

核 技 术 应 用 项 目 环 境 影 响 报 告 表

(公开版)



项目名称： 医用辐射项目（二期）

建设单位： 海南医学院附属医院

编制日期：2016 年 3 月

国家环境保护总局

编号: _____

核 技 术 应 用 项 目
环 境 影 响 报 告 表

填表人_____联系电话_____

项目联系人_____联系电话_____

法人代表签字_____

填报单位全名称_____

单位公章

_____年_____月_____日

编制日期：2016 年 3 月 10 日

国家环境保护总局

目 录

表 1 项目概况	1
1.1 项目简介.....	1
1.2 核技术应用概况.....	2
1.3 环境影响评价内容.....	3
1.4 环境影响报告表编制依据.....	3
1.4.1 法律法规	3
1.4.2 技术依据	4
1.4.3 其他资料	4
1.5 电离辐射剂量限值和剂量约束值.....	6
1.6 评价范围.....	12
表 2 放射性同位素及密封源	14
表 3 废弃物（放射性废弃物）	14
表 4 射线装置.....	15
表 5 污染源分析（包括贯穿辐射污染）	17
5.1 射线装置.....	17
5.1.1 直线加速器.....	17
5.1.2 其他射线装置（包括 CT 及普通 X 光机等）	20
5.2 改造过的核素使用场所.....	21
5.3 事故工况污染分析.....	23
5.4 污染防治措施.....	25
5.4.1 直线加速器放射污染防治措施	25
5.4.2 其他 X 射线诊断装置放射污染防治措施	27
5.6 事故风险分析及应急措施.....	30
5.7 辐射安全与环境保护管理.....	32
5.7.1 管理机构	32
5.7.2 分区管理	32
5.7.3 相关制度.....	33
5.7.4 医院应补充的管理工作	33
5.8 辐射监测.....	33
表 6 环境影响分析	35
6.1 辐射环境监测.....	35
6.2 电子直线加速器运行环境影响分析.....	43
6.3 使用 CT、DR 等 III 类射线装置的环境影响分析.....	44
6.4.3 诊断用 X 射线装置异常事件分析与防范建议	46
6.5 项目环保验收内容.....	47
表 7 结 论.....	49
表 8 审批	52

附件：

- 附件 1 《海南省国土环境资源厅关于批复海南省医学院附属医院核技术应用项目环境保护设施竣工验收的批复》（琼土环资审字[2009]90 号）
- 附件 2 《海南省生态环境保护厅行政处罚决定书》（琼环罚决字[2016]8 号）
- 附件 3 《建设项目职业病危害控制效果评价报告书审核及防护设施竣工验收意见书》（海南省卫生和计划生育委员会，琼卫职审字[2015]001 号）
- 附件 4 《建设项目职业病危害控制效果评价报告书审核及防护设施竣工验收意见书》（海南省卫生和计划生育委员会，琼卫职审字[2015]002 号）
- 附件 5 《建设项目职业病危害控制效果评价报告书审核及防护设施竣工验收意见书》（海南省卫生和计划生育委员会，琼卫职审字[2015]003 号）
- 附件 6 《海南医学院附属医院辐射事故应急预案》
- 附件 7 《海南医学院附属医院关于调整放射防护领导小组成员的通知》（海医附院[2015]37 号）
- 附件 8 《海南医学院附属医院医用电子直线加速器操作指南》
- 附件 9 《海南医学院附属医院放疗患者放射防护制度》
- 附件 10 《海南医学院附属医院放射工作人员健康检查制度》
- 附件 11 《海南医学院附属医院放疗科放射防护管理制度》
- 附件 12 《海南医学院附属医院放射科辐射安全操作规程》
- 附件 13 《海南医学院附属医院放射科辐射防护制度》
- 附件 14 《海南医学院附属医院放射科医学影像设备、场所定期检测制度》
- 附件 15 《海南医学院附属医院放疗科放射治疗全面质量管理体系》
- 附件 16 《海南省辐射环境监测报告》（琼环辐监[2016]第 4 号）

表 1 项目概况

单位名称		海南医学院附属医院		地 址		海口市龙华路 31 号	
法人代表				电话		邮编 570102	
联系人		王主任		联系电话			
项目名称		医用辐射项目（二期）		项目地点		海南医学院附属医院内	
项目用途		用于放射诊断和治疗		项目依据			
总投资		130000 万元					
核技术项目投资（万元）		17450		核技术项目环保投资（万元）		1000	
应用类型	放射性同位素应用	密封源		射线装置		其它	
				II 类、III 类			
核技术应用的目的是任务：							
1.1 项目简介							
海南医学院附属医院位于海口市龙华路 31 号（附图 1.1-1），始建于 1973 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、社区服务于一体的综合性三级甲等医院。医院占地 36 亩，由内科楼、门诊楼、新外科大楼、综合内科楼、临床技能培训中心，生殖中心、医技楼等组成。全院临床科室 44 个，编制床位 1500 张，职工 2115 人，其中教授（主任医师）112 人，副教授（副主任医师）233 人，国务院特贴专家和海南省省优专家 12 人。2014 年门诊量近 100 万人次，年住院手术 11810 台，年住院病人 31217 人次。 医院开展的放射诊疗项目有放射治疗、核医学、介入放射、X 射线影响诊断，从事科室主要为放射科、放疗科、核医学科、介入治疗科、口腔科等，从业人员 118 人，其中副主任以上职称 27 人，中级职称 36 人。工作场所分布在医技楼、核医学科、门诊楼、新外科大楼、综合内科楼、口腔门诊和体检车。							

医院位于 2009 年 5 月 25 日完成一期核技术应用项目环境保护竣工验收，但随着医院的发展，部分核素不再使用，部分射线装置已经更换机房，同时也购置一些新设备，为了进一步完善环保手续，医院再度委托海南环境科技经济发展公司开展医院的医用核技术应用二期项目环境影响评价工作。

1.2 核技术应用概况

(1) 医院位置及周边

海南医学院附属医院位于海口市龙华路 31 号，北面紧邻龙华路，东面紧靠义龙横路，西、南面毗连龙昆上村和龙昆下村，总体而言，该院处于城市中心区域，周围均为城市商业居民混合人口密集区域。医院内部主要建筑物布局见图 1.2-1，其中涉及核技术应用的场所主要为医技楼、核医学科、门诊楼、新外科大楼、综合内科楼、口腔门诊和体检车。

(2) 一期核技术应用项目

医院于 2007 年 1 月 31 日委托海南环境科技经济发展公司完成医院一期核技术应用项目报告表，并于该年 3 月 15 日获得原海南省国土环境资源厅的环评报告表批复（琼土环资核表字[2007]2 号）；并于 2009 年 2 月 16 日委托海南省辐射环境监测站完成一期项目竣工环境保护验收报告，于 2009 年 5 月 25 日获得原海南省国土环境资源厅的项目环境保护设施竣工验收批复（附件 1，琼土环资审字[2009]90 号）。

一期辐射项目包括使用 Sr-90、Sm-153、Tc-99m、Tl-201、P-32、I-125、I-131 等 7 种放射性同位素、1 枚密封源（Ir-192）和直线加速器、DSA、CT、DR 等 17 台射线装置（II 类射线装置 2 台，III 类射线装置 15 台）。现今医院实际使用 Sr-90、Tc-99m、P-32、I-125、I-131 等 5 种同位素，1 枚密封源（Ir-192）和 DSA、CT、DR 等 8 台射线装置（II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 7 台）；2 种同位素和 7 台射线装置（II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 6 台）不再使用，2 台射线装置（均为 III 类射线装置）更换使用场所。

(3) 二期核技术应用项目（本次评价内容）

医院本次评价的二期项目包括使用直线加速器、CT、DR 等射线装置 17 台，其中 II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 16 台。射线装置的名称、型号及参数和位置等具体见表 1-3。C 臂血管造影装置和口腔全景 X 线机等 2 台射线装置为一期设备，更换了使用机房；数字胃肠机、数字化医用 X 线摄影系统和 CT 等 3 台设备为拟新购置设备；

其他 12 台设备为一期后新购置并投入使用设备。拟新购置的数字胃肠机和数字化医用 X 线摄影系统机房均为原来的 X 线机机房；一期后新购置并投入使用的 16 排 CT 和直线加速器机房分别为原来的数字 X 线机机房和直线加速器机房改造而成。具体机房及其周边详见图 1.2-2~1.2-11。

(4) 实践的正当性

海南医学院附属医院以为人民健康服务为宗旨，二期核技术应用项目根据临床诊断、治疗和医疗保健工作需要，计划配置使用包括直线加速器、CT、DR 等共计 17 台射线装置，其中，II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 16 台。项目所开展的核技术应用是为了更好地满足医学诊疗和治疗工作需要，具有良好的社会效益和经济效益，其获得的利益远大于辐射效应可能造成的损害，符合辐射实践正当性原则的要求。

1.3 环境影响评价内容

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，海南医学院附属医院委托海南省环境科技经济发展公司开展该院二期医用核技术应用项目评价。评价工作主要包括：

- (1) 对改造的加速器机房和重新购置使用的 1 台直线加速器进行辐射环境影响评价；
- (2) 对使用 16 台诊断用 III 类射线装置及其机房进行辐射环境影响评价；
- (3) 对改造后门诊大楼二楼放免室的辐射现状评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 33 号，2015 年 4 月 9 日）的 199 项核技术利用项目退役中除水井式 γ 辐照装置外其他使用 I 类、II 类、III 类放射源场所不存在污染的退役项目填写环境影响登记表的要求，本项目医院一期中不再使用的 5 台射线装置均为 III 类射线装置，事故时一般不会造成受照人员的放射损伤，其污染主要为运行时 X 射线，关机后没有剩余辐射和空气活化问题，设备搬走后对场地影响较小，因此本评价不再对其进行详细分析评价。

环境影响评价主要考虑的问题有：射线装置运行产生的 X 射线、中子和感生放射性物质对工作人员、公众以及环境的影响。

1.4 环境影响报告表编制依据

1.4.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日

- (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2003 年
- (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年
- (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部第 18 号令，

2011 年

(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部第 3 号令，2008 年

(7) 《海南省环境保护条例》，海南省人大常委会，2007 年

(8) 《海南省建设项目环境保护管理规定》，海南省人民政府，1999 年（2008 年修订）

(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 33 号，2015 年 4 月 9 日）

1.4.2 技术依据

(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1-1995）

(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）

(4) 《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ130-2013）

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

(6) 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）

(7) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）

(8) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）

(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）

(10) 《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）

(11) 《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）

1.4.3 其他资料

(1) 《海南医学院附属医院 25 电离辐射源项目环境影响报告表》，海南环境科技经济发展公司，，2007 年 1 月 31 日

(2)《海南省国土环境资源厅关于海南医学院附属医院 25 电离辐射项目环境影响报告表的批复》，琼土环资核表字[2007]2 号，2007 年 3 月 15 日

(3)《海南医学院附属医院核技术应用项目竣工环境保护验收报告》，琼环辐验[2009，海南省辐射环境监测站，2009 年 2 月 16 日

(4)《海南省国土环境资源厅关于海南医学院附属医院核技术应用项目环境保护设施竣工验收的批复》，琼土环资审字[2009]90 号，2009 年 5 月 25 日

(5)《海南医学院附属医院加速器机房改造设计方案》，海南杨桥射线防护器材有限公司，2011 年 9 月 18 日

(6)《海南医学院附属医院体检中心 DR 机房射线防护改造设计方案》，海南杨桥射线防护器材有限公司，2011 年 9 月 28 日

(7)《海南医学院附属医院病房楼四楼 DR 机房射线防护项目设计方案》，海南杨桥射线防护器材有限公司，2014 年 10 月 10 日

(8)《海南医学院附属医院外科楼 M 层 DR 机房射线防护项目设计方案》，海南杨桥射线防护器材有限公司，2015 年 6 月 5 日

(9)《海南医学院附属医院外科楼五楼 DR 机房射线防护项目设计方案》，海南杨桥射线防护器材有限公司，2011 年 8 月 8 日

(10)《海南医学院附属医院关于调整放射防护领导小组成员的通知》，[2015]37 号，2015 年 1 月 21 日

(11)《海南医学院附属医院 VARIAN CX 加速器机房改建项目职业病危害控制效果放射防护评价报告书》（琼职评[2014]第 04 号，海南省疾病预防控制中心，2015 年 2 月）

(12)《海南医学院附属医院临床核医学科建设项目职业病危害控制效果放射防护评价报告书》（鲁医科放职评字[2014]第 117-4 号，山东省医学科学院放射医学研究所和海南省疾病预防控制中心，2015 年 1 月）

(13)《海南医学院附属医院放射诊疗建设项目职业病危害控制效果放射防护评价报告书》（鲁医科放职评字[2014]第 118-4 号，山东省医学科学院放射医学研究所和海南省疾病预防控制中心，2015 年 1 月）

(14) 海南医学院附属医院射线防护评价补充材料及辐射屏蔽工程设计资料

(15) 海南医学院附属医院放射诊疗规划及操作规程、工作制度等

1.5 电离辐射剂量限值和剂量约束值

1.5.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的规定,工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值列入表 1-4。

表 1-4 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

职业工作人员		公 众	
身 体 器 官	年有效剂量 或年当量剂量	身 体 器 官	年有效剂量 或年当量剂量
全身有效剂量	$\leq 20\text{mSv}$	全身有效剂量	$\leq 1\text{mSv}$
眼 晶 体	$\leq 150\text{mSv}$	眼 晶 体	$\leq 15\text{mSv}$
四肢或皮肤	$\leq 500\text{mSv}$	皮 肤	$\leq 50\text{mSv}$

注:表中剂量限值不包括医疗照射和天然本底照射。

(1) 职业照射

应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量, 20mSv ;
- b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv ;

(2) 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

- a) 年有效剂量, 1mSv ;
- b) 特殊情况下,如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv ,则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv 。

1.5.2 《医用电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子加速器的生产和使用。

5 款加速器的放射防护性能要求

5.3 款在患者平面外的辐射防护要求

5.3.4 终止照射后感生放射性的防护

5.3.4.1 此要求仅适用于电子能量超过 10MeV 的设备。

5.3.4.2 在规定的最大吸收剂量率下,进行 4Gy 照射,以间歇 10min 的方式连续进行 4h 后,在最后一次照射终止后的 10s 开始测量,测得感生放射性的周围剂量当量

H° (d), 且应满足下列要求:

1) 累积测量 5min, 在离外壳表面 5cm 任何容易接近处不超过 $10\mu\text{Sv}$, 离外壳表面 1m 处不超过 $1\mu\text{Sv}$;

b) 在不超过 3min 的时间内, 测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何容易接近处不超过 $200\mu\text{Sv/h}$, 离外壳表面 1m 处不超过 $20\mu\text{Sv/h}$ 。

5.3.4.3 在离外壳表面 5cm 和 1m 测量时, 应分别在不大于 10cm^2 和 100cm^2 的面积取平均值; X 线模式取其最高能量, 电子模式时取产生最大吸收剂量的电子照射能量; 照射野取 $10\text{cm}\times 10\text{cm}$; 记录其方法、条件、结果和测量位置。

6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 的要求, 保障职业场所和周围环境安全。

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙(包括天棚)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/T201.1 的要求。

6.1.3 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线标称能量超过 10MeV 的加速器, 屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积, 新建治疗室不应小于 45m^2 。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路, 防护门必须与加速器联锁。

6.1.9 相关位置(例如治疗室入口处上方等)应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

6.2 安全操作要求

6.2.1 加速器使用单位应配备工作剂量仪、水箱等剂量测量设备, 并应配备扫描剂量仪、模拟定位机等放射治疗质量保证设备。

6.2.2 使用单位应有合格的放射治疗医生、医学物理人员及操作人员; 医学物理人员和操作人员应经过防护和加速器专业知识培训, 并经过考核合格后方可上岗。

6.2.3 操作人员应遵守各项操作规程, 认真检查安全联锁, 禁止任意去除安全联锁, 严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

6.2.4 治疗期间，应有两名操作人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。

6.2.5 治疗期间操作人员应密切注视控制台仪表及患者状况，发现异常及时处理，禁止操作人员擅自离开岗位。

6.2.6 加速器辐射安全、电气、机械安全技术要求及测试方法应符合 GB9706.5 的有关规定。

7.2 为防止不必要照射和超剂量照射的要求

7.2.1 控制台应显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式、楔形过滤器类型及规格等照射参数预选值。

7.2.2 照射启动应与控制台显示的照射参数预选值联锁，控制台选择各类照射参数之前，照射不应启动。

7.2.3 应装备检查所有安全联锁的设施，用于在照射间歇期间检查安全联锁(包括防止剂量率大于预选值十倍的联锁)，确保各类系统终止照射的能力和防止超剂量照射。

7.2.4 控制台和治疗室内应分别安装紧急停机开关。

7.2.5 使用计算机控制系统的加速器软件和硬件控制程序应加密，未经允许不得存取或修改；用于监视联锁或作为测量线路、控制线路一部分的计算机一旦发生故障，应终止照射。

8.1 辐射防护监测

8.1.1 加速器安装验收后投入运行前，或者加速器维修后、运行参数及屏蔽条件等发生改变时，应委托具有相应监测资质的技术服务机构进行 M 区内外杂散辐射的防护监测、患者平面内外辐射防护测量，并据此作出辐射安全评价。

8.1.2 加速器设备正常工作中，使用加速器设备的单位可根据需要委托有相应监测资质的机构开展 M 区内外杂散辐射的防护监测；患者平面内外辐射防护测量和患者和其他人员的辐射防护测量。

8.1.3 上述辐射防护监测方法按附录 B 的方法进行。

8.1.4 在加速器正常运行情况下，安全联锁系统每月检查 1 次。

8.1.5 在加速器正常运行情况下，工作场所和周围区域辐射水平每年监测 1 次。

8.1.6 放射工作人员个人剂量监测按 GBZ128 要求执行。

1.5.3 《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房》

(GBZ/T 201.2-2011)

4.2 计量控制要求

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

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

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

2) 放射治疗机房外非控制区的人员: $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

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

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

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

c)由上述 a)中的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和 b)中的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$, 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)。

4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求

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临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 $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$, 按照 4.2.1 求得关注点的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

b)除 4.2.2 中 a)的条件外, 应考虑下列情况:

1) 天空散射和侧散射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量(率)的总和, 应按 4.2.2 中的 a)确定关注点的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制;

2) 穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以相当于机房外非控制区人员周剂量率控制指标的年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制;

3) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 考虑上述 1) 和 2) 之后, 机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制(可在相应

处设置辐射告示牌)。

1.5.4 《医用 X 射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2013)

第 5.2 款 每台 X 射线机(不含移动式和携带式床旁摄影机与车载 X 射线机)应设有单独的机房,机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房,其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 1-5 要求(仅列出与本项目有关的设备)。

表 1-5 射线设备机房(照射室)使用面积及单边长度

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

a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。
b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。
c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。

第 5.3 款 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求: X 射线透视机房的屏蔽防护能力应不小于表 1-6 要求。

表 1-6 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量mm
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 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。

第 5.4 款 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求（其检测方法及检测条件按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）：

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

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv/h ；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。

第 5.5 款 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

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

1.5.5 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）

《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）中对 CT 机房的要求见表 1-7。

表 1-7 CT 机房防护屏蔽要求表

项目	机房屏蔽要求			
	工作量	混凝土	实心砖	铅
屏蔽墙厚度	一般	16cm	24cm	2mm
	较大	20cm	37cm	2.5mm
顶棚、地面厚度	20cm 混凝土			
机房门	与同侧墙有同等的屏蔽防护			
铅玻璃观察窗	与同侧墙有同等的屏蔽防护			
机房面积	$\geq 30\text{m}^2$			

1.5.6 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）

5 CT 机房的防护要求

5.1 CT 机房的设置应充分考虑邻室及周围场所的人员驻留条件，一般应设在建筑物的一端。

5.2 CT 机房应有足够的使用空间，面积应不小于 30m^2 ，单边长度不小于 4 m。机

房内不应堆放无关杂物。

5.3 CT 机房的墙壁应有足够的防护厚度，机房外人员可能受到照射的年有效剂量小于 0.25mSv(相应的周有效剂量小于 5μSv)，距机房外表面 0.3m 处空气比释动能率应 <2.5μGy/h。

5.4 CT 机房门外明显处应设置电离辐射警告标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

5.5 CT 机房应保持良好的通风。

1.5.7 《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》(GBZ2.1-2007)

室内臭氧(O₃)浓度限值 0.3 mg/m³；NO_x 浓度限值 5 mg/m³。

1.5.8 剂量评价标准值

本评价综合以上标准，，确定本项目年有效剂量管理目标及机房外周围剂量当量率控制指标见表 1-8。

表 1-8 本项目辐射剂量控制值及污染物排放指标表

年剂量限值		
执行对象	年有效剂量限值（mSv/a）	本评价管理目标值（mSv/a）
放射工作人员	20.00	5.00
公众成员	1.00	0.25
机房墙体表面控制值		
直线加速器机房外放射工作人员活动及公众人员活动场所	直线加速器机房外 30cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	
其他机房外放射工作人员活动及公众人员活动场所	机房外 30cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	
设备要求		
直线加速器 （电子标称能量大于 10MeV）	最后一次照射终止 10s 后、3min 内：距设备表面 5cm 处由感生放射性所造成的吸收剂量率 $\leq 200\mu\text{Sv/h}$ ；距设备表面 1m 处由感生放射性所造成的吸收剂量率 $\leq 20\mu\text{Sv/h}$	
机房面积要求		
直线加速器机房	$\geq 45\text{m}^2$	
模拟定位机机房	$\geq 20\text{m}^2$ ，单边长度不小于 3.5m	
工作场所有害因素职业接触限值（第一部分化学有害因素）		
室内臭氧（O ₃ ）浓度限值 0.3 mg/m ³ ；NO _x 浓度限值 5 mg/m ³		

1.6 评价范围

根据本项目放射源的特点和应用内容,按照《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书(表)的内容和格式》(HJ/T10.1-1995)要求,参考《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)对射线装置应用的辐射监测技术要求,确定辐射环境影响评价的范围:放射工作场所建筑实体边界外 50m 内作为评价范围。

海南环境科技经济发展公司

表 2 放射性同位素及密封源

核素名称	放射性活度 (Bq)	物理、化学性状	日等效操作量 (Bq)	年等效用量 (Bq)	操作方式	贮存方式与地点

注：1、密封源要说明源强 (Bq)；栏 2 中放射性活度是指核素年使用量 (Bq/a)。

2、密封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)。

3、等效操作量和操作方式见国家标准 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》。

表 3 废弃物(放射性废弃物)

废弃物名称	状态	排放浓度	年排放总量	暂存情况	最终去向

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；

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

表 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

名称型号	生产厂家	加速粒子	能量 (MeV)	流 强 (mA)	用途	备注
直线加速器 VARIAN CX	美国 瓦里安	电子、X线			放射治疗	医技楼一楼
废物类型	数量		总 活 度 (Bq)	主要感生放射性核素	废物去向	
废靶	/个		/			
放射性废物 年产生量	气态 m ³					
	液态 m ³		—			
	固态 kg					

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线诊断）、分析仪器等

序号	设备名称	类别	厂家及型号	主要技术参数	机房位置	用途
1	小 C 臂血管造影装置	Ⅲ类			手术室，新外科楼 3 楼 3 号间	诊断
2	术中 X 线三维成像系统 C 臂	Ⅲ类			外科楼手术室 4 楼 13 号间	诊断
3	DR 机	Ⅲ类			新外科楼 M 层	诊断
4	数字胃肠机	Ⅲ类			医技楼四楼	诊断
5	数字化医用 X 线摄影系统	Ⅲ类			医技楼四楼	诊断
6	16 排 CT	Ⅲ类			放射科 医技楼四楼	诊断
7	移动 X 线机	Ⅲ类			移动使用，医技楼四楼	诊断
8	移动 X 线机	Ⅲ类			移动使用，医技楼四楼	诊断
9	全景 X 线机	Ⅲ类			口腔科，新址二楼	诊断
10	X 线数字牙片机	Ⅲ类			口腔科，新址二楼	诊断
11	口腔全景 X 线机	Ⅲ类			口腔科，新址二楼	诊断
12	DR 机	Ⅲ类			体检中心，门诊二楼	诊断

序号	设备名称	类别	厂家及型号	主要技术参数	机房位置	用途
13	DR 机	Ⅲ类			体检车（车里面）	诊断
14	骨密度仪	Ⅲ类			核医学室一楼	诊断
15	数字化医用 X 线摄影系统	Ⅲ 类			海医广场病区 （综合内科 4 楼）	诊断
16	CT	Ⅲ 类			新门急诊楼负一楼	诊断

海南环境科技经济发展公司

表 5 污染源分析（包括贯穿辐射污染）

主要放射性污染物和污染途径（正常工况和事故工况）

5.1 射线装置

5.1.1 直线加速器

（1）工作原理

医用直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。典型医用直线加速器见图 5-1。

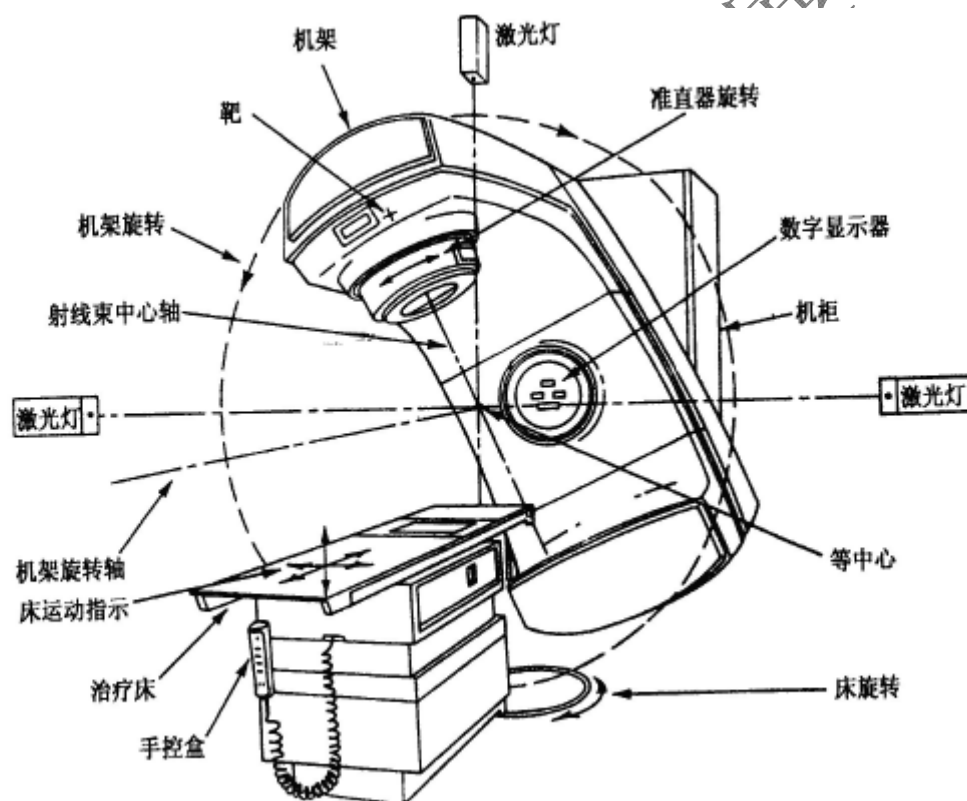


图 5-1 典型医用直线加速器

（2）直线加速器设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、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。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。医用直线加速器内部结构框图 5-2。

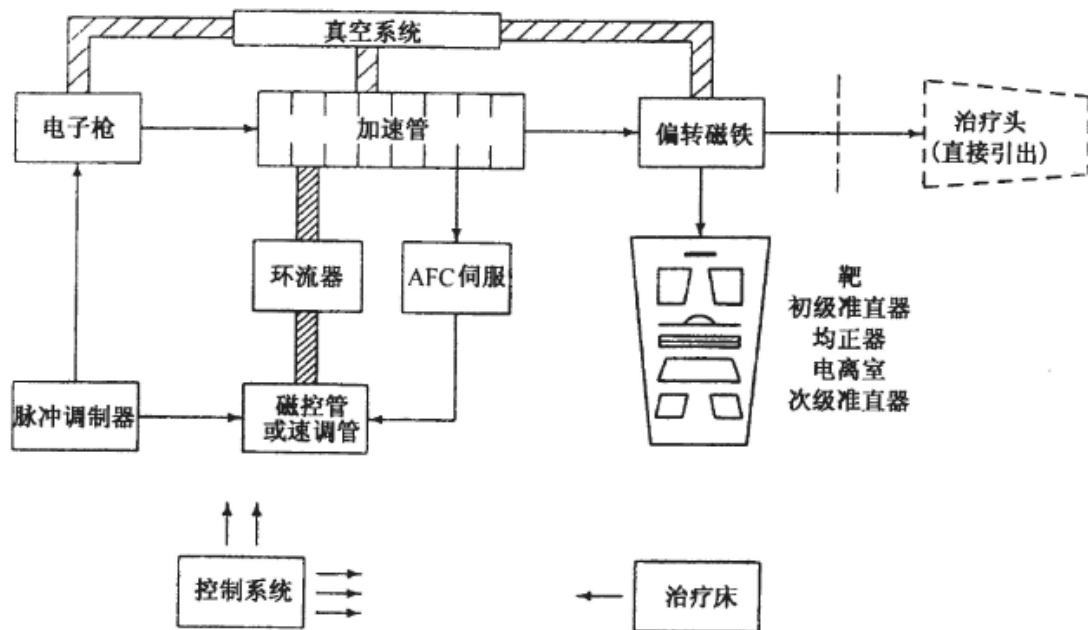


图 5-2 医用直线加速器结构框图

(3) 直线加速器操作流程

加速器治疗流程见下图 5-3。

- 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。
- 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。
- 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。
- 开机治疗。

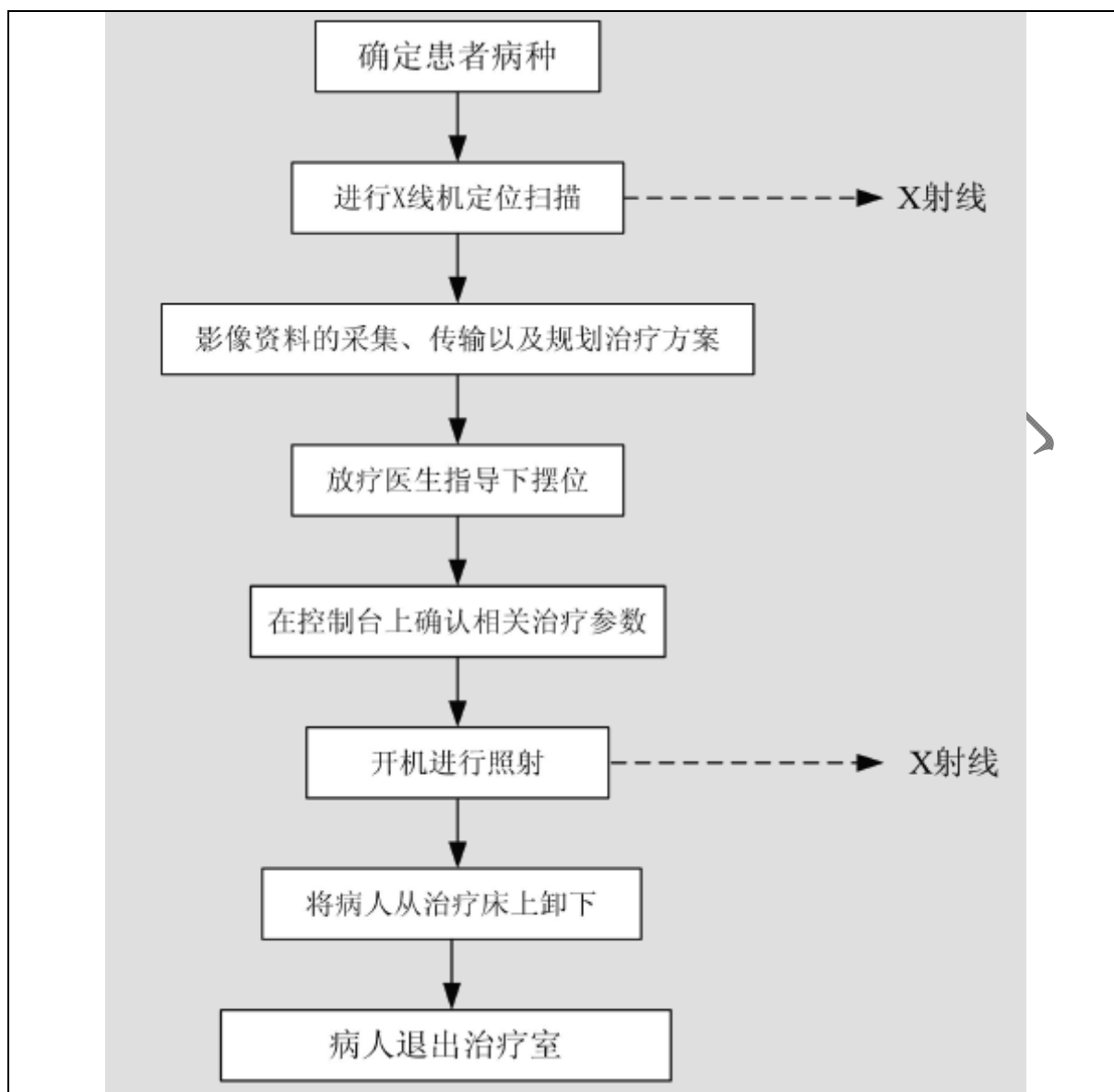


图 5-3 加速器治疗流程

(4) 直线加速器工作负荷

该项目加速器治疗室按院方提供资料：直线加速器周工作量为 200 野，每野平均以 2.0Gy 计，则该直线加速器周工作负荷为 400Gy/W。

(5) 直线加速器污染因子

该项目采用直线加速器的输出 X 射线的能量为 10MV。由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。这种 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。由于本项目直线加速器输出的 X 射线不超过 10MV，不考虑产生中子和感生放射性物质问题，因此，在开机期间对环境可能造成污染的因素，主要是 X 射线、电子线。

此外，X 射线有很强的穿透力，能使周围物质电离、激发，与空气作用产生臭氧和氮氧化合物。使周围环境受到辐射污染和臭氧、氮氧化合物的影响。

5.1.2 其他射线装置（包括 CT 及普通 X 光机等）

（1）工作原理

CT 及普通 X 光机工作原理和 DSA 一样，均为采用 X 射线进行摄影的技术设备。上述设备中产生 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。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。

1) CT

CT 是计算机断层 X 射线摄影术（Computed Tomography）的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

2) 普通 X 光机

普通 X 光机是利用 X 射线对人体不同组织穿透力不同的原理，寻找病灶部位、形状及体积大小并予以定位、摄影，它用 X 线胶片代替荧光屏，永久记录被检部位影像的一种设备，这种方法比透视能发现更多有诊断价值的信息。

（2）设备组成

虽然上述诊断用的 X 线机因诊断目的不同有很大的差别，但其基本结构都是由产生 X 线的 X 线管、供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置即外围设备组成。

（3）操作流程

1) CT

确定患者体层摄影的体位，扫描定位，投照摆位，屏气曝光。扫描过程中，X 线

球管连续地发射 X 线，扫描床持续同步前移，实现无间断容积数据采集。

2) 普通 X 光机

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位，有时需屏气，曝光。

(4) 污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

医院采用干片成像获取病人资料，无洗片废水，故各射线设备运行时无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

5.2 改造过的核素使用场所

根据一期项目环评和验收资料，医院原在门诊大楼二楼放免室使用 I-125 化验检测，其位置和周边见图 5-1，室内具体使用内容如下：

(1) 核素形态及贮存方式

I-125 液体，装于玻璃瓶内；置于泡沫塑料盒中；存放于门诊大楼二楼放免室内设的储源室冰箱中。

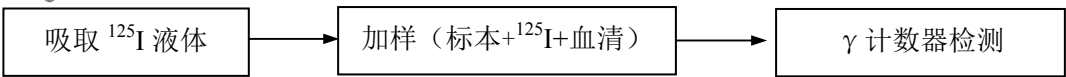
(2) 核素应用方式及场所

该核素的应用方式为抽样检测，在门诊大楼二楼放免室内设的化验室中进行操作。

(3) 用途

用于诊断甲状腺、肿瘤、性腺激素等疾病。

(4)、诊断工作过程



(5)、主要设备及材料

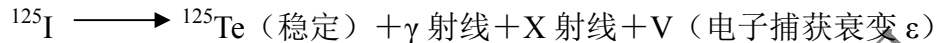
主要设备及材料见表 5.2-1。

表 5.2-1 主要设备及材料表

编号	设备及材料	数量	备注
1	¹²⁵ I 液体	300 瓶/年	

2	生理盐水		根据需要而用
3	离心机	2 台	
4	温育箱	3 台	
5	γ -计数器	1 台	
6	一次性试管	10 支/次	
7	一次性吸样器	2 支/次	

(6)、放射性核素衰变式



(7)、污染源分析

该放射性核素应用诊断，主要的污染为：1) 核素衰变产生的 γ 射线、X 射线；2) 附着有微量 ^{125}I 液体的一次性吸样器、一次性试管及废源玻璃瓶；3) 少量检测完毕试管中的放射性废液和未用完的废旧放射液。

核素 I-125 衰变的半衰期为 60 天，衰变所产生的 γ 射线、X 射线的最大能量分别为 0.035Mev、0.031Mev，所用 I-125 液体每瓶最大活度为 1.85×10^5 Bq，为低 V 类放射源。

I-125 每次用量 1.85×10^3 Bq (100 μL)，平均每次操作 10 分钟，年平均用量 5.55×10^7 Bq (300 瓶/年)。操作方式为简单操作，I-125 液体毒性分组为中毒组，按国家 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中的计算方式计算可得，日等效操作量为 1.85×10^4 Bq，年等效用量为 5.55×10^6 Bq。

该门诊大楼二楼放免室也改造成门诊办公室，见图 5-2。由于该应用 I-125 检测项目停用和场地改造已经过去 4 年，远超过 I-125 的十个半衰期，因此评价对此场所进行表面污染和 X- γ 剂量率监测，监测点位见图 5-2，监测结果见表 5-2。从监测结果可知，改造好的办公室内现 α 、 β 表面污染未检出，其 X- γ 剂量为 0.14~0.15 $\mu\text{Sv/h}$ ，为环境背景水平。

表 5.2-2 原核医学科环境辐射剂量率监测结果（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ）

点位	监测点位	监测结果	备注
1	办公室内地面	0.15	
2	办公室内地面	0.15	
3	办公室内地面	0.14	
	以上点位 α 、 β 表面污染未检出		

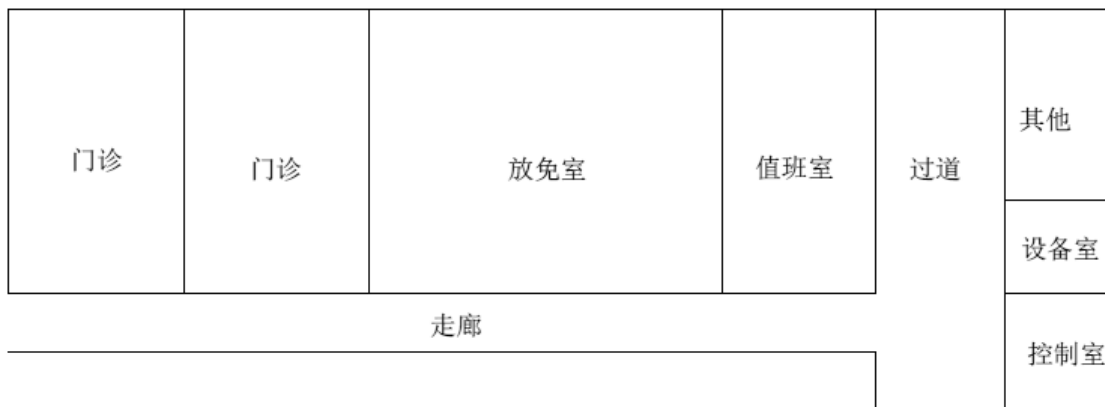


图 5-1 门诊楼二楼放免室及周边状况图

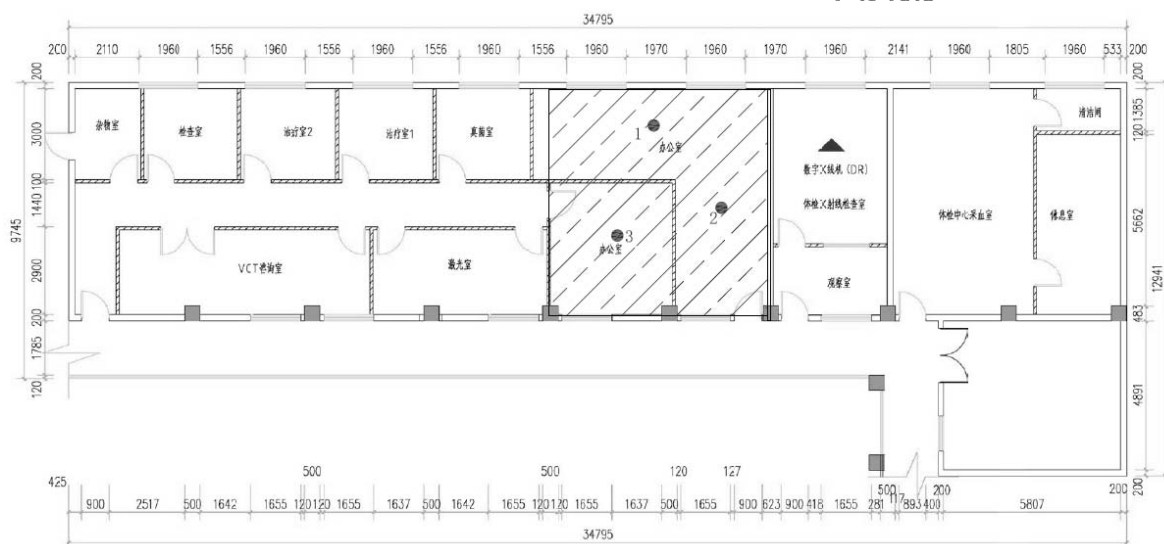


图 5-2 门诊楼二楼放免室改造后现状和监测点图

5.3 事故工况污染分析

(1) 门机联锁失效，X 射线诊断过程仍然在运行，人员误进入机房而受到误照射。

(2) 工作人员或病员陪伴进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出线后，滞留人员受到不必要的照射。

(3) 由于工作人员缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心，违反操作规程和有关规操作失误；管理不善、领导失察等，是人为造成辐射事故的最大原因。特别是对育龄妇女、孕妇、儿童等敏感人群照射前，没有按照规定告知、说明或者没有对敏

感器官进行必要的屏蔽防护，造成辐射事故。

（4）对不符合使用射线进行诊断的病人使用，正当化判断失误，造成人员受到不必要的照射。

（5）诊断设备年久或更换部件和维、检修后，未进行质量控制检测，机器性能指标发生变化，有可能在诊断过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

（6）工作人员业务技能差，经验不足，摆位不正、大视野，操作不熟练等，致使患者和医生受到超剂量照射。

海南环境科技经济发展公司

污染防治措施及监测计划

5.4 污染防治措施

5.4.1 直线加速器放射污染防治措施

(1) 机房屏蔽及通风

本项目直线加速器机房由原来的加速器机房改造而成,东面为医技楼与医院围墙之间空地;西面为医技楼一楼大厅,南面为后装机控制室,北面为直线加速器控制室,面积为 63m²,其屏蔽建设见图 5.4-1,具体规格见表 5.4-1。

表5.4-1 直线加速器机房屏蔽

屏蔽单元	屏蔽类型	原墙体	改造补充墙体	改建后相当于 混凝土厚度
机房东主墙	主墙(主束)	普通混凝土 2415mm	重混凝土(3.2t/m ³) 100mm	2551mm
机房东副墙	副墙(散漏束)	普通混凝土 1800mm	--	1800mm
机房西主墙	主墙(主束)	普通混凝土 2415mm	重混凝土(3.2t/m ³) 100mm	2551mm
机房西副墙	副墙(散漏束)	普通混凝土 1800mm	--	1800mm
机房南副墙	副墙(漏束)	普通混凝土 1500mm	--	1500mm
迷路内墙	副墙(漏束)	普通混凝土 1000mm	--	1000mm
迷路外墙(靠 机房门段)	副墙(漏束)	普通混凝土 1000-1200mm	--	1000-1200mm
迷路外墙(靠机 房内入口段)	副墙(漏束)	普通混凝土 1200mm	重混凝土(3.2t/m ³) 100mm	1336mm
机房顶主墙	主防护墙 (主束)	普通混凝土 2415mm	铅板25mm	2546mm
机房顶副墙	副墙(散漏束)	普通混凝土 1500mm	--	1500mm
防护门	防护门(散漏束)	16mmPb+180mmBPE	--	16mmPb+180mmBPE

由图 5.4-1 可见,加速器机房的治疗室面积为 63m²,大于 45m²,满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)中对于机房使用面积的要求。

机房送风管道直径 200mm,送风口尺寸为 300mm×300mm;排风管道直径 315mm,排风口直径为 315mm,根据琼职评(2014)第 04 号中的检测结果,该加速器机房送风口平均风速为 0.65m/s,排风口平均风速为 1.92m/s,机房的容积

(包括迷路)为 190m^3 , 实际通风换气次数为 2.8 次/h, 不符合 GBZ126-2011 中治疗室通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。

(2) 照射安全防护措施

1) 控制台显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式、楔形过滤器类型及规格等辐照参数预选值。辐照启动与控制台显示的辐照参数预选值联锁, 控制台选择各类辐照参数之前, 辐照不得启动。

2) 直线加速器机房设置多重连锁装置, 以保护人员和设备安全, 防止意外事故。门机连锁: 采用电动、手动一体化防护门, 与加速器启动电路应实行门机连锁方式, 即防护门未关闭之前, 加速器无法启动。系统连锁: 当控制台计算机故障、加速管真空故障等加速器会自动出现系统连锁, 不能发出射线。双剂量连锁: 按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126—2011) 的要求, 设置双剂量连锁以及其它连锁。

3) 两道剂量监测系统显示的剂量读数在辐照中断或终止后保持不变, 辐照中断或终止后把显示器复位到零, 下次辐照才能启动; 由于元件或电源失效造成辐照中断或终止, 失效时刻读数显示储存在一个系统内, 以可读取方式至少保留 20min 以上。两道剂量监测系统采用双重组合情况下, 当吸收剂量达到预选值时, 两道系统都终止辐照。

4) 两道剂量监测系统为初/次级组合情况下, 当吸收剂量达到预选值时, 初级剂量监测系统终止辐照, 次级监测系统在超过吸收剂量预选值不大于 15% 或不超过等效于正常治疗距离上 0.4Gy 的吸收剂量时终止辐照。

5) 控制台配置带有时间显示的辐照控制计时器, 并独立于其他任何控制辐照终止系统。当辐照中断或终止后, 必须保留计时器读数, 必须将计时器复零后, 才能启动下一次辐照。

6) 治疗室房门上设有电离辐射警示标志, 门上方设有工作指示灯。

7) 治疗室安装摄像设备视频监视器, 能完全观察到机房。工作人员在控制室内便可清晰地观察到患者的治疗情况, 如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况, 可及时采取紧急措施。治疗室与控制室设置对讲设备, 便于医务人员与患者之间进行交流。

8) 直线加速器治疗室共应设置多个急停机开关, 分别安装在加速器机架、治

疗床、控制台、治疗室、迷道上。紧急停机开关为红色按钮式开关，易于辨认，按下后不能自动复位。在紧急情况下，便于机房和控制室内的人员及时终止照射。

9) 设置钥匙开关（加速器自带控制台电源开关，钥匙开关机按钮），配备放疗剂量仪 1 台。

(3) 安全操作规范

1) 使用单位有合格的放射治疗医生、物理人员及操作人员；操作人员必须经过放射卫生防护和加速器专业知识的职业卫生培训，并经过考核合格后方可上岗。

2) 操作人员遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

3) 辐照期间，有两名操作人员值班，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。

4) 严禁操作人员擅自离开岗位，密切注视控制台仪表及患者状况，发现异常及时处理。

5) 辐照期间，除接受治疗的患者外，治疗室内不得有其他人员。

6) 防止各类事故，万一发生意外，立即停止辐照，及时将患者移出辐射野，并注意保护现场，便于正确估算患者受照剂量，作出合理评价。

7) 专用钥匙控制，只有通过专用钥匙才能使加速器出射线。钥匙由专人保管。

放疗技术员离开控制室进入机房时，拔出专用钥匙，随身携带，以防他人误操作而发出射线。

(4) 需要改造和补充措施

1) 改造加速器治疗机房的通风系统，保证通风次数大于 4 次/h。

2) 配备固定式剂量监测报警装置、剂量扫描装置和个人剂量报警仪。

5.4.2 其他 X 射线诊断装置放射污染防治措施

(1) 机房防护

项目各个机房辐射防护如表 5-2。

表 5-2 各个机房辐射防护

房间	防护项目	采用防护处理	备注
小 C 臂血管造影装置	墙体	彩钢板+3.0mmpb	手术室，新外科楼 3 楼 3 号间
	屋顶	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	地面	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	
术中 X 线三维成像系统 C 臂	墙体	彩钢板+3.0mmpb	外科楼手术室 4 楼 13 号间
	屋顶	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	地面	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	
DR	墙体	240mm 和 180mm 水泥砖墙+3.0mmpb 防护涂料	新外科楼 M 层
	屋顶	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	地面	200mm 混凝土+3.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	
数字胃肠机	墙体	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	医技楼四楼
	屋顶	250mm 混凝土	
	地面	250mm 混凝土	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	
数字化医用 X 线摄影系统	墙体	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	医技楼四楼
	屋顶	250mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	地面	250mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	
16 排 CT	墙体	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	医技楼四楼
	屋顶	250mm 混凝土	
	地面	250mm 混凝土	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	
全景 X 线机、X 线数字牙片机和口腔全景 X 线机	墙体	240mm 水泥砖墙+2.0mmpb 防护涂料	口腔科，新址二楼
	屋顶	120mm 混凝土+1.0mmpb 防护涂料	
	地面	200mm 混凝土+1.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 2mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 2mmpb	
DR	墙	240mm 水泥砖墙+3.0mmpb 防护涂料	体检中心，门诊二楼
	屋顶	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	地面	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3.5mmpb	

	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3.5mmpb	
DR 机	防护墙	2.0mmpb 铅板	体检车 (车里面)
	防护门	2.0mmpb 铅板	
	观察窗	2.0mmpb 铅玻璃	
骨密度仪	墙	240mm 水泥砖墙+2.0mmpb 防护涂料	核医学 室一楼
	屋顶	120mm 混凝土+1.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 2mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 2mmpb	
数字化医 用 X 线摄 影系统	墙	240mm 水泥砖墙+3mmpb 防护涂料和 3mmpb 铅板	海医广 场病区 (综合 内科 4 楼)
	屋顶	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	地面	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	
CT	墙体	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	新门急 诊楼负 一楼
	屋顶	250mm 混凝土	
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb	
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb	

(2) 警示装置

1) 警示标志

X 射线机表面和机房门上，设有电离辐射标志及电离辐射中文警示说明（例如“当心电离辐”、“射线有害健康，如无必要请勿随意接近”中文注释）。

2) 警示灯

在控制台和机房门上方皆安装了工作状态指示灯，当 X 射线机停止时，绿灯亮，当处于出束状态或准备工作时，红灯亮，警告人员不得入内。

(3) 观察窗

机房与控制室间设有铅玻璃窗，以便控制室的工作人员能观察到机房内的情况，当发现有人员如陪伴人员或其他人员误留在机房内时，可立即按动控制台上的紧急停机开关，切断电源，停止出束。

(4) 紧急停机开关

部分设备设置了紧急停机开关，当遇到意外情况时，可按动紧急停机开关，切断电源，停止出束，以保证人员的安全。

(5) 机房安装通风装置，定期换气，防止空气中臭氧等有害气体累积。

(6) 应增加防护措施

根据监测结果和《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ165-2012) 中

要求，医院应加强体检车内 X 射线机室四周的铅防护，使其周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.6 事故风险分析及应急措施

(1) 事故风险分析及对策

1) 门机联锁失效

门机联锁失效，X 射线诊断过程仍然在运行，人员误进入机房而受到误照射。

预防处理措施：按操作规程定期对各个联锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在门外警示灯失效的情况下违规操作。

2) 人员留在机房内未作防护

工作人员或病员陪伴进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出线后，滞留人员受到不必要的照射。

处理措施：撤离机房时清点人数，必须按程序对机房进行全视角搜寻，在开机之前将未作辐射防护的人员请出机房外。一旦运行时发现有人员滞留机房内，控制室工作人员应立急按下停机开关，机房内的人员也可按下拟设在墙壁上的紧急开关，可将辐射危险的严重程度降至最低限度。

3) 人误

由于工作人员缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；违反操作规程和有关规操作失误；管理不善、领导失察等，是人为造成辐射事故的最大原因。特别是对育龄妇女、孕妇、儿童等敏感人群照射前，没有按照规定告知、说明或者没有对敏感器官进行必要的屏蔽防护，造成辐射事故。

处理措施：辐射工作人员必须加强防护知识培训，提高防护技能，避免犯普通错误；加强职业道德修养，增强责任感；严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

4) 医疗照射不正当化

对不符合使用射线进行诊断的病人使用，正当化判断失误，造成人员受到不必要的照射。

处理措施：辐射工作人员必须认真考虑，只有确认该项检查、治疗对受检者的病情诊治和健康有好处时才进行射线诊断。

5) 未进行质量控制检测

诊断设备年久或更换部件和维、检修后，未进行质量控制检测，机器性能指标发生变化，有可能在诊断过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

处理措施：医院要做好设备稳定性检测和状态检测，使设备始终保持在最佳状态下工作。

6) 工作人员业务技能不高

工作人员业务技能差，经验不足，摆位不正、大视野，操作不熟练等，致使患者和医生受到超剂量照射。

处理措施：医院应定期组织辐射工作人员学习专业业务知识，不断提高业务水平。

7) 辐射工作人员、公众成员意识不强

辐射工作人员由于意识不强，在进入介入手术室或其他照射室后不注意自身的防护，在非必要的情况下长时间的停留在机房内，受到不必要的照射。

预防措施：加强培训和学习，提高工作人员的辐射防护意识；建立管理制度，规定无关人员不得进入机房；确实需要，应穿戴好防护服，进入机房后尽量远离X射线管，并快速完成工作，尽快离开，减少受照剂量。

(2) 事故应急措施

医院针对现有的辐射项目已经制定了《海南医学院附属医院辐射事故应急预案》(附件6)，设置了以副院长为组长的辐射安全领导小组，针对现在开展的辐射工作制定了相应的事故应急预案，有专门的应急事故处理电话，明确了领导小组职责。目前医院辐射工作开展情况良好，医院开展辐射诊疗工作至今未发生过辐射安全事故。医院应不断完善相关防护措施及应急预案，重点做好以下工作：

1) 事故应急处理领导小组负责放射事故应急第一时间、第一现场的有关工作，并将放射事故的严重程度做初步判断及时上报领导部门，通报相关科室；

2) 为避免或减少事故发生，平时就要做好应急演练与准备工作，落实岗位责任制和各项制度。坚持对射线作业人员安全、应急常识的教育工作。做好应急准备定期组织专业学习和训练，提高自救能力，坚持对从事放射工作人员的防护知识培训与剂量监护；

3) 发生事故后，应立即关闭射线机，切断电源，疏散周边科室人员及危险人群，封闭现场，初步估计事故后果，若有人员受到超剂量照射，应迅速安排受照

人员的医学检查和医学监护。并在 2 小时内向医院领导及有关行政主管部门上报。并配合有关部门进行调查，查找事故原因，做好相关防范措施；

4) 当进行事故的调查时，全科人员要积极配合，查清事故原因，不得以任何理由拒绝调查和提供伪证；

5) 事故调查工作结束后，根据调查结论，对负责人进行处理。组织全科人员召开事故教育大会，杜绝类似事故的再次发生。

事故应急的一般报告程序为：发现者报告给管理领导小组成员，由其向上级环保部门告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。

5.7 辐射安全与环境保护管理

5.7.1 管理机构

医院已经成立了放射防护领导小组（附件 7），其成员为：

组 长：郝新宝

副组长：吴国平、高炳玉、林书安、陈赛明、符传胜

成 员：施玉森、王顺、张大水、潘卫民、金桂云、李天发、郑立平、郑根建、孟志斌、徐宇杰、伍保忠、颜卫文、王如亮

该领导小组负责整个医院的放射防护与安全管理的工作，各个成员负责各自职责工作，应有高度的责任心，熟悉和掌握有关放射性的基本知识和辐射防护的一系列法规，并严格遵守执行。

5.7.2 分区管理

根据《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）中控制区和监督区的划分要求，评价建议对使用辐射设备进行分区管理。将辐射设备机房划为辐射安全管理控制区，严格限制无关人员进入。机房控制室设为监督区，只有工作人员许可外来人员方可进入。控制区出入口外侧设置明显的放射性警告标识和中文警示说明，以避免公众误入受到不必要的照射。在放射工作场所公共候诊区设置宣传图板和显示屏向就诊人员及陪护者宣传辐射安全知识。提示孕妇、准备怀孕的妇女和儿童就诊者及陪护人员慎重选择放射诊断治疗。

5.7.3 相关制度

为满足环境管理的要求，保障医院辐射环境的安全，医院制定了一系列的规章制度，具体制度有：《海南医学院附属医院医用电子直线加速器操作指南》、《海南医学院附属医院放疗患者放射防护制度》、《海南医学院附属医院放射工作人员健康检查制度》、《海南医学院附属医院放疗科放射防护管理制度》、《海南医学院附属医院放射科辐射安全操作规程》、《海南医学院附属医院放射科辐射防护制度》、《海南医学院附属医院放射科医学影像设备、场所定期检测制度》和《海南医学院附属医院放疗科放射治疗全面质量管理体系》等，见附件 8~15。

医院建立的各种制度考虑到了设备的操作使用和安全防护，但仍需要补充和完善工作人员健康管理规定、放射工作人员辐射安全培训计、放射工作人员进行个人剂量监测的有关规。

5.7.4 医院应补充的管理工作

医院在辐射防护管理方面还应补充以下几点：

(1) 医院应当加强对辐射设备安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发证机关，经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

(2) 医院应当编写辐射年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报原发证机关。年度评估报告应当包括辐射设备台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，尤其要注明辐射工作人员的年受照累积剂量。

(3) 完善各项管理制度执行和事故应急预案，为各辐射工作人员建立了个人健康档案和个人受照剂量档案，以保辐射工作人员的健康、安全。

(4) 医院配备的辐射工作人员应参加辐射安全与防护培训，且定期进行复训。

5.8 辐射监测

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

医院必须配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对辐射设备机房周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

- 1) 监测频度：每年常规监测一次；
- 2) 监测范围：机房四周环境（含楼上和楼下）；
- 3) 监测项目：周围剂量当量率；
- 4) 监测点位：机房四周墙体外 30cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、顶棚、操作台、楼上地面、楼下地面、机房外导管穿越处等。

医院取得环评批复后，应委托有资质的单位对机房外周围剂量当量率进行验收监测。发现问题及时整改。

海南环境科技经济发展公司

表 6 环境影响分析

建设或安装过程和运行（使用）后对环境影响的分析

6.1 辐射环境监测

项目所使用射线装置已经安装完毕，为了分析其辐射环境影响，评价委托海南省辐射环境监测站对其周边的辐射环境进行监测，监测报告见附件 16。

(1) 监测内容：X- γ 射线当量剂量率， β 表面沾污

(2) 监测日期：2015 年 6 月 25 日，26 日

(3) 监测仪器：X 射线当量剂量率/低能射线巡测仪； α ， β 计数率/ α ， β 表面污染仪

(4) 仪器型号/编号：AT1123/51475；CoMo170/3907

(5) 测量范围：50nSv/h~10Sv/h；0.05Sv/h~100Sv/h

(6) 能量范围：0.015 MeV~10MeV

(7) 最小脉冲时间(短时辐射)：30ms

(8) 监测方法依据：

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583—1993)；

《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)；

《表面污染测定 第一部分： β 发射体 ($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T14056.1-2008)。

(9) 监测布点和结果

医技楼一楼直线加速器机房周边监测点位见图 6.1-1，相应监测结果见表 6.1-1；其他 III 类射线装置机房周边监测布点见图 6.1-2~6.1-10，相应监测结果见表 6.1-2。

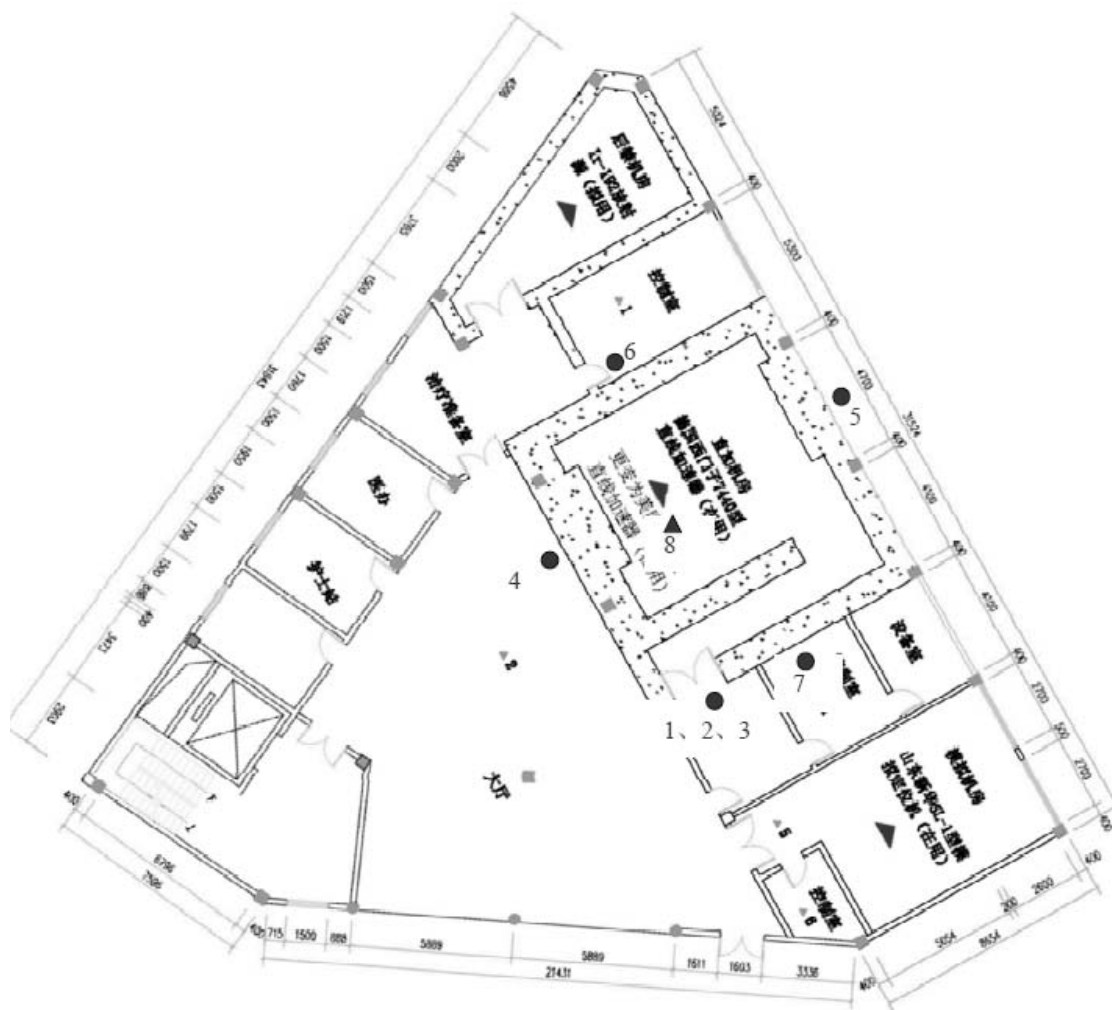


图 6.1-1 医技楼一楼直线加速器周边监测点位图

图 6.1-1 医技楼一楼直线加速器周边监测结果

医用电子直线加速器/VARIAN CX (能量: 10MeV)			
点位编号	监测点描述	监测结果	备注
1	防护门左侧	0.12	
2	防护门中间	0.12	
3	防护门右侧	0.12	
4	西侧墙	0.12	向西侧出束
5	东侧墙	0.13	向东侧出束
6	北侧墙	0.12	向北侧出束
7	操作位	0.14	向南侧出束
8	机房正上方楼层地面	0.12	朝顶上出束
各点中子未检出			

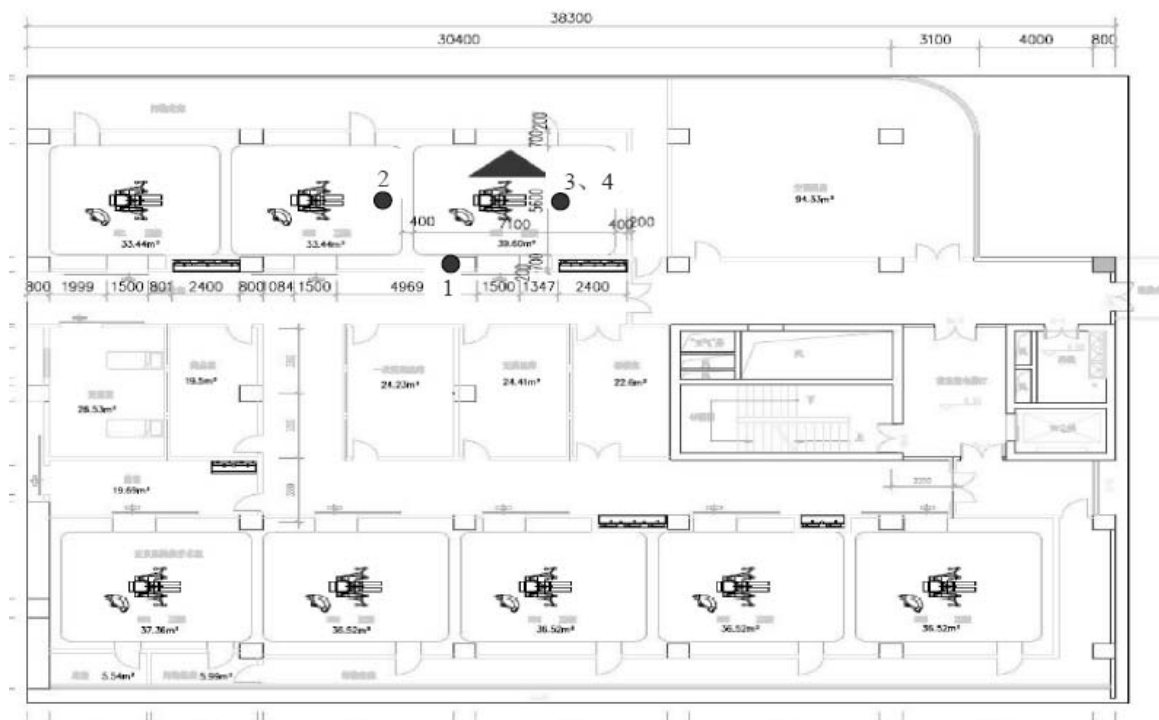


图 6.1-2 新外科楼 3 楼 3 号间监测点位图

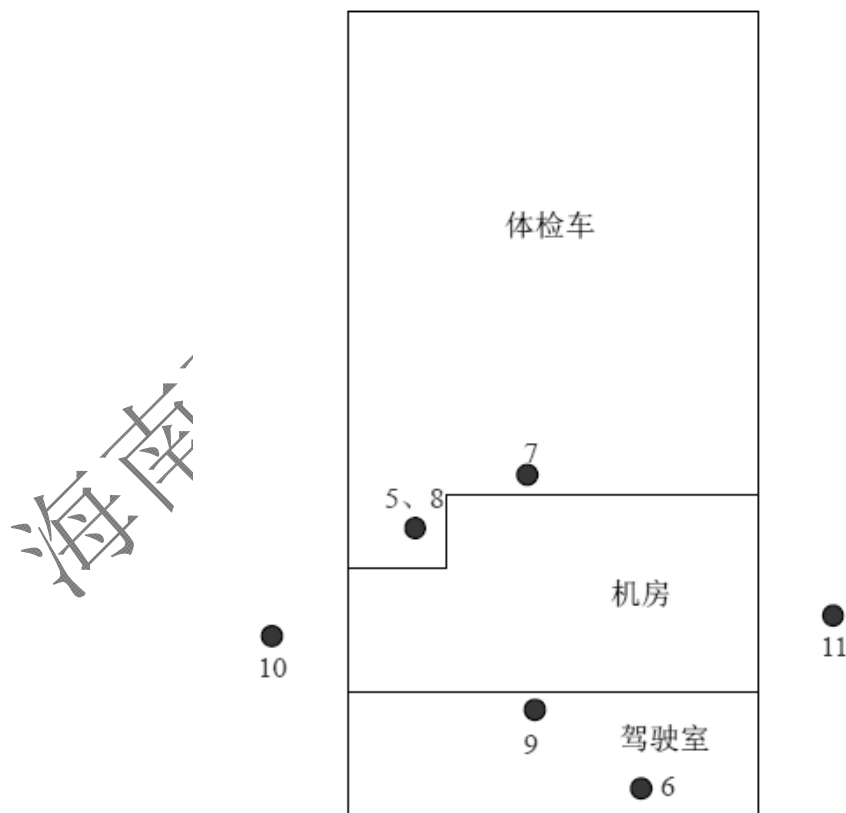


图 6.1-3 体检车监测点位图

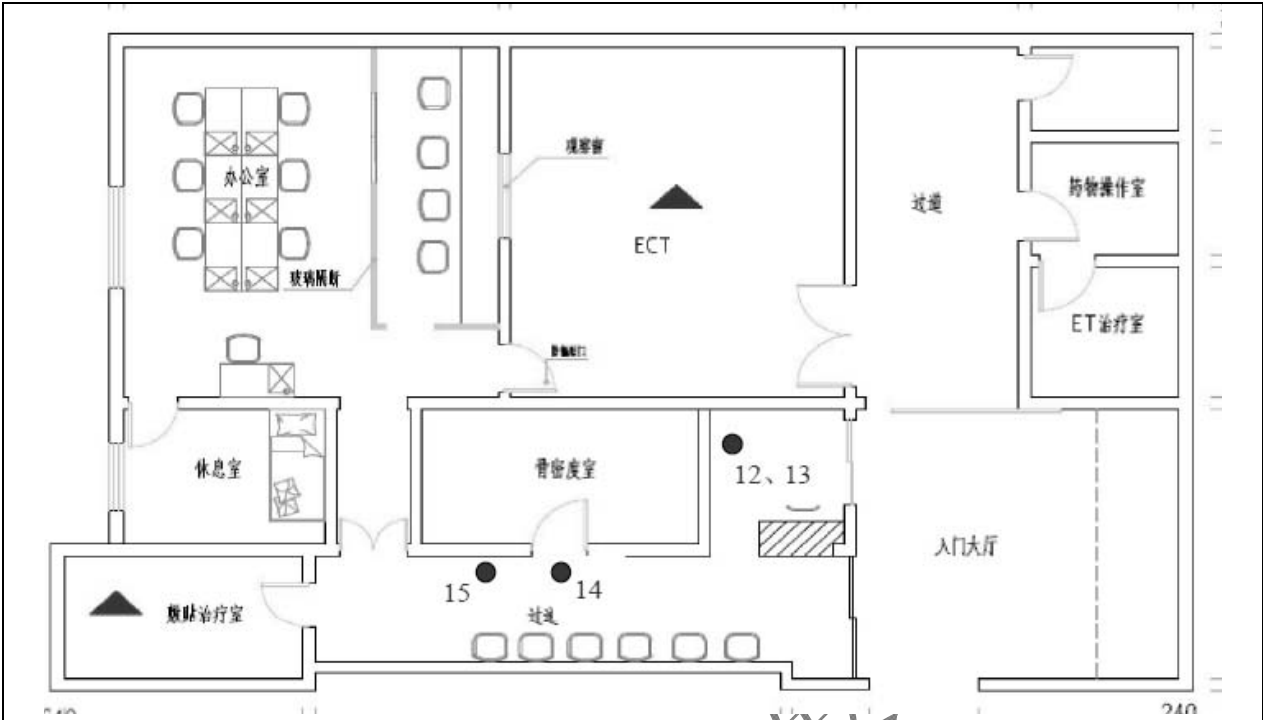


图 6.1-4 骨密度仪监测点位图（核医学一楼）

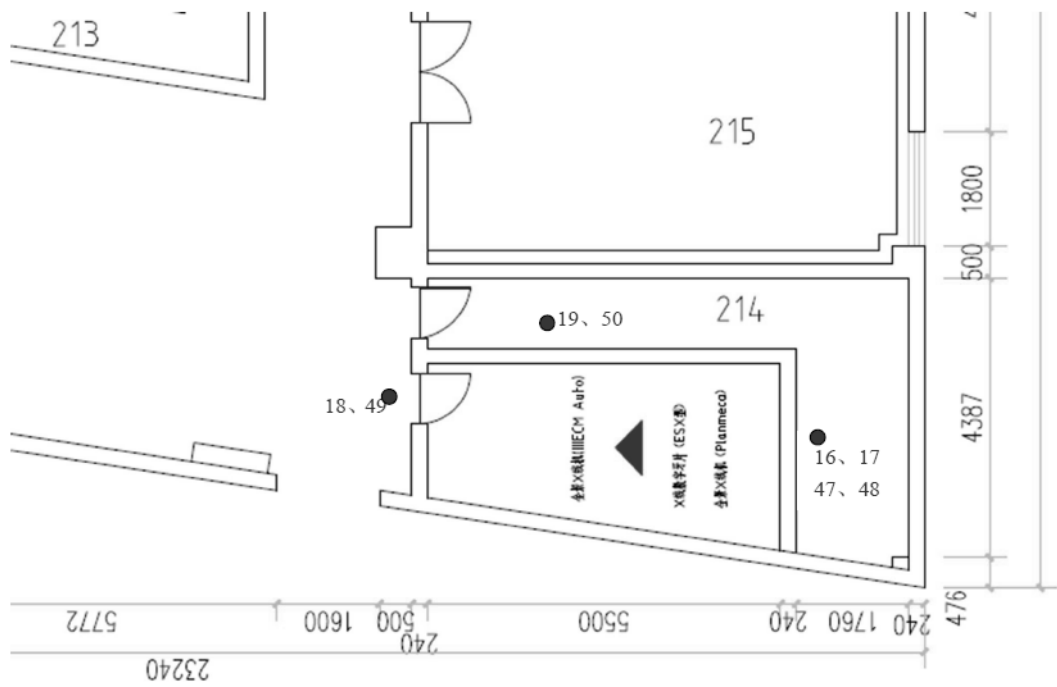


图 6.1-5 口腔科二楼监测点位图

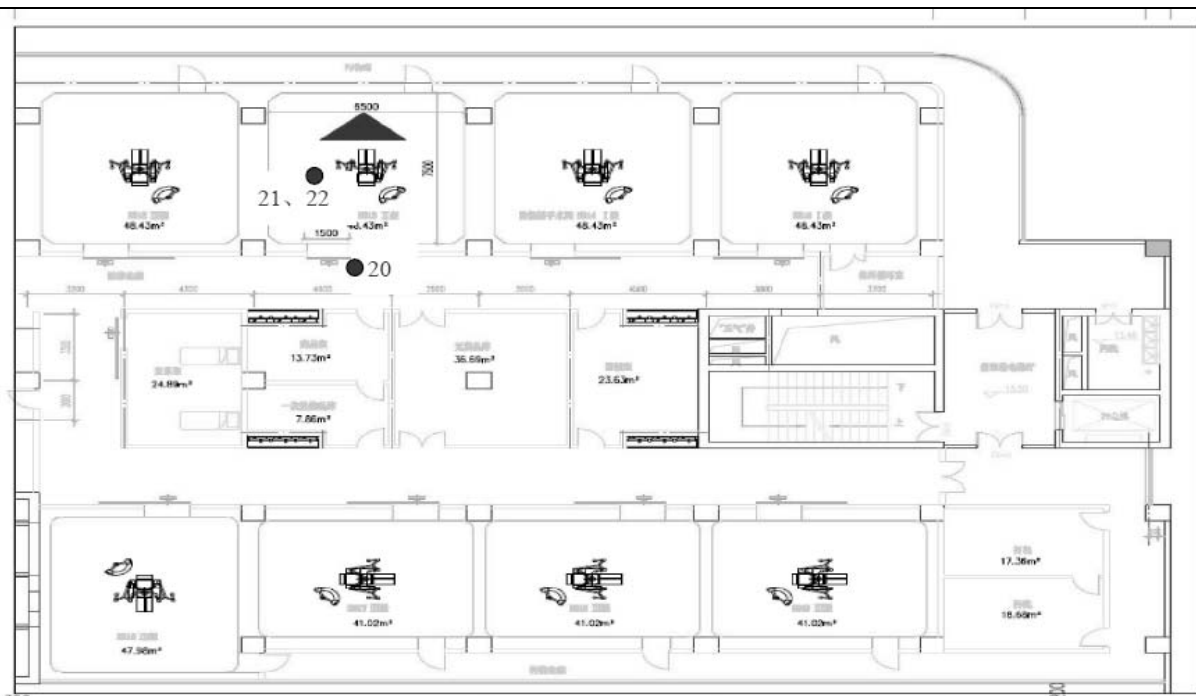


图 6.1-6 外科楼楼四楼监测点位图

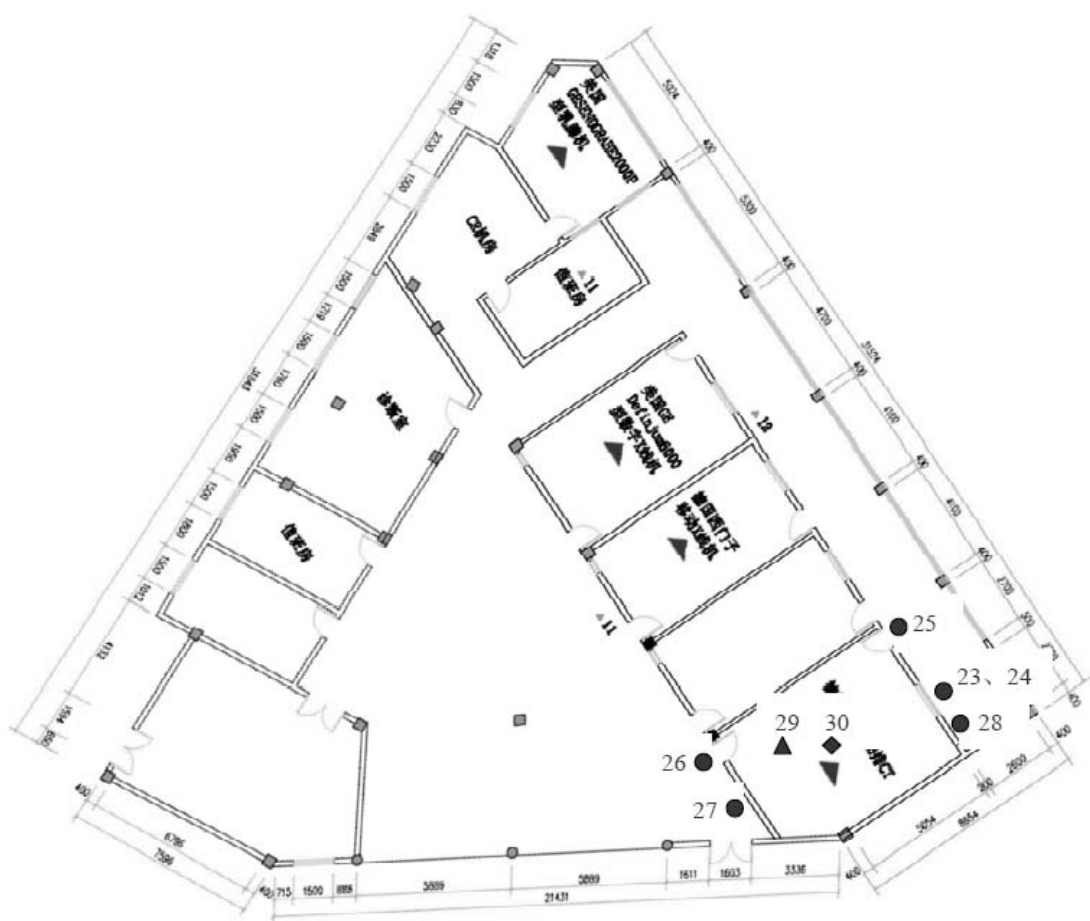


图 6.1-7 医技楼四楼监测点位图

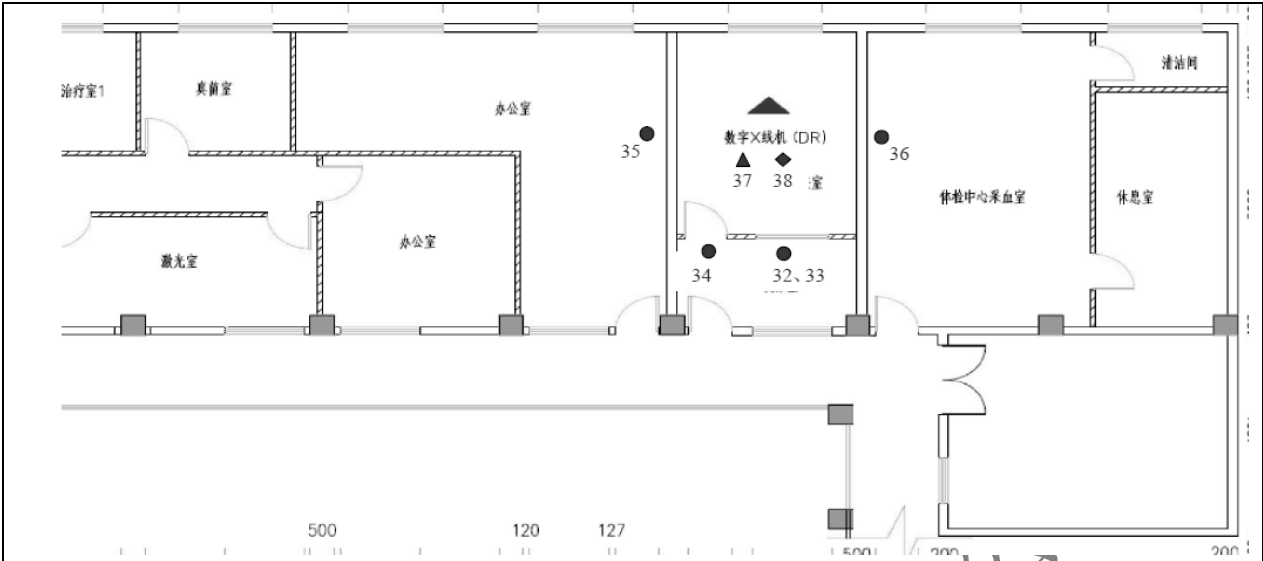


图 6.1-8 门诊楼二楼体检中心监测点位图

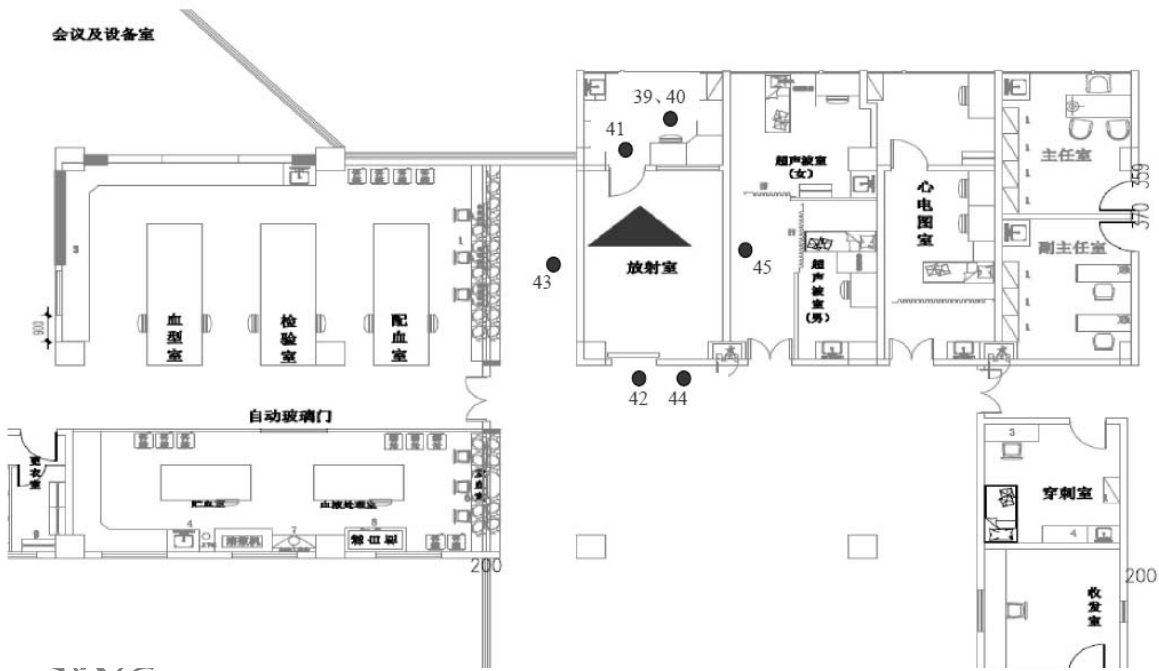


图 6.1-9 新外科楼五楼监测点位图（拟搬迁到 M 层）

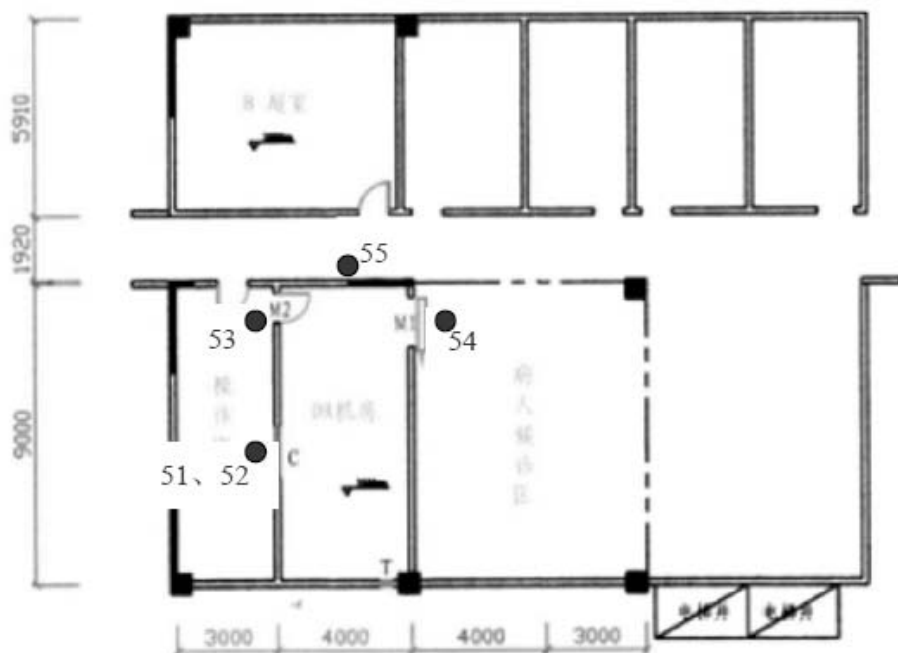


图 6.1-10 海医广场病区监测点位图

图 6.1-2 医技楼一楼设备监测布点图

点位编号	监测点描述	监测结果	备注
C 臂血管造影装置/OEC9600 (工作电压 78kV, 工作电流 0.7mA)			
1	手术室门外	0.19	
2	2 号手术室	0.08	
3	铅衣内	0.07	
4	无铅衣	192	
DR 机/Millennium saturn 9000 系统(工作电压 120kV, 工作电流 50mAs)			
5	操作位	1.58	
6	驾驶室	2.38	
7	操作室一侧防护门	0.76	
8	观察窗	0.74	
9	驾驶室一侧防护门	3.20	
10	车体左侧	1.28	
11	车体右侧	0.32	
骨密度仪/Explorer (工作电压 100kV, 工作电流 5mA)			
12	操作位	0.13	
13	观察窗	0.13	
14	防护门	0.12	
15	距北侧墙 30cm 处	0.13	

X 线数字牙片机/ESX 型（工作电压 90kV，工作电流 10mA）			
16	操作位	0.09	
17	观察窗	0.09	
18	防护门	0.11	
19	北侧墙	0.09	
术中 X 线三维成像系统 C 臂/ARCADIS Orbic 3D（工作电压 110kV，工作电流 5mA）			
20	防护门	0.08	
21	无铅衣	0.09	
22	观察窗左侧窗缝	0.09	
16 排 CT/Somatom emoting（工作电压 130kV，工作电流 25mA）			
23	操作位	0.13	
24	观察窗	0.14	
25	医护门	0.14	
26	患者门	0.42	
27	西侧墙	0.13	
28	东侧墙	0.12	
29	楼上机房	0.12	
30	楼下	0.13	
移动 X 线机/Polymobil PLUS（工作电压 73kV，工作电流 50mA）			
31	操作位	0.15	与主机距离 3m，隔墙操作
DR/Digieye560（工作电压 58kV，工作电流 5mA）			
32	操作位	0.13	
33	观察窗	0.45	
34	医护门	0.59	
35	西侧墙	0.15	
36	东侧墙	0.12	
37	楼上	0.16	
38	楼下	0.13	
DR/AXIOM Aristos VXPLUS（工作电压 56kV，工作电流 5mA）			
39	操作位	0.07	
40	观察窗	0.07	
41	医护门	0.07	
42	患者门	0.08	
43	南侧墙	0.08	
44	北侧墙	0.08	
45	东侧墙	0.07	
移动 X 线机/Polymobil PLUS（工作电压 120kV，工作电流 10mA）			
46	操作位	0.12	与主机距离 3m，隔墙操作
全景 X 线机/ Planmeca（工作电压 90kV，工作电流 10mA）			

47	操作位	0.09	与 X 线数字牙片机在同一房间
48	观察窗	0.09	
49	防护门	0.11	
50	北侧墙	0.09	

数字化医用 X 线摄影系统/Digita Diagnost 3（工作电压 81kV，工作电流 500mA）

51	操作位	0.08	
52	观察窗	0.09	
53	医护门	0.08	
54	患者门	0.09	
55	西侧走廊	0.09	

注：监测报告结果已经转化为剂量当量率。

6.2 电子直线加速器运行环境影响分析

（1）受照剂量

由表 6.1-1 的监测结果可知，直线加速器运行对周边的最大照射剂量当量为控制间的放射工作人员，即 $0.14\mu\text{Sv/h}$ ，按照每年设计最大 500h 计，工作人员受到的照射剂量当量为 0.07mSv/a ，低于工作人员 5mSv/a 的剂量控制限值；对机房周围公众按其他位置监测最大值 $0.13\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子 1/4 计，公众人员受到的照射剂量当量为 0.016mSv/a ，低于 0.25mSv/a 的公众剂量控制限值。

（2）中子透射

NCRP No.51 报告给出的钨靶发生光核反应(γ -n)的阈值为 8.0MeV 。本项目使用直线加速器产生的 X 线最大能量为 10MeV ，其运行时可能会产生一定量的中子。但机房建筑主体结构为混凝土，混凝土有较高的氢含量，对中子的吸收截面较大。经验表明，如果屏蔽层足以屏蔽初级 X 射线和泄漏 X 射线，则无需考虑光中子和中子俘获 γ 射线的附加屏蔽问题。且对机房周边的监测结果（表 6.1-1）表面，机房周边均未检出中子。

（3）有害气体分析

X 射线与空气作用，产生少量的臭氧、氮氧化物和感生放射性废气。直加机房送风管道直径 200mm ，送风口尺寸为 $300\text{mm}\times 300\text{mm}$ ；排风管道直径 315mm ，排风口直径为 315mm ，根据琼职评（2014）第 04 号中的检测结果，该加速器机房送风口平均风速为 0.65m/s ，排风口平均风速为 1.92m/s ，机房的容积（包括迷路）为 190m^3 ，实际通风换气次数为 2.8 次/h，不符合 GBZ126-2011 中治疗室通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。因此，医院应该对直线加速器机房的通风系统进行改造，保证通风量最小达到 $760\text{m}^3/\text{h}$ 。

6.3 使用 CT、DR 等 III 类射线装置的环境影响分析

本项目配置使用 CT、DR 等 16 台 III 类 X 射线设备，其中 2 台为移动设备，14 台放置于机房内使用，其机房防护情况详见表 6.3-1，对应大小详见 6.3-2。

表 6.3-1 III 类射线装置机房辐射屏蔽工程

房间	防护项目	采用防护处理	要求屏蔽厚度	备注
小 C 臂血管造影装置	墙体	彩钢板+3.0mmpb	符合 3pbmm	手术室，新外科楼 3 楼 3 号间
	屋顶	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	地面	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb		
术中 X 线三维成像系统 C 臂	墙体	彩钢板+3.0mmpb	符合 2pbmm	外科楼手术室 4 楼 13 号间
	屋顶	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	地面	150mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb		
DR	墙体	240mm 和 180mm 水泥砖墙+3.0mmpb 防护涂料	符合 3pbmm	新外科楼 M 层
	屋顶	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	地面	200mm 混凝土+3.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb		
数字胃肠机	墙体	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	符合 2pbmm	医技楼四楼
	屋顶	250mm 混凝土		
	地面	250mm 混凝土		
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb		
数字化医用 X 线摄影系统	墙体	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	符合 3pbmm	医技楼四楼
	屋顶	250mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	地面	250mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb		
16 排 CT	墙体	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	符合屋顶和地面 200mm 混凝土，其他 2.5pbmm	医技楼四楼
	屋顶	250mm 混凝土		
	地面	250mm 混凝土		
	防护门	包不锈钢门套，厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃，包不锈钢窗套，厚 3mmpb		
全景 X 线机、X 线数字牙片机和	墙体	240mm 水泥砖墙+2.0mmpb 防护涂料	符合 2pbmm	口腔科，新址二楼
	屋顶	120mm 混凝土+1.0mmpb 防护涂料		
	地面	200mm 混凝土+1.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套，厚 2mmpb		

口腔全景 X 线机	观察窗	铅玻璃, 包不锈钢窗套, 厚 2mmpb		
DR	墙	240mm 水泥砖墙+3.0mmpb 防护涂料	符合 2pbmm	体检中心, 门诊二楼
	屋顶	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	地面	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套, 厚 3.5mmpb		
	观察窗	铅玻璃, 包不锈钢窗套, 厚 3.5mmpb		
DR 机	防护墙	2.0mmpb 铅板	--	体检车 (车里面)
	防护门	2.0mmpb 铅板		
	观察窗	2.0mmpb 铅玻璃		
骨密度仪	墙	240mm 水泥砖墙+2.0mmpb 防护涂料	符合 1pbmm	核医学室一楼
	屋顶	120mm 混凝土+1.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套, 厚 2mmpb		
	观察窗	铅玻璃, 包不锈钢窗套, 厚 2mmpb		
数字化医用 X 线摄影系统	墙	240mm 水泥砖墙+3mmpb 防护涂料和 3mmpb 铅板	符合 3pbmm	海医广场病区 (综合内科 4 楼)
	屋顶	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	地面	200mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套, 厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃, 包不锈钢窗套, 厚 3mmpb		
CT	墙	180mm 混凝土墙+2.0mmpb 防护涂料	符合屋顶和地面 200mm 混凝土, 其他 2.5pbmm	
	屋顶	250mm 混凝土+2.0mmpb 防护涂料		
	防护门	包不锈钢门套, 厚 3mmpb		
	观察窗	铅玻璃, 包不锈钢窗套, 厚 3mmpb		

表 6.3-2 III类射线装置机房大小

机房名称	数量	机房尺寸 (m)	面积 (m ²)	标准要求单边长 (m)	标准要求面积 (m ²)	
小 C 臂血管造影装置	1	7.1×5.6	40	3.5	20	手术室, 新外科楼 3 楼 3 号间
术中 X 线三维成像系统 C 臂	1	7.4×5.4	40	3.5	20	外科楼手术室 4 楼 13 号间
DR	1	6.5×3.9	25	3.5	20	新外科楼 M 层
数字胃肠机	1	7.3×4.1	30	3.5	20	放射科 医技楼四楼
数字化医用 X 线摄影系统	1	7.3×4.1	30	3.5	20	放射科 医技楼四楼
16 排 CT	1	7.3×5.9	40	4.5	30	放射科 医技楼四楼
全景 X 线机	1	4.5×3.4	15	2	5	口腔科, 新址二楼
X 线数字牙片机	1					

口腔全景 X 线机	1					
DR	1	5.0×3.1	15	3.5	20	体检中心，门诊二楼
骨密度仪	1	4.8×3.1	15	2	5	核医学室一楼
数字化医用 X 线摄影系统	1	9.0×4.0	36	3.5	20	海医广场病区（综合内科 4 楼）
CT	1			4.5	30	新门急诊楼负一楼

从表 6.3-1 和表 6.3-2 中可知：

（1）口腔科的全景 X 线机、X 线数字牙片机和口腔全景 X 线机共用一个机房，不符合 GBZ130 中第 5.2 款，每台 X 射线机（不含移动式和便携式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求的要求。因此，医院应该为此三台设备设置单独的机房。

（2）门诊楼二楼体检中心 DR 机房，机房面积及机房单边长度不满足《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ130-2013）的要求，需要进行整改。

（3）医院的其他的 III 类射线装置机房防护可以满足国家标准《医用 X 射线诊断卫生防护标准》（GBZ130-2013）、《X 射线计算机断层摄影放射卫生防护标准》（GBZ165-2012）和《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）的要求。

另外，从表 6.1-2 中的监测结果可知，体检车 DR 机周边的最大剂量当量为 $3.2\mu\text{Sv/h}$ ，大于《医用 X 射线诊断卫生防护标准》（GBZ130-2013）等标准规定 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量当量，应立即对其防护进行改造，保证其水平低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量当量后才是符合标准的。医院的其他受监测机房，均能符合《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ130-2013）中机房外周围剂量当量控制要求。

监测中外科楼五层的 DR 机将由该五层机房搬到 M 层，原五层机房大小为 $5.3\times 3.8\text{m}$ ，新的 M 层机房大小为 $6.5\times 3.9\text{m}$ ，比原机房大，且防护设计一样，因此，类比五层机房的监测结果，该 DR 机搬迁到 M 层后的防护也能符合相应的剂量控制要求。

医技楼四层数字胃肠机由于机器维修未能监测，该机的防护屏蔽符合 GBZ130-2013 中要求，与该设备同楼四层的 CT 防护设计一样，因此类比 CT 机的监测结果，该胃肠机机的防护也能符合相应的剂量控制要求。

6.4.3 诊断用 X 射线装置异常事件分析与防范建议

6.4.3.1 射线装置事件（故）分析

设备安装调式及检修时人员误照射，严重时发生辐照事故。医用 X 射线装置发生放射事故的机率极小，但可能发生以下事件：在 CT 机和 DR 机工作状态下，人员进入机房产生误照射；X 射线装置工作状态下，没有完全关闭防护门，对附近停留或经过人员产生误照射。当 X 射线装置出束时防护门未关闭或突然被打开，防护门附近人员将受到一定量的散射和漏射 X 射线照射。由于设备出束持续时间短（数十毫秒至数秒），散射线和漏射线能量有限，加之 X 射线能量的距离衰减作用，此种偶发情况下人员受照剂量很小。

6.4.3.2 射线装置事件（故）防范建议

对于射线装置可能发生的意外照射事件（故），关键在于预防，建议采取以下措施防范：a.机房防护门处设置电离辐射警示标志、中文警告说明和工作状态信号灯；b.规范医院诊疗工作秩序，严格执行《放射诊断操作规程》和《放射检查安全管理制度》；c.放射防护管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正；d.完善《放射事故应急处理预案》。应急预案须明确应急处理领导小组及职责、处理原则和处理程序等。

6.5 项目环保验收内容

建议本项目的环保验收内容列于表 6.5-1 中。

表 6.5-1 项目环境保护竣工验收内容

验收内容	验收要求
剂量当量管理约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》要求和环评报告建议，公众、职业照射剂量约束值执行 0.25mSv/a 和 5mSv/a。
工作场所周围环境剂量率控制水平	诊断用射线装置工作场所周围剂量率不超过 2.5μSv/h。
电离（磁）辐射警告标志及中文警示	在射线装置机房门口、病人候诊室外设置放射性警告标识和中文警示说明。
布局和屏蔽设计	射线装置布局与环评报告表描述内容一致。屏蔽墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。机房通风换气设施运转正常，通风能力满足设计要求。
辐射安全设施	墙体、门窗防护设置，机房门机联锁系统、紧急停束按钮安装符合要求，满足使用功能。

辐射环境监测	有监测制度、监督检查制度、监测记录。放射工作人员均配备个人剂量计。
规章制度	辐射安全管理制度和操作规程满足管理要求，且得到落实和宣贯。
人员培训	放射工作人员均参加环保部门认可的培训。
应急预案	针对使用射线装置可能存在的风险，建立有针对性的应急预案。落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。

海南环境科技经济发展公司

表 7 结 论

海南医学院附属医院位于海口市龙华路 31 号，北面紧邻龙华路，东面紧靠义龙横路，西、南面毗连龙昆上村和龙昆下村。医院位于 2009 年 5 月 25 日完成一期核技术应用项目环境保护竣工验收，其中包括使用 Sr-90、Sm-153、Tc-99m、Tl-201、P-32、I-125、I-131 等 7 种放射性同位素、1 枚密封源（Ir-192）和直线加速器、DSA、CT、DR 等 17 台射线装置（II 类射线装置 2 台，III 类射线装置 15 台）。但随着医院的发展，现今医院实际使用 Sr-90、Tc-99m、P-32、I-125、I-131 等 5 种同位素，1 枚密封源（Ir-192）和 DSA、CT、DR 等 8 台射线装置（II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 7 台）；2 种同位素和 7 台射线装置（II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 6 台）不再使用，2 台射线装置（均为 III 类射线装置）更换使用场所，同时也购置一些新设备。

为了进一步完善环保手续，医院委托我司开展医用核技术应用二期项目环境影响评价工作。二期项目包括使用直线加速器、CT、DR 等射线装置 17 台，其中 II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 16 台。C 臂血管造影装置和口腔全景 X 线机等 2 台射线装置为一期设备，更换了使用机房；数字胃肠机、数字化医用 X 线摄影系统和 CT 等 3 台设备为拟新购置设备；其他 12 台设备为一期后新购置并投入使用设备。拟新购置的数字胃肠机和数字化医用 X 线摄影系统机房均为为原来的 X 线机机房；一期后新购置并投入使用的 16 排 CT 和直线加速器机房分别为原来的数字 X 线机机房和直线加速器机房改造而成。项目总投资为 17450 万元。

一、环评结论

1、实践的正当性。

海南医学院附属医院以为人民健康服务为宗旨，二期核技术应用项目根据临床诊断、治疗和医疗保健工作需要，计划配置使用包括直线加速器、CT、DR 等共计 17 台射线装置，其中，II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 16 台。项目所开展的核技术应用是为了更好地满足医学诊疗和治疗工作需要，具有良好的社会效益和经济效益，其获得的利益远大于辐射效应可能造成的损害，符合辐射实践正当性原则的要求。

2、辐射环境影响分析。

(1) 直线加速器

由监测结果可知，加速器运行对周边的最大照射剂量当量为控制间的放射工作人员，即 $0.14\mu\text{Sv/h}$ ，按照每年设计最大 500h 计，工作人员受到的照射剂量当量为 0.07mSv/a ，低于工作人员 5mSv/a 的剂量控制限值；对机房周围公众按其他位置监测最大值 $0.13\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子 $1/4$ 计，公众人员受到的照射剂量当量为 0.016mSv/a ，低于 0.25mSv/a 的公众剂量控制限值。

机房的通风未能达到 4 次/h 的要求，应对通风系统进行改造。

(2) 其他 III 类 X 射线设备

1) 口腔科的全景 X 线机、X 线数字牙片机和口腔全景 X 线机共用一个机房，不符合 GBZ130 中第 5.2 款，每台 X 射线机（不含移动式和便携式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求的要求。因此，医院应该为此三台设备设置单独的机房。

2) 门诊楼二楼体检中心 DR 机房，机房面积及机房单边长度不满足《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ130-2013）的要求。

3) 医院的其他的 III 类射线装置机房防护可以满足国家标准《医用 X 射线诊断卫生防护标准》（GBZ130-2013）、《X 射线计算机断层摄影放射卫生防护标准》（GBZ165-2012）和《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）的要求。

另外，从表 6.1-2 中的监测结果可知，体检车 DR 机周边的最大剂量当量为 $3.2\mu\text{Sv/h}$ ，大于《医用 X 射线诊断卫生防护标准》（GBZ130-2013）等标准规定 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量当量，应立即对其防护进行改造，保证其水平低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量当量后才是符合标准的。医院的其他机房，均能符合《医用 X 射线诊断放射防护标准》（GBZ130-2013）中机房外周围剂量当量控制要求。

3、污染防治措施。

拟采取的污染防治措施主要有：

(1) 放射工作场所采取防电离辐射工程屏蔽措施。

(2) 放射工作场所实行分区管理，射线装置机房和放射性物质操作场所设为控制区，在出入口张贴电离辐射警告标志、中文警示说明、工作状态指示灯或门禁

系统，严格限制非工作人员和非受检人员进入。

(3) 配备有满足需要的辐射屏蔽器材、辐射防护用品和辐射检测设备。

4、建立辐射安全管理制度和安全操作规程。

项目单位设有辐射事故应急领导小组，负责全院辐射安全管理和监督工作，建立的各种制度考虑到了设备的操作使用和安全防护，但仍需要补充和完善工作人员健康管理规定、放射工作人员辐射安全培训计、辐射工作人员进行个人剂量监测的有关规。

综上所述，海南医学院附属医院根据临床诊疗工作需要使用配置使用直线加速器、CT、DR 等 17 台射线装置，其中，II 类射线装置 1 台，III 类射线装置 16 台。开展放射诊断和治疗应用，符合辐射实践正当性原则的要求。该项目相应的辐射安全制度和辐射防护措施基本可行。只要按照环评报告落实各项辐射安全防护措施，其运行对工作人员、公众和环境产生的辐射影响符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目建设是可行的。

二、项目单位承诺

(1) 遵守有关放射性污染防治和放射诊疗的法律、法规 and 规定，执行管理制度，落实管理责任。

(2) 采购符合国家和行业技术标准的设备及防护用品。

(3) 配备满足工作需要的，具有相应放射诊疗资质的医技工作人员。

(4) 放射工作人员参加辐射安全知识培训，考核合格后方可上岗。定期组织在岗人员参加辐射安全知识继续教育。

表 8 审批

主管单位环保机构预审意见:	
经办人签字	单位盖章
年 月 日	年 月 日
县（区）环保部门意见	市（地区工）环保部门意见
单位盖章	单位盖章
年 月 日	年 月 日
省级环保部门审批意见:	
经办人签字	单位盖章
年 月 日	年 月 日