001	
	34	儿科诊室区域中部	0.182	0.002	
	35	办公值班区域	0.183	0.004	
	36	东北角卫生间区域	0.168	0.001	
	37	东侧发热门诊中部	0.201	0.002	
	38	东侧肠道门诊中部	0.205	0.004	
影像科机房及周边环境辐射现状检测					
	39	东南角值班区	0.170	0.002	
	40	DSA 室中央	0.140	0.001	
	41	DSA 控制室中央	0.132	0.001	

(接下页表格)

附表 1:

地点	编号	测量位置	X-γ 辐射剂量率 (μSv/h)		备注
			均值	偏差	
一期医技综合楼 1 楼	42	储存间中央	0.149	0.001	室内, 水泥地面
	43	医卫间	0.124	0.055	
	44	沐浴间	0.159	0.001	
	45	更衣室区域中部	0.164	0.002	
	46	缓冲区中部	0.161	0.001	
	47	准备室入口走廊处	0.171	0.001	
	48	SF 天井北侧走廊入口处	0.206	0.001	
	49	DSA 准备室中部	0.191	0.001	
	50	值班室区域中部	0.169	0.002	
	51	3 号 DR 机房中央	0.215	0.002	
	52	2 号 DR 机房中央	0.225	0.001	
	53	1 号 DR 机房中央	0.212	0.002	
	54	北侧病人走廊中部 (DR 以北)	0.203	0.001	
	55	南侧病人走廊中部	0.222	0.001	
	56	控制室走廊中部	0.220	0.001	
	57	5 号 DR 机房中央	0.213	0.002	
	58	4 号 DR 机房中央	0.230	0.002	
	59	登记室中央	0.202	0.001	
	60	东侧等候区中央	0.235	0.001	
	61	中部通道中央	0.223	0.001	
	62	西侧等候区中央	0.205	0.002	
	63	更衣区中部	0.141	0.001	

(接下页表格)

附表 1:

地点	编号	测量位置	X-γ 辐射剂量率 (μSv/h)		备注
			均值	偏差	
一期医技综合楼 1 楼	64	CT 室中央	0.212	0.001	室内，水泥地面
	65	CT/MR 控制室中央	0.227	0.002	
	66	MR 室中央	0.219	0.001	
	67	值班/库房区域中部	0.200	0.002	
	68	设备机房中央	0.204	0.002	
	69	挂号收费处	0.180	0.003	
	70	设备间（CT 西侧）	0.188	0.001	
	71	更衣/浴厕区域中部	0.166	0.001	
	72	医生办公室	0.186	0.004	
	73	医生走廊中部	0.187	0.001	
	74	阅片示教区	0.191	0.003	
	75	空调机房	0.180	0.003	
	76	入口大厅等候区中央	0.169	0.002	
	77	大堂中央	0.165	0.001	
	78	大堂入口处	0.167	0.001	
	79	影像科北侧走廊中部（CT 以北）	0.197	0.003	
	80	CT 北侧卫生间区域	0.198	0.001	
	81	影像科西北侧办公区	0.202	0.001	
放疗科机房及周边环境辐射现状检测					
	82	影像科、放疗科之间通道中部	0.216	0.001	
	83	模拟定位室中央	0.196	0.001	
	84	抢救/储藏区域中部	0.181	0.002	

(接下页表格)

附表 1:

地点	编号	测量位置	X- γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注
			均值	偏差	
一期医技综合楼 1 楼	85	模拟定位室控制室中央	0.211	0.001	室内，水泥地面
	86	东侧后装治疗机房中央	0.188	0.002	
	87	工作休息室区域中央	0.205	0.002	
	88	中部直线加速器 2 室中央	0.188	0.002	
	89	直线加速器 2 室控制室中央	0.193	0.001	
	90	西侧直线加速器 1 室中央	0.178	0.002	
	91	直线加速器 1 室控制室中央	0.190	0.002	
	92	更衣室区域中部	0.209	0.003	
	93	西北角办公区域中部	0.219	0.001	
	94	北侧卫生间区域中部	0.201	0.001	
	95	东北角值班门诊区域中部	0.198	0.003	
	96	西南角更衣室区域	0.207	0.003	
	97	南侧办公诊室区域	0.216	0.003	
	98	南侧活动区中部	0.212	0.001	
	99	南侧诊室区域中部	0.203	0.001	
	100	西南角儿童输液/诊室	0.186	0.001	
	101	东南角儿科医生办公/治疗室	0.195	0.002	
	102	东南角儿科示教/治疗室区域	0.218	0.002	
	103	南侧患者走廊中部	0.210	0.002	
	104	南侧儿科大厅中央	0.216	0.002	
核医学科、影像科、放疗科上层环境辐射现状检测					
	105	微生物室区域	0.207	0.003	

(接下页表格)

附表 1:

地点	编号	测量位置	X-γ 辐射剂量率 (μSv/h)		备注
			均值	偏差	
一期医技综合楼 2 楼	106	标本制备室区域	0.195	0.002	室内, 水泥地面
	107	自身抗体室区域	0.197	0.003	
	108	试剂库区域	0.202	0.001	
	109	生化、免疫区中央	0.187	0.002	
	110	急诊、临检区中央	0.178	0.002	
	111	体检心电图区中部	0.201	0.002	
	112	体检 B 超区中部	0.210	0.001	
	113	体检心脏、超声区中部	0.191	0.002	
	114	仓库区中部	0.169	0.001	
	115	免疫组化室中央	0.176	0.001	
	116	样本制备室中央	0.181	0.004	
	117	技术人员工作室中央	0.195	0.002	
	118	更衣室区域中央	0.177	0.001	

注: 1. 以上数据均未扣除宇宙射线的贡献

2. 现场检测时, 仪器探头均垂直地面向下, 高度 1m, 每个点位读取 5 个数值。

附表 2:

深圳禾正医院一期医技综合楼外内关注点辐射剂量率检测数据

地点	编号	测量位置	X- γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注
			均值	偏差	
一期医技综合楼周围关注点	119	西北侧二期医技综合楼/老年康体中心南侧入口处 (40m)	0.168	0.002	室外, 水泥地面; 括号内距离为检测点位至该核技术利用项目边界距离。
	120	北侧住院楼西南角 (25m)	0.173	0.001	
	121	高压氧舱西北角 (50m)	0.172	0.001	
	122	住院楼南面靠西侧入口处 (14m)	0.180	0.002	
	123	住院楼南面靠东侧入口处 (14m)	0.185	0.000	
	124	住院楼 1 层中部西侧 (40m)	0.208	0.003	
	125	住院楼 1 层中部东侧 (40m)	0.215	0.002	
	126	综合服务楼西侧 (40m)	0.179	0.002	
	127	综合服务楼东南角 (46m)	0.194	0.001	
	128	后勤综合楼西侧 (17m)	0.188	0.001	
	129	后勤综合楼东南角 (46m)	0.182	0.002	
	130	一期医技综合楼南门外 (50m)	0.196	0.001	
	131	后勤综合楼西南角 (50m)	0.176	0.001	
	132	肿瘤治疗中心东南角 (50m)	0.186	0.001	
院外关注点	133	南山国际学校门口 (约 100m)	0.170	0.003	
	134	南山国际学校教学楼北侧 (约 140m)	0.180	0.002	

注: 1. 以上数据均未扣除宇宙射线的贡献

2. 现场检测时, 仪器探头均垂直地面向下, 高度 1m, 每个点位读取 5 个数值。

附圖 12

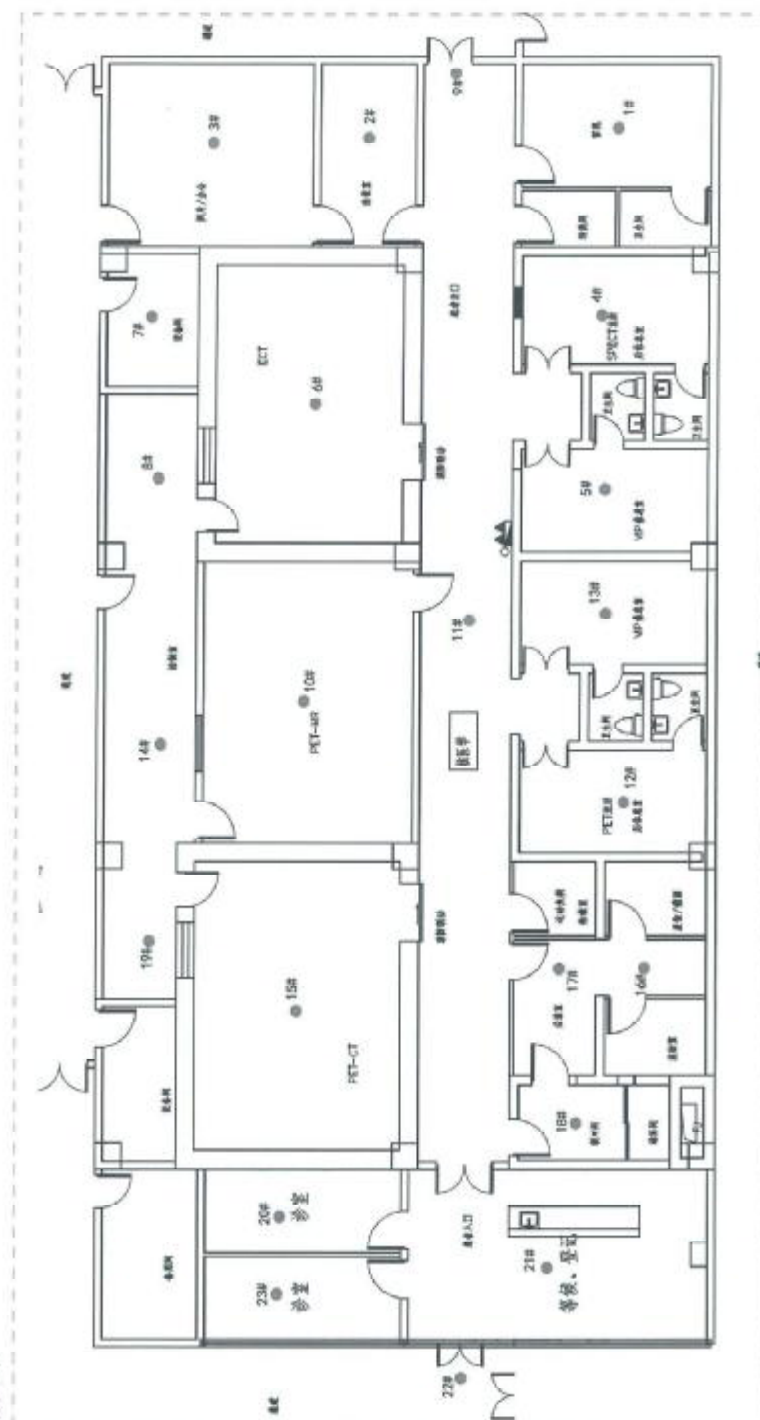


图1.深圳禾正医院一期医技综合楼核医学科辐射环境现状检测布点示意图

附录 1:

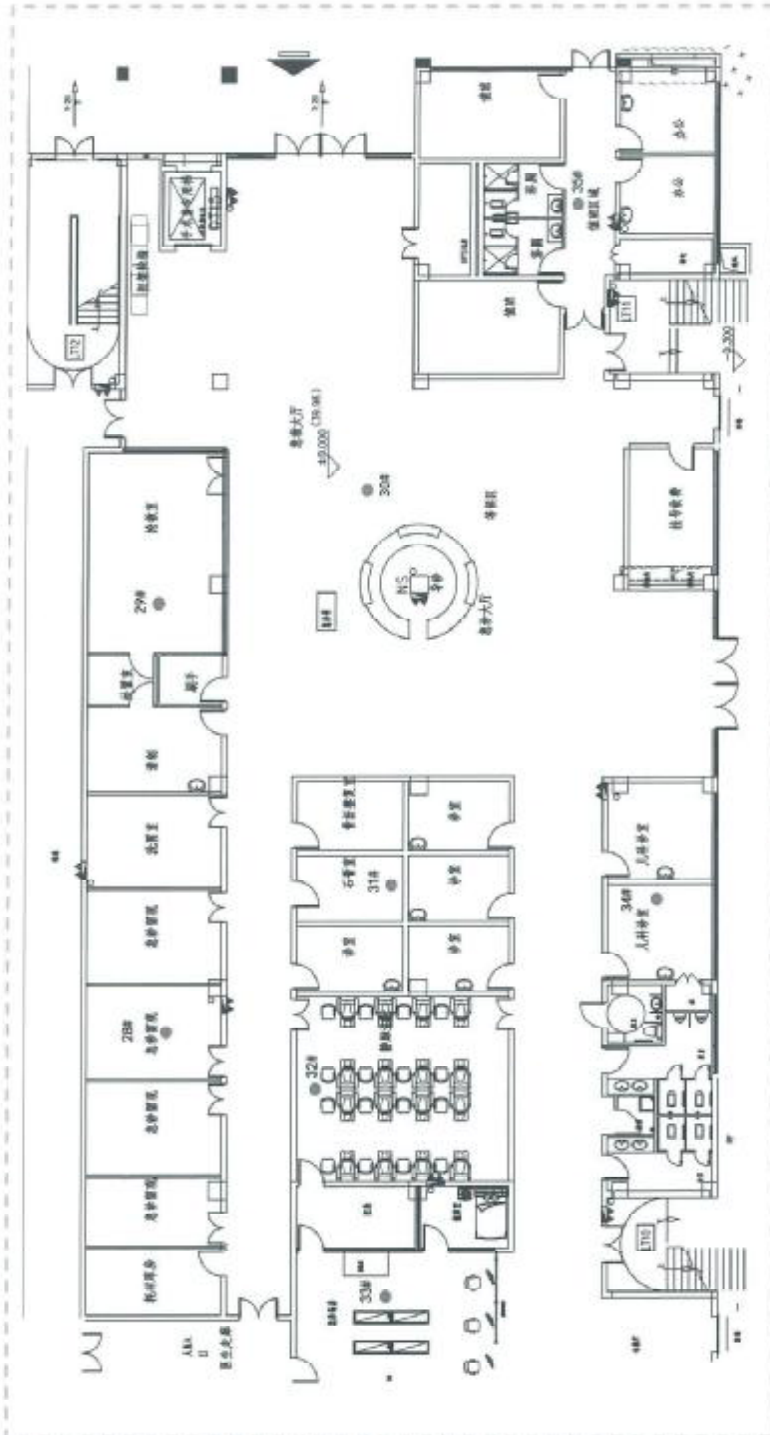


图 2 深圳承正医院一期医技综合楼核医学科南侧区域辐射环境监测布点示意图

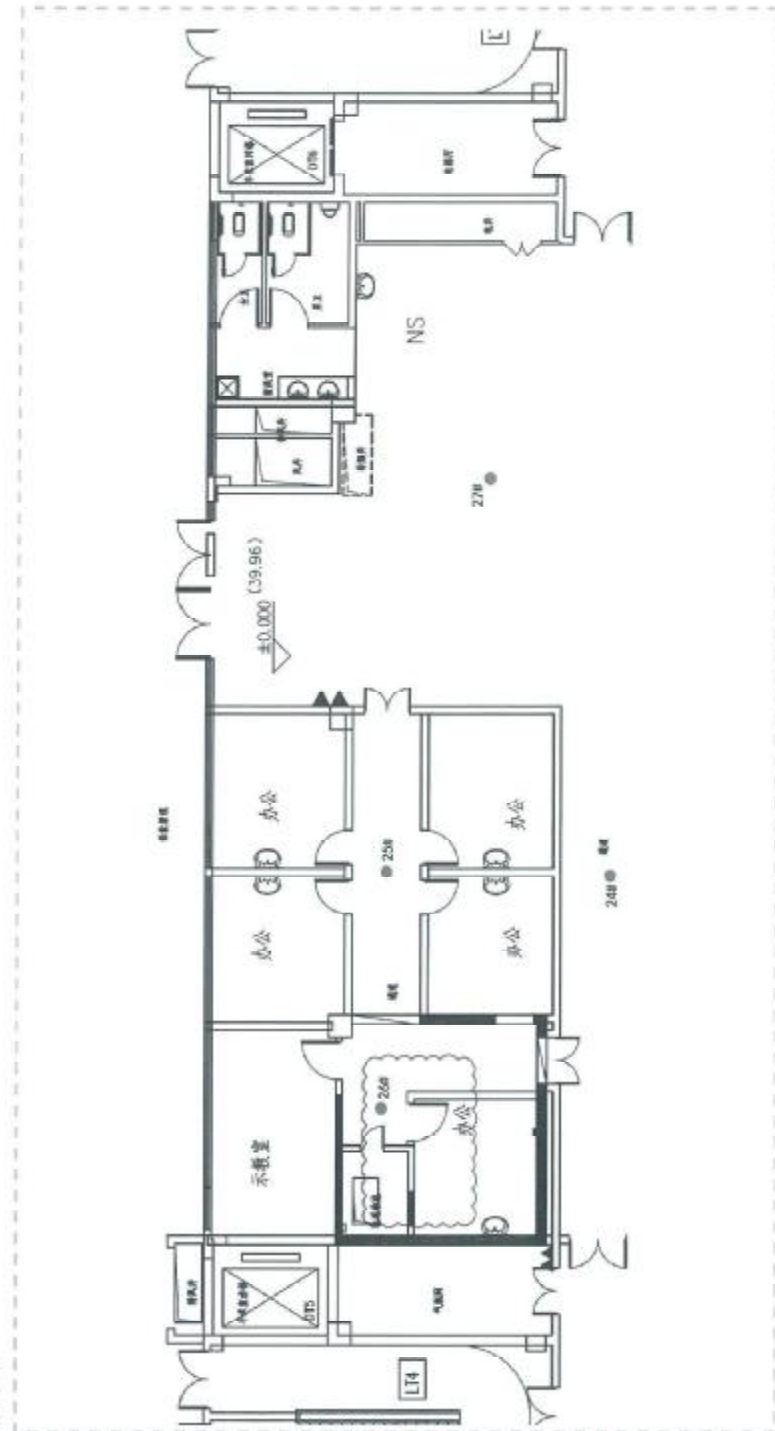


图 3. 深圳东正医院一期医技综合楼核医学科北侧区域辐射环境现状检测布点示意图

附图 1:

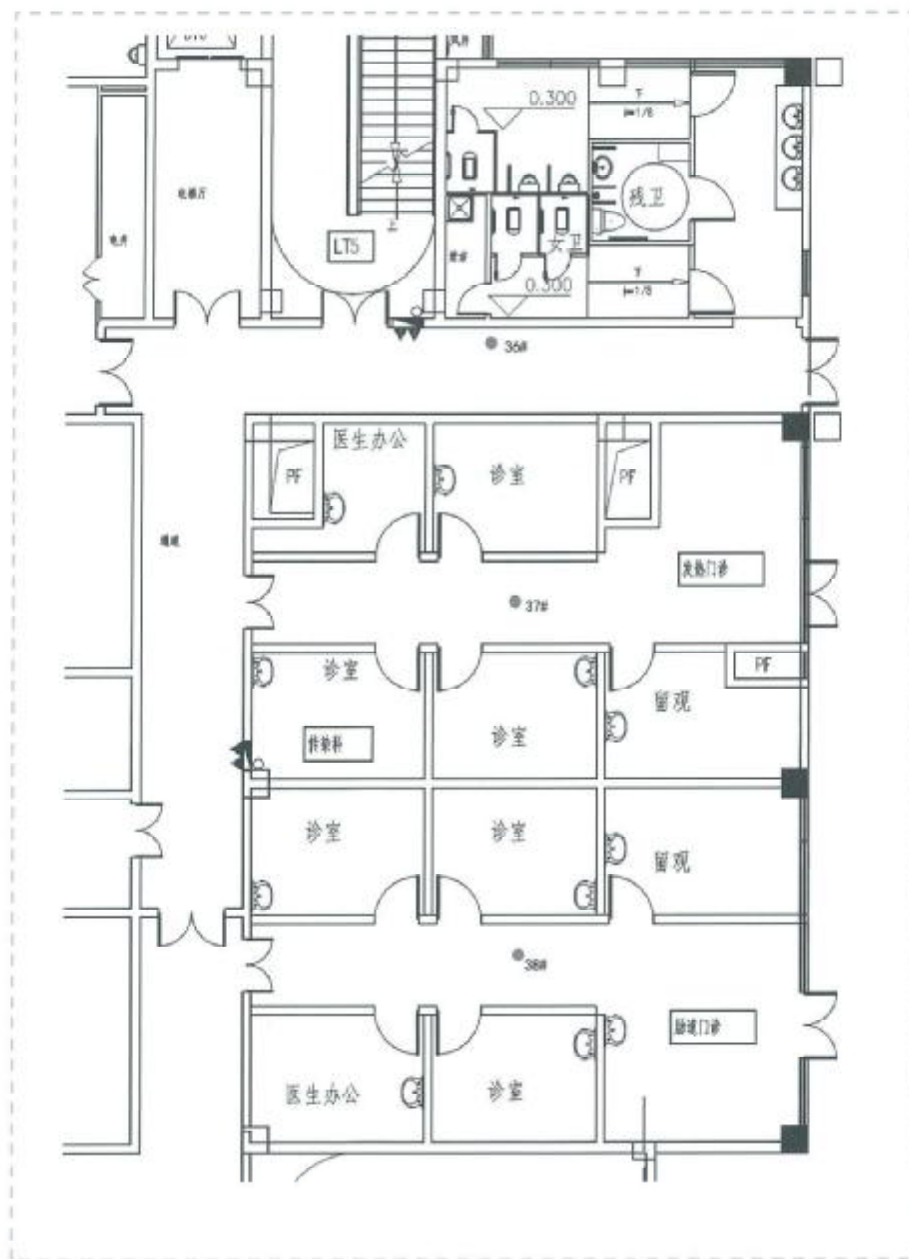


图 4. 深圳禾正医院一期医技综合楼核医学科东侧区域辐射环境现状检测布点示意图

附图 2:



附图 2:

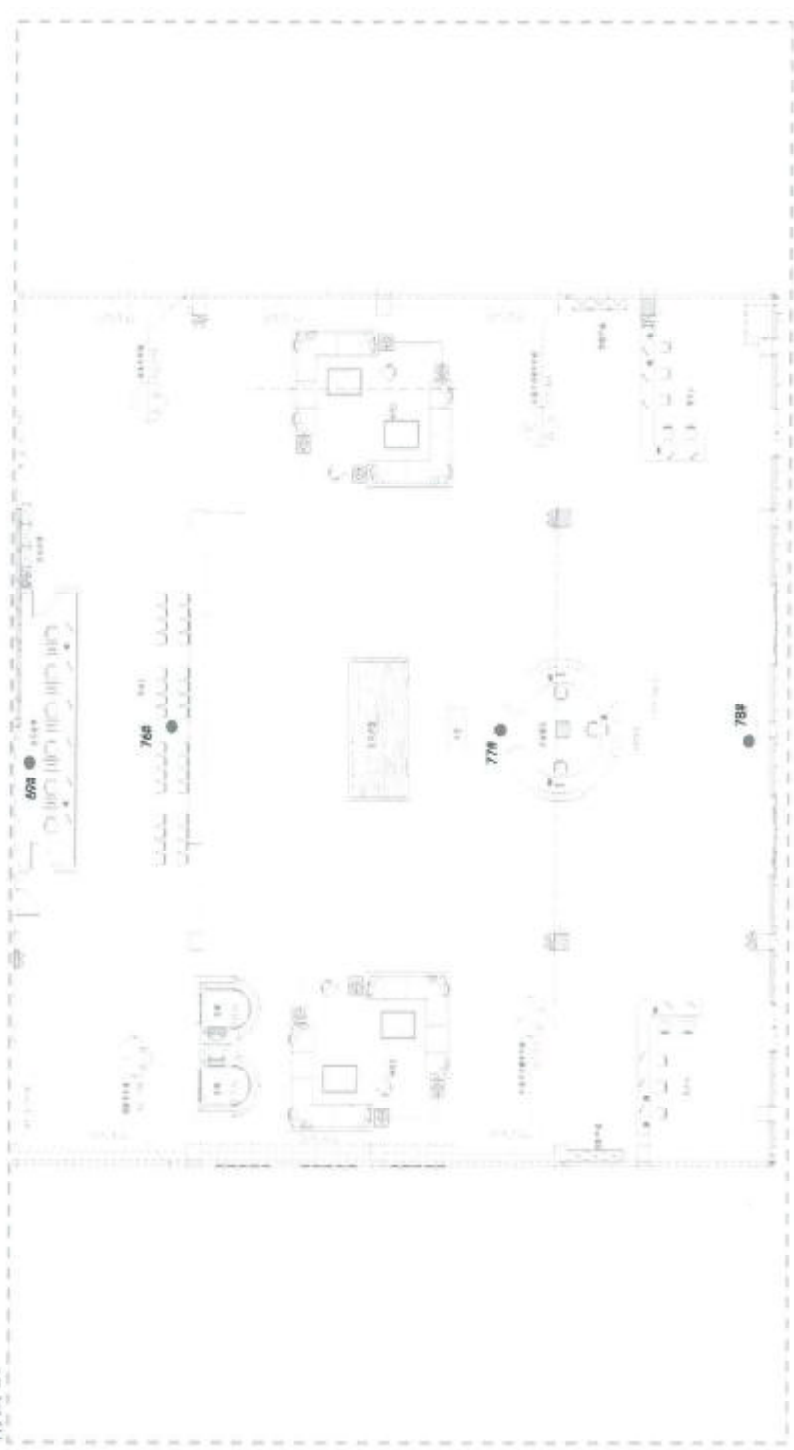


图 7. 深圳禾正医院一期医技综合楼影像科西半区西侧医技楼大堂辐射环境现状检测布点示意图

附图 3:

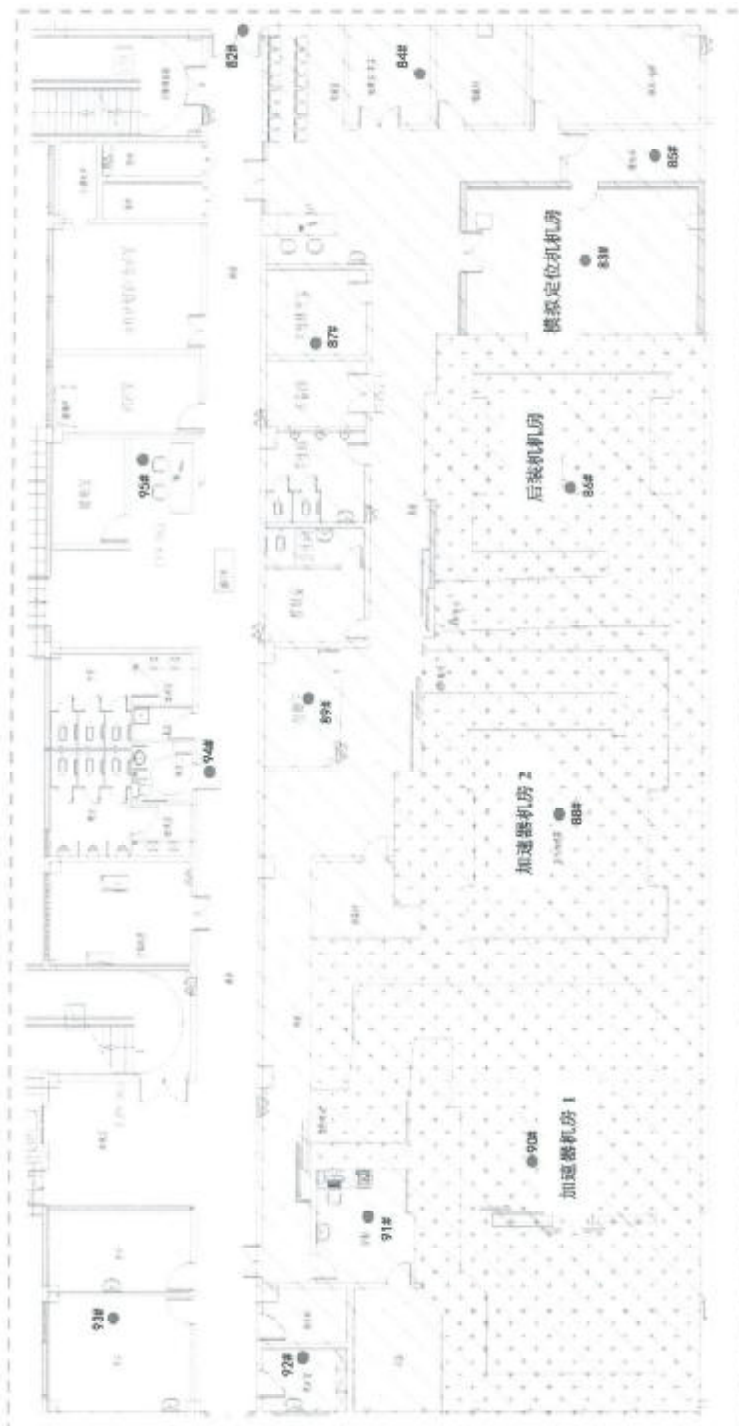


图 8. 深圳永正医院一期医技综合楼放疗科辐射环境现状检测布点示意图

附图 3:

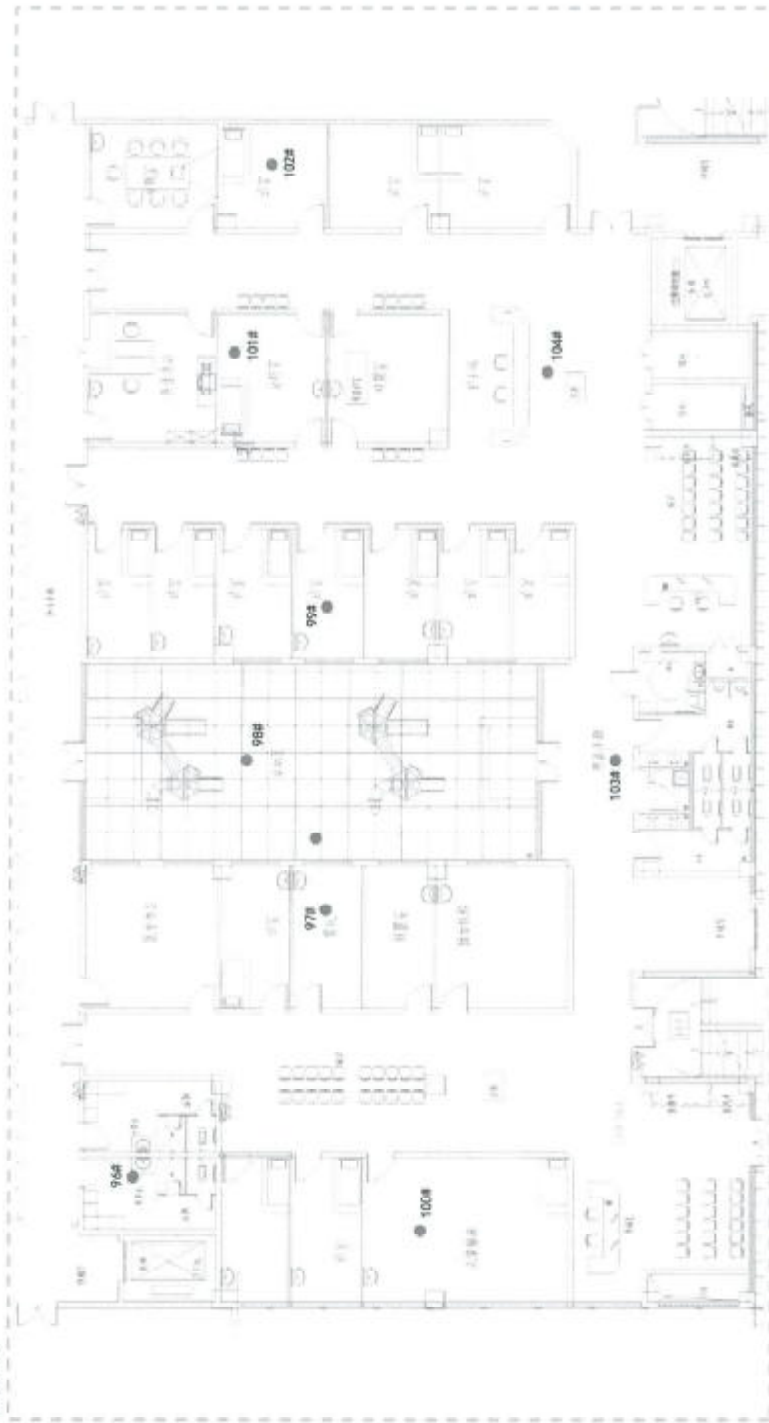


图 9. 深圳天正医院一期医技综合楼放疗科南面区域辐射环境监测布点示意图

附图 4:



图 10. 深圳永正医院一期医技综合楼梅医学科工层辐射环境现状检测布点示意图

附图 4:

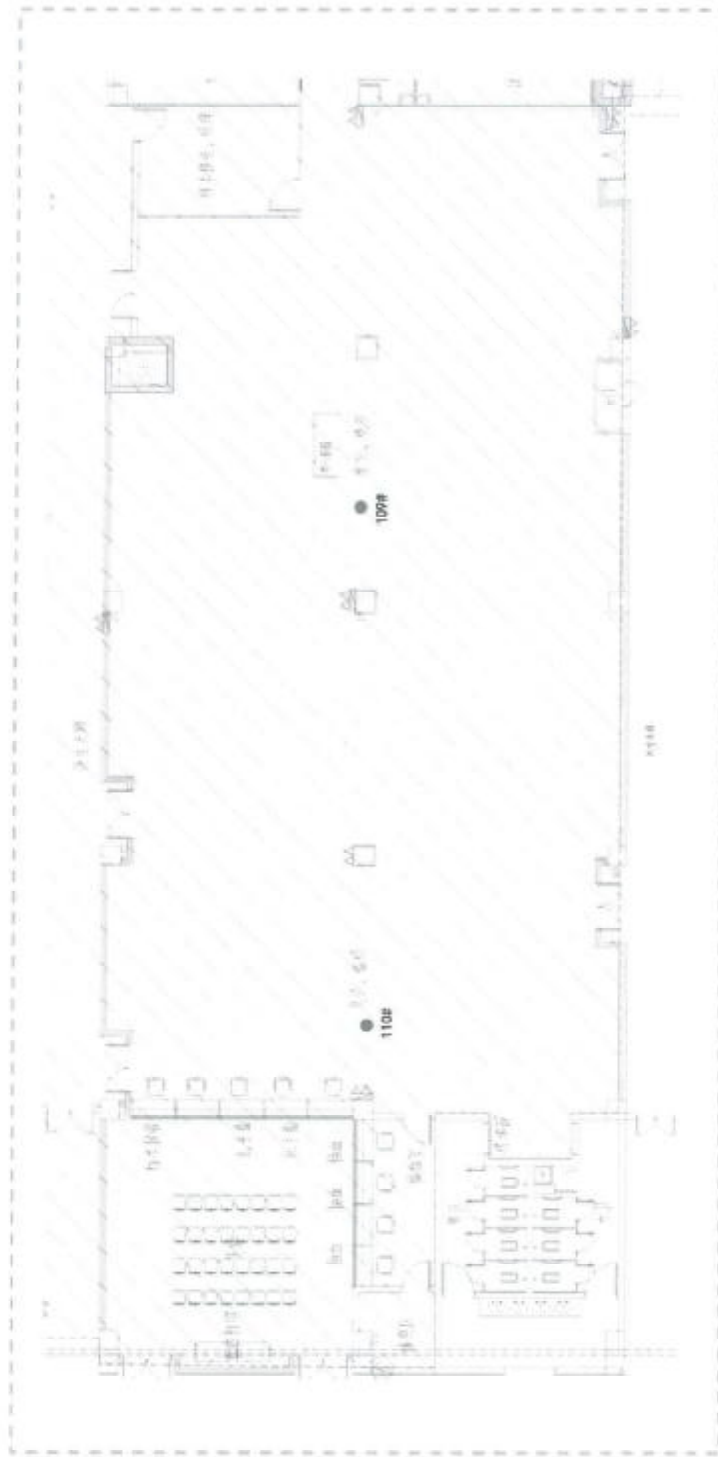


图 11. 深圳禾正医院一期医技综合楼影像科东丰区土层辐射环境现状检测布点示意图

附图 4:



图 12. 深圳大学医学院一期医技综合楼影像科西半区上层辐射环境监测布点示意图

附图 4:

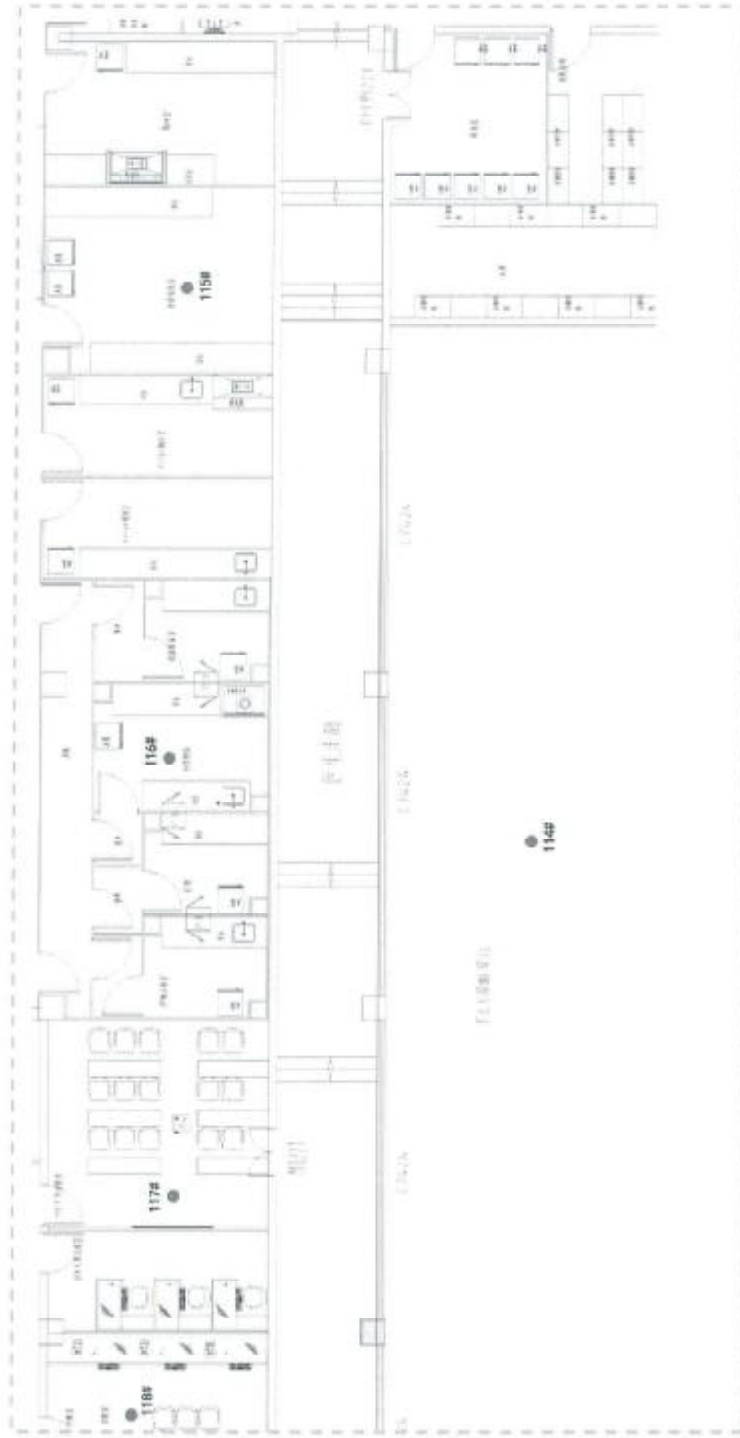


图 13. 深圳末正医院一册医技综合楼放疗科楼上辐射环境现状检测布点示意图

附图 5:

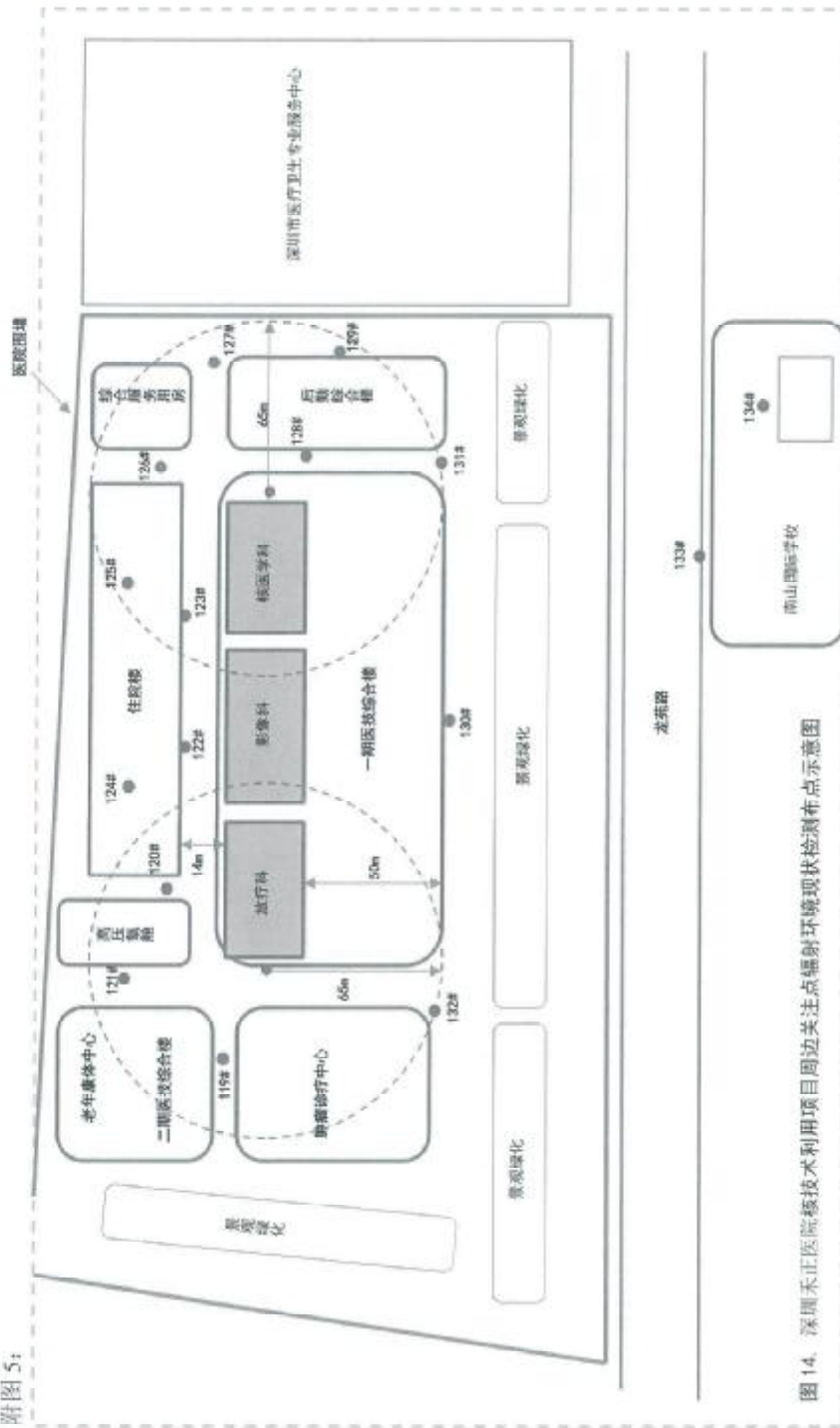


图 14. 深圳未正医院核技术应用项目周边关注点辐射环境现状检测布点示意图



18DLFSYS024

**核医学科辐射工作场所退役项目
竣工环境保护验收监测报告表**

建设单位：深圳市人民医院
编制单位：广东智环创新环境科技有限公司



2018 年 12 月

建设单位法人代表:

(签字)

印

编制单位法人代表:

(签字)

叶何东

印

项目负责人:

叶

填表人:

叶

建设单位: 深圳市人民医院

联系人: 肖新华

联系电话: 15889349870

传真: /

邮编: 518020

联系地址: 深圳市罗湖区东门北路 1017 号

编制单位: 广东智环创新环境科技有限公司

联系人: 田丰

联系电话: 13802515341

传真: /

邮编: 510045

联系地址: 广州市越秀区东风中路 335 号广东环保大厦

表 1

建设项目名称					
建设单位名称					
建设项目性质					
建设地点					
建设项目环评时间		开工建设时间			
环评报告表 审批部门		环评报告表 编制单位			
投资总概算	80 万元	环保投资总概算	20 万元	比例	25 %
实际总概算	90 万元	环保投资	5 万元	比例	30 %
验收监督 依据	(1) 国家环境保护总局令第 18 号,《建设项目竣工环境保护验收管理办法》(2002 年 2 月 1 日起施行,2019 年 12 月 22 日修正); (2) 中华人民共和国国务院令第 682 号,《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(2017 年 10 月 1 日起施行) (3) 环境保护部办公厅函 环办环评函[2015]1235 号,关于公开征求《关于规范建设单位自主开展建设项目竣工环境保护验收的通知(征求意见稿)》意见的通知 (4) 环境保护部文件 国环规环评〔2015〕4 号,关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告 (5) 生态环境部公告 2018 年第 9 号,关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术规范 污染影响类》的公告 (6) 深圳市人民政府,《深圳市人民政府核善华利辐射工作场所退役项目环境影响报告表》 (7) 广东省环境保护厅,《广东省环境保护厅关于深圳市人民医院核技术利用退役项目环境影响报告表的批复》(粤环审[2018]438 号)。				

表八

结论:

1 验收内容

将位于深圳市龙珠医院门诊楼一层深圳市人民医院使用的核医学科乙级非密封放射性物质工作场所实施退役，退役后开放为普通工作场所使用。

2 监测结果

根据最终辐射监测报告的检测结果可知：核医学科场所的辐射剂量率和表面污染水平满足相关标准要求，可以开放为普通工作场所使用。

3 年有效剂量

我院辐射工作人员的受照剂量和公众的估算年受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求：工作人员年受照剂量不超过 5mSv/a，对于公众年受照剂量不超过 0.25mSv/a。

4 环境管理检查

我院基本落实了环境影响报告表和广东省环境保护厅批复的要求。

5. 结论

深圳市人民医院将位于深圳市龙珠医院门诊楼一层深圳市人民医院使用的核医学科乙级非密封放射性物质工作场所实施退役，退役后开放为普通工作场所使用，该核技术利用退役项目通过竣工环保验收。



深圳市瑞达检测技术有限公司

检测报告

SZRD2018FH2439

项目名称: 环境地表 γ 辐射剂量率检测

委托单位: 深圳合正医院

检测类别: 委托检测

报告日期: 2018年9月3日



报告编号: SZRD2018FH2439

深圳市瑞达检测技术有限公司 检测报告

受检单位名称: (原) 深圳龙珠医院

受检单位地址: 深圳市南山区西丽龙珠路3号

项目编号: 220180834002

检测日期: 2018年8月31日

检测内容: γ 测量率

预装设备厂家: /

预装设备名称: /

预装设备型号: /

预装设备编号: /

额定容量: /

检测场所: PET 中心

主要检测仪器: AT1121 型辐射检测仪/44447

检测仪器检定单位: 中国计量科学研究院

检定证书编号: DSYJ2017-6634

证书有效日期至: 2018年12月8日

检测依据: GB/T 14583-93 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》

检测结果 (检测布点示意图详见下图)

检测点编号	检测点位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	PET/CT 机房内(1)	0.18
2	PET/CT 机房内(2)	0.19
3	操作室内(1)	0.20
4	操作室内(2)	0.17
5	设备间内	0.18
6	通道1	0.20
7	等候区	0.17
8	通道3(1)	0.18
9	通道3(2)	0.18
10	通道2	0.17
11	准备室内	0.17
12	废物暂存间	0.18
13	废物暂存间铅门表面	0.18

(转下页)

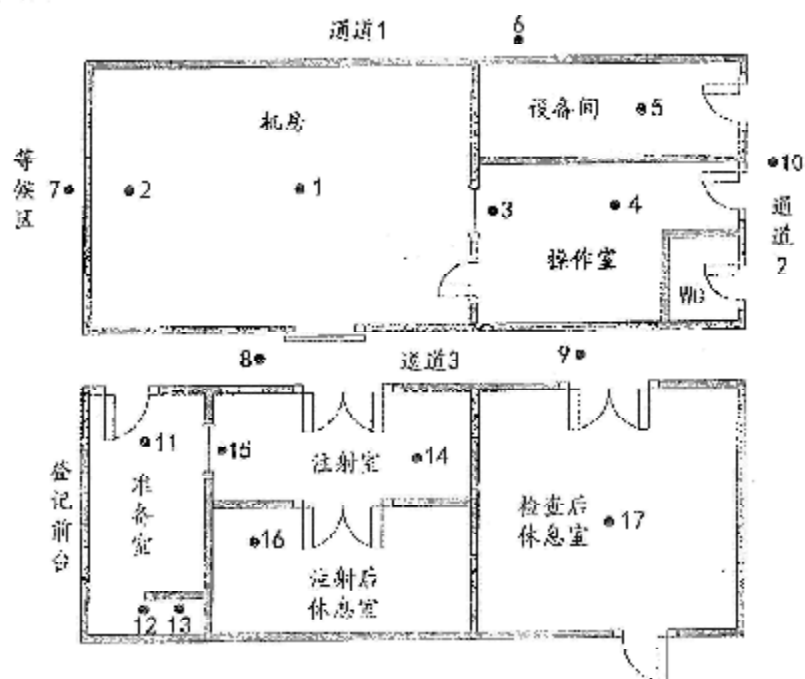


报告编号: SZRD2018FJ2439

(接上页)

检测点编号	检测点位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
14	注射室内	0.20
15	注射窗处	0.21
16	注射后休息室内	0.22
17	检查后休息室内	0.21

检测布点示意图



编制 薛书华 审核 徐志明 日期 2018.8.31 日期 2018.9.3
 日期 2018.8.31 日期 2018.9.3
 (检验报告专用章) (1)



深圳市瑞达检测技术有限公司

检测报告

SZRD2018FH2440

项目名称: 表面沾污水平

委托单位: 深圳合正医院

检测类别: 委托检测

报告日期: 2018年9月3日



报告编号: SZRD2018FII2440

深圳市瑞达检测技术有限公司 检测报告

受检单位名称: (原) 深圳龙珠医院

受检单位地址: 深圳市南山区西丽龙珠路3号

项目编号: 220180831003

检测日期: 2018年8月31日

检测场所: PET中心

检测内容: β 表面污染

使用核素名称: /

主要检测仪器: RadEye AB100 型 α 、 β 表面污染测量仪/10664

检测仪器检定单位: 中国计量科学研究院

检定证书编号: DYhd2018-0921

证书有效期至: 2019年4月2日

检测依据:

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

GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

β 表面污染检测结果 (检测布点示意图详见下图)

检测点编号	检测点位置	测量结果 (Bq/cm ²)	备注
1	PET/CT 机房地面 (1)	未检出	
2	PET/CT 机房地面 (2)	未检出	
3	操作室地面	未检出	
4	操作室工作台表面	未检出	
5	设备间地面	未检出	
6	通道 (1) 地面	未检出	
7	等候区地面	未检出	
8	通道 (3) 地面	未检出	
9	通道 (2) 地面	未检出	
10	准备室地面	未检出	
11	污物暂存间地面	未检出	
12	注射台表面	未检出	
13	注射室地面	未检出	
14	注射后休息室地面	未检出	
15	检查后休息室地面	未检出	
16	污物暂存间墙壁表面	未检出	

注: 探测限为 0.02 Bq/cm²。

(转下页)

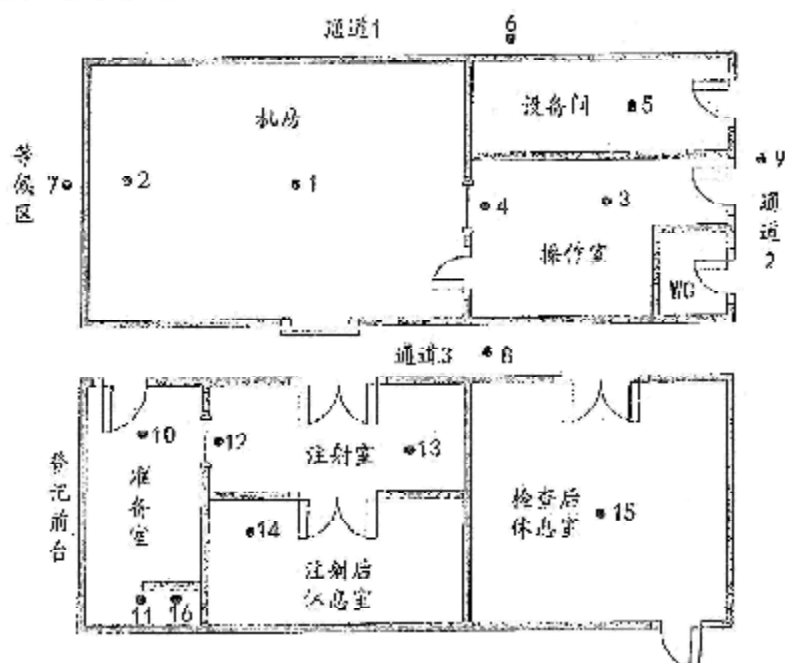
第 1 页, 共 2 页



报告编号: SZRD2018F112440

(接上页)

放射防护检测布点示意图



编制 蒋雪华

审核 张明华

编制 张明华

日期 2018.8.31

日期 2018.9.3

日期 2018.9.5





深圳市瑞达检测技术有限公司

检测报告

SZRD2020FH0276

项目名称: 环境地表 γ 辐射剂量率检测

委托单位: 深圳禾正医院

报告日期: 2020 年 3 月 11 日

(检验检测专用章)

说 明

1. 报告无检验检测机构“检验检测专用章”无效，多页报告未盖骑缝章无效；
2. 报告无编制、审核、签发者签名无效；
3. 报告涂改无效，部分复印无效；
4. 如检测报告中存在偏离标准方法等情况时，应在检测报告中提供上述偏离的信息；
5. 采（抽）样按《采（抽）样管理程序》执行，采（抽）样过程中存在可能影响检测结果的环境条件及采（抽）样方法偏离标准或规范等情况时，应在检测报告中提供上述偏离的信息；
6. 委托方如对报告有异议，请在收到报告后15天内以书面形式向本机构提出，逾期不予受理；
7. 本报告仅对本次检测负责。

检验检测机构名称：深圳市瑞达检测技术有限公司

检验检测机构地址：深圳市龙华区民治街道上芬社区第五工业区二区4号201

邮政编码：518131

电话：综合保障部：（0755）86087410 质量管理部：（0755）86665710

报告编号: SZRD2020FH0276

深圳市瑞达检测技术有限公司 检 测 报 告

一、基本信息

受检单位名称: 深圳禾正医院

受检单位地址: 深圳市南山区西丽龙苑路

项目编号: 120200308001

检测日期: 2020年3月8日14时00分-14时30分

检测内容: γ 剂量率

检测类型: /

受检设备名称: /

受检设备编号: /

受检设备型号: /

受检设备厂家: /

额定容量: /

检测条件: /

检测场所: 回旋加速器机房

主要检测仪器: AT1121 型辐射检测仪/45091 (0.025-3) MeV

检测仪器检定单位: 上海市计量测试技术研究院

检定证书编号: 2019H21-20-2194425003

证书有效期至: 2020年12月02日

检测依据: GB/T 14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》

二、检测结果

检测点编号	检测点位置	检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)
1	机座后方	0.18
2	机座右侧	0.20
3	机座前方	0.20
4	机座左侧	0.20
5	机座上方	0.18
6	机房中间	0.20
7	迷路通道	0.21
8	迷路通道	0.19
9	迷路通道	0.21
10	迷路通道	0.21
11	门口处	0.20
12	通道	0.19
13	通道	0.18



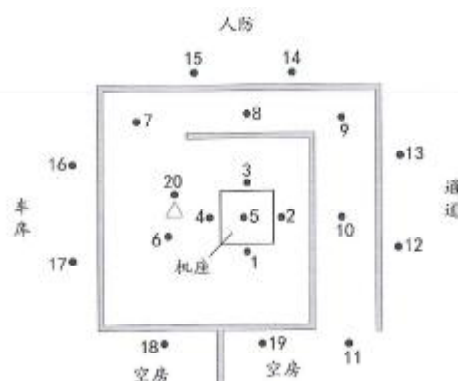
报告编号: SZRD2020FH0276

检测点编号	检测点位置	检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)
14	人防室	0.19
15	人防室	0.19
16	车库	0.21
17	车库	0.18
18	空房	0.20
19	空房	0.21
20	机房上方	0.19

三、备注说明

- 1.机房上方为核医学科, 机房下方无建筑;
- 2.检测结果未扣除宇宙射线;
- 3.检测时测量方式为即时测量, 有效探测点离固体物品 30cm, 离地面 100cm;
- 4.检测仪器的环境连续 X 及 γ 射线剂量率测量范围为 50nSv/h-10Sv/h, 探测能量范围为 15keV-3MeV, 固有测量误差为-15%~+15%;
- 5.检测结果为 $\mu\text{Sv/h}$, 转化因子为 1。

四、检测布点示意图



五、报告签署

编制 潘永清
日期 2020.3.11

审核 李江
日期 2020.3.11

签发 余海忠
日期 2020.3.11

(检验检测专用章)

(以下正文空白)

深圳禾正医院核医学工作场所退役方案

原深圳龙珠医院作为原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司放射设备的运营单位，运行 1 台放射治疗仪，2 台直线加速器，8 台 X 射线装置，1 台 CT 机，1 台回旋加速器和 1 台 PET/CT。还许可使用一枚用于 PET/CT 设备校准的 Ge-68 放射源，属于 V 类放射源。

深圳合正控股集团为深圳禾正医院（下称我医院）母公司，于 2017 年 12 月将深圳龙珠医院和深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司合并收购。2017 年 12 月 5 日深圳龙珠医院更名为深圳合正医院，2019 年 5 月 27 日深圳合正医院更名为深圳禾正医院。

原深圳龙珠医院和原深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司被收购后，原有设备均已完成了拆除，只留下原设备工作场所。根据要求制备 PET 用放射性药物的工作场所和乙级非密封放射性物质工作场所退役前需要编制环评报告表进行核技术利用项目退役。

为保证后续施工人员和环境的辐射安全，我医院拟制定如下监测方案：

- 1、重点监测原核医学中心场所的表面沾污和 γ 剂量率。
- 2、计划对核医学的候诊室进行布局调整，设置独立的候诊室。在拆除前对工作场所进行全面的检测，检测合格后方可安排施工人员进场施工。
- 3、原制备放射药物的回旋加速器工作场所医院拟将其封闭。在对工作场所周围及内部检测合格后，安排工作人员在入口处设置常闭式安全门。



深圳市卫生和计划生育委员会文件

深卫计医政〔2016〕342 号

市卫生计生委关于同意深圳龙珠医院 停业的批复

深圳龙珠医院：

你院提交的深圳龙珠医院关于停业的请示（深龙医字〔2016〕7号）收悉。根据医疗机构管理法规的有关规定，现批复如下：

一、同意你院停业，停业时间自2016年12月20日至2017年12月19日。

二、请你院按照医疗机构管理相关法律法规要求，做好医院停业的告示告知、原就诊患者的后续处理及病案保管等管理工作。

— 1 —

此复。



公开方式：主动公开

抄送：市卫生监督局，南山区卫生计生局。

深圳市卫生和计划生育委员会秘书处

2016年12月20日印发

校对：人：白露

—2—



辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司

地 址：深圳市南山区西丽龙苑路 3 号

法定代表人：孙 启 银

证书编号：粤环辐证[00010]

种类和范围：使用 II 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所**

有效期至：2016 年 06 月 13 日

发证机关：

发证日期：2011 年 06 月 13 日



国家环境保护总局制

辐射工作单位须知

一、本证由发证机关填写，禁止伪造、变造、转让。

二、单位名称、地址、法定代表人变更时，须办理证书变更手续；改变许可证规定的活动的种类或者范围，及新建或者改建、扩建生产、销售、使用设施或者场所的，需重新申领许可证；证书注销时，应交回原发证机关注销。

三、本证应妥善保管，防止遗失、损坏。发生遗失的，应当及时到所在地省级报刊上刊登遗失公告，并持公告到原发证机关申请补发。

四、原发证机关有权对违反国家法律、法规的辐射工作单位吊销本证。

填写说明

一、本证由发证机关填写（正本尺寸为： 25.7×36.4 厘米，副本采用大 32 开本， 14×20.3 厘米）。

二、证书编号

证书编号形式为：A 环辐证 [序列号]。A 为各省的简称，国家环保总局简称国；序列号为 5 位。

三、种类和范围

（一）种类分为生产、销售、使用。

（二）正本内，范围分为Ⅰ类放射源、Ⅱ类放射源、Ⅲ类放射源、Ⅳ类放射源、Ⅴ类放射源、Ⅰ类射线装置、Ⅱ类射线装置、Ⅲ类射线装置。

副本内，范围写明放射源的核素名称、类别、总活度，非密封放射性物质工作场所级别、日等效最大操作量，射线装置的名称、类别、数量。

（三）正本内，种类和范围填写种类和范围的组合，如生产Ⅰ类放射源和Ⅱ类放射源，销售和使用Ⅱ类射线装置。

特别的，生产、销售、使用非密封放射性物质的，种类和范围填写甲级非密封放射性物质工作场所、乙级非密封放射性物质工作场所或丙级非密封放射性物质工作场所。

建造Ⅰ类射线装置的填写销售（含建造）Ⅰ类射线装置。

四、“日等效最大操作量”、“工作场所等级”按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）确定。

五、许可内容明细表做成活页。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳龙珠医疗科技研发中心有限公司		
地 址	深圳市南山区西丽龙苑路 3 号		
法定代表人	孙启银		
身份证号码	370340510602273		
联系电话			
工作场所	名 称	地 址	负责人
证书编号	粤环辐证[00010]		
许可证条件	使用 II 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所***		
发证日期	2011 年 06 月 13 日 (发证机关章)		
有效期至	2016 年 06 月 13 日		

(一) 放射源

工作场所名称: _____

工作场所地址:

[illegible]

活动种类和范围

(三) 射线装置

工作场所名称: _____

工作场所地址: _____

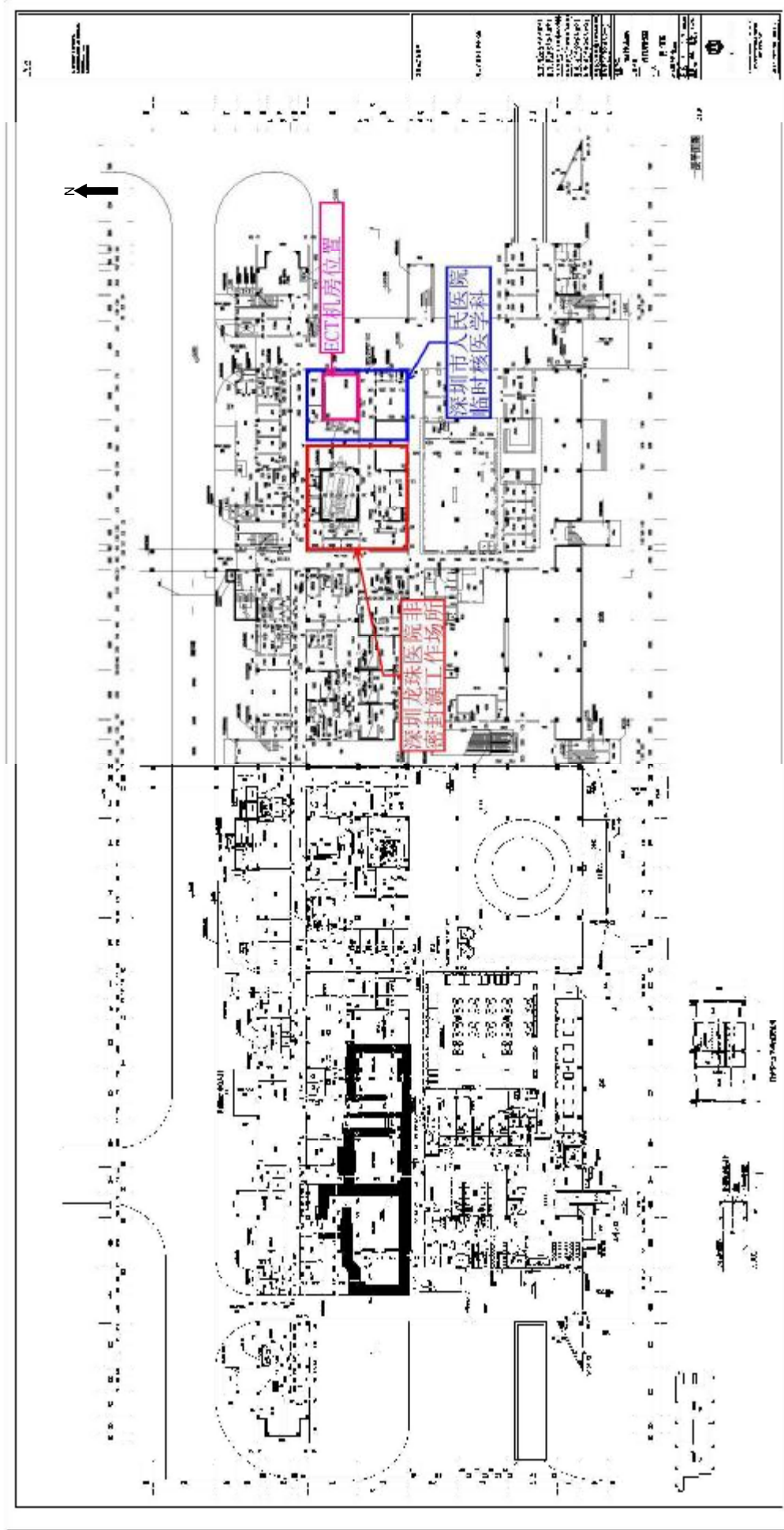
序号	射线装置名称	射线装置类别	射线装置数量	活动种类
1	放射治疗仪	II	1	使用
2	直线加速器	II	2	使用
3	X 射线机	II	8	使用
4	CT 机	II	1	使用
5	回旋加速器	II	1	使用
6	PET/CT	II	1	使用

10				

台帐明细登记

(一) 放射源

序号	核素名称	出厂日期	出厂活度 (贝可)	标号	编码	来源/去向	记录人	记录日期	审核人	审核日期
1	⁶⁰ Co	2006.3.10	55E+7	7274	US06GE000035	来源 原子高科股份有限公司 去向 广东环境辐射监测中心	邱港	2011.7.25		
2	⁶⁰ Co	2009.1.20	55E+7	A691	US09GE000115	来源 原子高科股份有限公司 去向 广东环境辐射监测中心	邱港	2011.7.25		
3	⁶⁰ Co	2011.7.25	55E+7	D210	US11GE000405	来源 原子高科股份有限公司 去向 广东环境辐射监测中心	邱港	2011.7.25	何永强	11.7.25
						来源				
						去向				
						来源				
						去向				
						来源				
						去向				
						来源				
						去向				



深圳市人民医院临时核医学科(深圳市南山区龙苑路16号)所在位置示意图

附件 13 修改清单

序号	专家意见	修改内容	页码
1	完善核医学科人流、物流通道描述。	补充了核医学科物流通道描述，完善了人流通道描述。	P94、P97-P98
2	完善放射性三废排放的环保措施。	完善了核医学科放射性“三废”排放的环保措施描述，完善了相关理论估算。	P91、P104、P144
3	核实放疗机房屏蔽设计。	核实了放疗机房屏蔽设计，直线加速器机房 1 主屏蔽区墙体为重晶石混凝土，直线加速器机房 2 南侧主屏蔽墙为普通混凝土，具体完善了相关理论估算。	P79，P113-P128
4	细化环境监测计划和管理制度。	细化了环境监测计划和管理制度，完善了相关附件。	P153，附件 4
5	完善医院内原有非密封源工作场所退役情况回顾，补充退役监测方案。	补充了原深圳龙珠医院内原有非密封源工作场所退役及监测情况，补充了退役监测方案。	P2-P7、附件 9
6	补充放射源处理记录。	放射源已送贮，补充了放射源处理记录。	附件 2
7	补充原有项目回顾、本项目机房原有功能	核实了原有机房情况及功能，补充了原有机房环评及验收履行情况。	P2-P7
8	源项前后一致，如药物是在医院内分装还是由药物供应商分装好后送至医院等；	核实的源项描述。	P8
9	讲明放射性衰变池是串联还是并联，要实现三级衰变功能，第 2 个衰变池也要估算。	医院在医技综合楼负一楼设有专用衰变池供核医学科使用，衰变池包括沉渣化粪池 1 个、独立交替使用（并联）的衰变池 3 个。补充了各衰变池排放时核素含量估算。	P100
10	四至描述太简单，四周环境 200m 范围内要描述。	补充、完善了项目周边四至图。	P10、P16
11	核实 ¹³¹ I 操作因子	已核实，为简单操作。	P23
12	补充评价标准，如补充评价标准的摘录内容，补充相关标准等；	补充了相关标准及内容。	P27、P28、P41
13	核实直线加速器机房设计，如主屏蔽墙的重晶石厚度、有用线束避开控制室、混凝土失水对 neutron	核实的机房墙体屏蔽体材料及厚度，根据 X 射线不同能量的剂量率分别对屏蔽体外关注点的剂量率进行了估算。补充了中子所致机房屏蔽体外剂量率	P117-P127

	屏蔽效果下降等；核实直线加速器 1m 处剂量率；防护措施描述前后一致，如表 10-1 中补充混凝土的铅当量等；	的计算，并考虑了水分丢失造成的混凝土屏蔽中子效果降低影响。	
14	核医学科分装室分装 F-18 时，顶棚厚度是否够用？	表 10-1 补充了混凝土铅当量，统一了防护措施描述。	P74-P76
15	(1) 核实核医学科废水参数来源，明确污染因子，明确衰变池采取的相关搅拌等措施；(2) PET 工作人员摆位是否接触患者，考虑污染检测；(3) 完善人流、物流描述；	对分装室顶棚屏蔽体外的剂量率进行了估算，顶棚厚度能够满足要求。	P138
16	细化了监测方案。	核医学科放射性液体衰变池底、池壁均采用混凝土材料，设置防泄漏措施。放射性液体衰变池设取样孔，便于日常检测时取样。沉淀化粪池设切割式潜水泵，衰变池设潜水泵，衰变池设浮球液位器和电动阀，采用全自动切换切换控制方式。PET 工作人员摆位不接触患者。	P94、P100、P138
17	补充了核医学科工作场所验收监测报告，完善了原有工作场所环评及验收情况描述。	细化了监测方案。	P153
18	在图 1-7 中补充了废气排风口位置。	补充了核医学科工作场所验收监测报告，完善了原有工作场所环评及验收情况描述。	附件 8
19	量化了核医学科废水、固废排放量。	在图 1-7 中补充了废气排风口位置。	P22
20	表 7-1 中补充了各工作场所楼上、楼下情况。	量化了核医学科废水、固废排放量。	P26
21	监测时，深圳禾正医院拟上 18MeV 的加速器，后期实际为 22MeV 的加速器。	表 7-1 中补充了各工作场所楼上、楼下情况。	P31-P32
22	已根据实际完善了监测报告描述。1 μ Sv/h=1 μ Gy/h=1000nGy/h。	监测时，深圳禾正医院拟上 18MeV 的加速器，后期实际为 22MeV 的加速器。已根据实际完善了监测报告描述。1 μ Sv/h=1 μ Gy/h=1000nGy/h。	P45、P55
23	补充各项目人员配备情况及工作负荷，并核实其合理性，如直加 1 天治疗病人共 40 人，工作负荷能否满足患者需求	直加 1 天治疗病人修改为 80 人。	P113

