



编 号	RMTC-GF14-HP
	571037-P2

核技术应用项目环境影响报告表

(报批稿)

项目名称: 杭州市之江医院(暂定名)医用放射源
和射线装置建设项目

建设单位: 杭州市之江国家旅游度假区基础设施
建设开发中心

编制单位: 浙江国辐环保科技中心

编制日期: 2014 年 11 月

目 录

表 1 项目概况.....	1
表 2 总论.....	3
表 3 辐射装置.....	11
表 4 废弃物（放射性废弃物）	12
表 5 污染源分析.....	13
表 6 辐射环境影响评价	22
表 7 污染防治措施、辐射环境管理和监测计划	44
表 8 公告.....	49
表 9 结论和建议.....	50

附图

附图 1 本项目地理位置示意图

附图 2 项目周边环境及监测点位示意图

附图 3 医院总平面布置图

表 1 项目概况

单位名称		杭州市之江国家旅游度假区基础设施建设开发中心		通讯地址	杭州市之江路 118 号	
法人代表		俞三东	电话	86652396	邮编	310005
联系人		郑先生		联系电话	86652896	
项目名称		杭州市之江医院（暂定名）医用放射源和射线装置建设项目		项目地点	杭州市之江医院（暂定名）门诊医技楼	
项目用途		疾病诊断、治疗		项目依据	杭发改社会〔2013〕517 号	
总投资		127667 万元				
核技术项目投资（万元）		10000		核技术项目环保投资（万元）	3000	
应用类型	放射性同位素应用		密封源	射线装置	其它	
	/		Ⅲ类	Ⅱ类、Ⅲ类	电磁设备	

1.1 核技术应用的目的是任务：

杭州市之江医院（暂定名）为杭州市委市政府确定的新建八家三甲医院之一，由西湖区（之江度假区）投资建设，目前尚在筹建阶段，由杭州市之江国家旅游度假区基础设施建设开发中心代为建设。医院建成运营后拟开展医用放射源以及医用射线装置等放射诊疗项目，新建设备包括：（1）密封源： γ 后装机 1 台，配备 1 枚 ^{192}Ir 放射源，活度 $3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$ (10Ci)，属于 III 类密封源；（2）射线装置：II 类射线装置 4 台，包括 2 台直线加速器和 2 台 DSA；III 类射线装置 17 台，包括 1 台 CT 模拟定位机、3 台 CT、13 台普通 X 光机（分别为 4 台 DR、2 台数字胃肠机、1 台乳腺钼靶机、1 台口腔牙片 X 光机、1 台口腔全景 X 光机、1 台口腔 CT、3 台 C 臂机）；（3）电磁设备：2 台核磁共振仪（1.5T 和 3.0T）。

γ 后装机属于近距离放射治疗机，是将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用 γ 射线的生物效应对肿瘤进行治疗的设备。

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；与其配套的 CT 模拟定位机是 X 射线装置，用于寻找病灶部位、形状及体积并予以定位、摄影，以供制订治疗方案时使用。

CT 可做全身检查，并且有三维血管成像、模拟内窥镜等功能。DSA、CT 和普通 X 光机，均属于 X 射线装置，用于患者局部区域的拍片和透视。

数字胃肠机：用于胃肠透视、摄影，也可以用于透视下进行骨折整复、取异物等。

核磁共振仪属于电磁设备，可应用于全身各系统的成像诊断，尤其是对颅脑，及其脊髓、心脏大血管、关节骨骼、软组织等诊断效果最佳。

以上辐射设备使用的目的均为医疗诊断和治疗。

表 2 总论

2.1 概况

2.1.1 项目由来

杭州市之江医院（暂定名）为市委市政府确定的新建八家三甲医院之一，拟共设置 1000 张床位，拟开设有急诊科、标准内科、标准外科、耳鼻喉科、口腔科、眼科、妇科以及特需和体检中心等。建成后的杭州之江医院将成为集医疗、教学、科研、急救、保健、预防为一体，设施一流、技术一流、管理一流、服务一流，并与国际现代化医院相接轨的示范性三级甲等综合性医院和现代化的区域性医疗中心。杭州市之江医院拟建址位于之江度假区控规单元 C51-C-61 地块，建设用地约 10 公顷，北至淀山浦、南至梧桐路（规划科海路）、西至规划绿地、东至梧桐浦（规划）。

为了能为广大患者提供更好的医疗诊断和治疗服务，杭州市之江医院拟在建成运营后开展医用放射源以及医用射线装置等放射诊疗项目。根据国家相关的法规要求，医院该新建项目应进行辐射环境影响评价，同时为了更好的满足国家有关辐射环境管理的规定和环保管理部门的监管要求，保护公众健康，建设单位于 2014 年 5 月 15 日正式委托浙江国辐环保科中心对该院拟建的辐射装置进行辐射环境影响评价。

2.1.2 项目概况

杭州市之江医院尚在筹备阶段，属于新建项目。经与建设单位核实，近 5 年内拟新建的放射诊断和治疗设备，即本次环评内容如下：

（1）密封源： γ 后装机 1 台及其配套机房 1 间，配备 1 枚 ^{192}Ir 放射源，活度 $3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$ （10Ci）；

（2）射线装置：II 类射线装置 4 台及其配套机房 4 间，包括 2 台直线加速器（15MeV）和 2 台 DSA；III 类射线装置 17 台及其配套机房 17 间，包括 1 台 CT 模拟定位机、3 台 CT、13 台普通 X 光机（分别为 4 台 DR、2 台数字胃肠机、1 台乳腺钼靶机、1 台口腔牙片 X 光机、1 台口腔全景 X 光机、1 台口腔 CT、3 台 C 臂机）；

（3）电磁设备：2 台核磁共振仪（1.5T 和 3.0T 各 1 台）及其配套机房 2 间。

评价单位在现场踏勘、监测和收集有关资料的基础上，按照国家对伴有辐射建设项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成该项目的辐射环境影响报告表（报批稿）。

2.2 编制依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989 年 12 月；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2003 年 9 月；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；
- (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年；
- (5) 《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 12 月；
- (6) 关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定，环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月；
- (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月；
- (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第 2 号，2008 年 10 月；
- (9) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，省政府令第 288 号，2011 年 12 月；
- (10) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2012 年 2 月。

2.3 项目相关文件

- (1) 委托书
- (2) 《关于杭州市之江医院（暂定名）可行性研究报告的复函》，杭州市发展和改革委员会，杭发改投资〔2013〕517 号。
- (3) 建设项目选址意见书，杭州市规划局，选字第 330100201300123 号。
- (4) 杭州之江国家旅游度假区环境保护局建设项目环境影响评价文件审批意见，杭国旅环批[2013]68 号。
- (5) 辐射环境影响评价告知书。

2.4 引用导则

《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/T 10.1-1995），国家环境保护局。

2.5 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。

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 B) 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。

第 B1.1.1.1 款, 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 作为管理限值。

第 B1.2 款 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; 本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

(2) 《后装 γ 源近距离治疗放射卫生防护标准》(GBZ 121-2002)

本标准规定了后装 γ 源近距离治疗设备、放射治疗室和实施后装放射治疗的防护要求与设备的检测。

5 后装放射治疗室的防护要求

5.1 放射治疗室必须经专业人员设计, 治疗室必须与准备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m²。

5.2 治疗室入口必须采用迷路设计, 设置门机联锁, 并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

5.3 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, 确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年剂量限值。

5.4 在控制室与治疗室之间应设观察窗(或监视器)与对讲机。

γ 源后装机执行本标准。

(3) 《医用电子直线加速器卫生防护标准》(GBZ126-2011)

本标准规定了医用电子加速器(以下简称加速器)用于临床治疗时的放射防护要求, 包括基本要求、加速器的放射防护性能要求、治疗室防护和安全操作要求、剂量控制要求及其监测方法。

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。

6 治疗室防护和安全操作要求

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,防护门应与加速器联锁。

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。

医用直线加速器执行本标准。

(4)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)

本标准适用于医用诊断 X 射线机的生产和使用。

4.6 移动式 and 携带式 X 射线设备防护性能的专用要求

4.6.3 连接曝光开关的电缆长度应不小于 3m,或配置遥控曝光开关。

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与安全。

5.2 每台X射线机(不含移动式 and 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 and 扩建的X射线机房,其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表2-1要求。

5.3 X射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求:

a) 不同类型X射线设备机房的屏蔽防护应不小于表3要求。

b) 医用诊断X射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录D。

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

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

表2-1 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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

表2-2 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/T 180 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

(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 $2.5\mu\text{Gy/h}$; 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 $2.5\mu\text{Gy/h}$; 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 $0.25\mu\text{Gy/h}$; 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。

5.5 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。

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。

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

DSA、CT 及普通 X 光机等执行本标准。

(5) 《电磁辐射防护规定》(GB8702-88)

第 1.2 款, 本标准适用与中华人民共和国境内产生电磁辐射污染的一切单位或个人、一切设施或设备。但本标准的防护限值不适用于为病人安排的医疗或诊断照射。

第 2.2.1 款, 公众照射: 在一天 24h 内, 环境电磁辐射场的场量参数在任意连续 6 min 内的平均值应满足表 2-3 的要求。

表 2-3 公众照射导出限值

频率范围 MHz	公众照射	
	电场强度 (V/m)	磁场强度 (A/m)
30 ~ 3000	12	0.032

(6) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T10.3-1996)

第 4.2 款, 对单个项目的影响必须限制在 GB8702-88 限值的若干分之一。在评价时, 对于由国家环境保护局负责审批的大型项目可取 GB8702-88 中场强限值的

$1/\sqrt{2}$ ，或功率密度限值的 $1/2$ 。其它项目则取场强限值的 $1/\sqrt{5}$ ，或功率密度限值的 $1/5$ 作为评价标准。

根据磁共振影像系统的射频频率，结合上述电磁辐射标准，确定本项目磁电场强度评价标准值为 5.4V/m ，磁场强度评价标准值为 0.015A/m 。

2.6 评价目的

(1) 对各机房拟建址进行辐射环境背景水平监测，以掌握拟建址辐射环境水平；

(2) 对拟新增加的辐射装置进行辐射环境影响预测评价；

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

(4) 为该医院运行期辐射环境保护管理提供科学依据。

2.7 评价范围

(1) 密封源和射线装置

按照 HJ/T10.1-1995《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》的规定，并结合该项目辐射装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定为各机房拟建址周围 50m 区域。

(2) 电磁设备

根据 HJ/T 10.3—1996《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》第 3.1.3 条规定，医疗电磁辐射设备评价范围为以设备为中心的 250m 。结合本项目的特征和机房屏蔽等措施，确定评价范围为机房周围 50m 区域。

2.8 环境保护目标

本项目评价范围内无居民区，环境保护目标为该医院从事放射诊断治疗的工作人员、机房周围其他非辐射工作人员和公众成员。

2.9 地理位置

2.9.1 医院地理位置

杭州市之江医院拟建址位于之江度假区控规单元 C51-C-61 地块，北至淀山浦，往北为云河路；东至规划的梧桐浦，往东为枫华西路（在建）；南至梧桐路（规划科海路）；西至规划绿地，具体见表 2-4。其具体地理位置图见附图 1，周边环境现状见附图 2。

表 2-4 项目周边环境概况

方位	现状	规划
东侧	空地	梧桐浦
南侧	梧桐路	科海路
西侧	农业用地	绿地
北侧	淀山浦	淀山浦

2.9.2 辐射装置位置

医院拟建设的放射性治疗和诊断设备均置于医院中央的门诊医技楼内，门诊医技楼地上共 5 层，地下共 1 层。门诊医技楼东侧为实验楼、急救停车场和院内绿化用地，距离东侧次入口约 70m；南侧为医院内绿化，距离南侧医院主入口约 70m；西侧为 1~3 号楼（病房楼），距离医院西侧边界约 130m；北侧为 6 号楼（餐厅和报告厅），距离北侧边界约 110m。医院总平面布置图见附图 3。

本项目辐射设备主要位于放射科（门诊医技楼地下 1 层北部和门诊医技楼 1 层西北部），另有 1 台胃肠机位于内镜中心（门诊医技楼 3 层西南部），1 台牙片机、1 台全景机和 1 台口腔 CT 机位于口腔科（门诊医技楼 3 层东北部），3 台 C 臂机位于手术中心（门诊医技楼 4 层西北部）。其中放射科主要位于门诊医技楼 1 层西北部，下方为预留的核医学用房，二楼为检验区，东、西两侧是医疗主街，南侧为候诊区，北侧为建筑物外地面停车场；放射科部分位于门诊医技楼地下 1 层北部，上方为清洁工作用房和空调机房，东、南两侧位地下停车场，西侧为预留核医学用房，北侧为过道。

本项目评价范围内无居民区，主要环境保护目标为该医院从事放射诊断治疗的工作人员、机房周围其他非辐射工作人员和公众成员。

表 3 辐射装置

表 3-1 射线装置与核磁共振仪

序号	设备	技术参数	位置*	射线装置类别	备注
1	直线加速器	X: 15MeV; e: 22MeV	地下 1 层 1 号直线加速器机房	Ⅱ类	新建， 本次 环评
2	直线加速器	X: 15MeV; e: 22MeV	地下 1 层 2 号直线加速器机房	Ⅱ类	
3	CT 模拟定位机	140kV、1000mA	地下 1 层 CT 模拟定位机房	Ⅲ类	
4	DSA	150kV、1000mA	1 层放射科 1 号 DSA 机房	Ⅱ类	
5	DSA	150kV、1000mA	1 层放射科 2 号 DSA 机房	Ⅱ类	
6	DR	150kV、800mA	1 层放射科 1 号 DR 机房	Ⅲ类	
7	DR	150kV、800mA	1 层放射科 2 号 DR 机房	Ⅲ类	
8	DR	150kV、800mA	1 层放射科 3 号 DR 机房	Ⅲ类	
9	DR	150kV、800mA	1 层放射科 VIP DR 机房	Ⅲ类	
10	CT	140kV、1000mA	1 层放射科 1 号 CT 机房	Ⅲ类	
11	CT	140kV、1000mA	1 层放射科 2 号 CT 机房	Ⅲ类	
12	CT	140kV、1000mA	1 层放射科 3 号 CT 机房	Ⅲ类	
13	乳腺钼靶机	49kV、100mA	1 层放射科乳腺钼靶机房	Ⅲ类	
14	数字胃肠机	150kV、800mA	1 层放射科数字胃肠机房	Ⅲ类	
15	数字胃肠机	150kV、800mA	3 层内镜中心 ERCP 机房	Ⅲ类	
16	口腔牙片机	75kV、7mA	3 层口腔牙片机房	Ⅲ类	
17	口腔全景机	90kV、12mA	3 层口腔全景机房	Ⅲ类	
18	口腔 CT 机 (坐/站位)	125kV、15mA	3 层口腔 CT 机房	Ⅲ类	
19	C 臂机	110kV、100mA	4 层手术中心 4 号手术室	Ⅲ类	
20	C 臂机	110kV、100mA	4 层手术中心 6 号手术室	Ⅲ类	
21	C 臂机	110kV、100mA	4 层手术中心 7 号手术室	Ⅲ类	
22	核磁共振仪	1.5T	1 层放射科 1 号核磁共振机房	电磁	
23	核磁共振仪	3.0T	1 层放射科 2 号核磁共振机房	电磁	

注：*各机房均位于门诊医技楼内。

表 3-2 密封源

核素名称	放射性活度	数量	物理、化学性状	贮存方式与地点	分类	位置
^{192}Ir	新购源最大活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$ (10Ci)	1 枚	^{192}Ir 的半衰期为 74.2 天, 衰变时主要发射 0.136~1.062MeV 的 γ 射线, 常温下为固态, 毒性分组为中毒组	放射源配置在放射治疗机的内	III类源	门诊医技楼地下 1 层后装机机房

表 4 废弃物（放射性废弃物）*

废弃物名称	状态	排放口浓度	年排放总量	暂存情况*	最终去向
报废的 ^{192}Ir 放射源**	固态金属	在治疗过程中不产生放射性废水、废气	根据实际使用情况更换	放射治疗机机头内	废源须由有资质的单位处置或生产厂家回收

注：*目前医院无废放射源。**废放射源是指不打算用于其初始目的的密封放射源。

表 5 污染源分析

5.1 密封源 (^{192}Ir 后装机)

(1) 工作原理

该设备的医疗应用属近距离放射治疗，是将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用 γ 射线的生物效应对肿瘤进行治疗。这种方式可用于治疗人体内各种腔道周围的肿瘤，因所选取的核素的射线能量较低，并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤，同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

(2) 设备组成

医院拟建后装机配备的放射源是 ^{192}Ir ，活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ (10Ci)。

设备采用计算机工作站对后装机控制信号进行发送和接受，外设配置有数字化仪、打印机、绘图仪、鼠标和不间断电源。数字化仪是将 X 光片上的影像数据输入到电脑内的设备。彩色打印机输出病历档案、当日源强、各通道驻留点位置和驻留时间、参考点和参考剂量以及治疗过程记录和意外故障情况。彩色绘图仪用以绘制优化后的治疗方案，在指定平面上的等剂量线和驻留点投影。依据患者诊断数据，由计算机制定治疗计划并实施对后装机的操作控制。根据“先插管后装源”的技术原理，由电脑选择输源管和施源器中最合适的一组，插入需要治疗的腔道并进行靶区定位，通过分度头的引导控制，将放射源送达治疗区域，按计划实施治疗。

(3) 操作流程

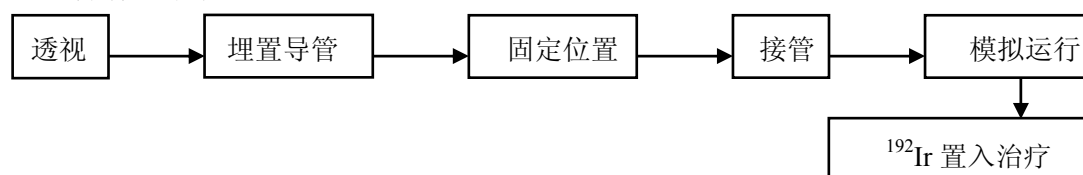
a. 进行定位。确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

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

c. 固定患者体位，近距离后装机治疗时，要进行病变部位插管，将输源管和施源器送达腔道的病灶。

d. 开机治疗，或将放射源送达病灶进行治疗。

操作流程如下：



(4) 污染因子

近距离遥控后装治疗系统的放射性核素 ^{192}Ir 为密封源，治疗时由施源器将其顺着输源管释放至病变部位进行照射。 ^{192}Ir 已被证明对间质治疗是非常有用的材料，能够以细丝的形式提供，可根据需要做成各种形状。该放射源的出厂源强为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ (10Ci)， ^{192}Ir 放射源的半衰期为 74.2 天，其辐射的类型主要为 γ 射线。近距离遥控后装治疗系统使用的主要射线是 γ 射线， γ 射线即成为该治疗设备的主要污染因子。

5.2 射线装置

5.2.1 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 射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。

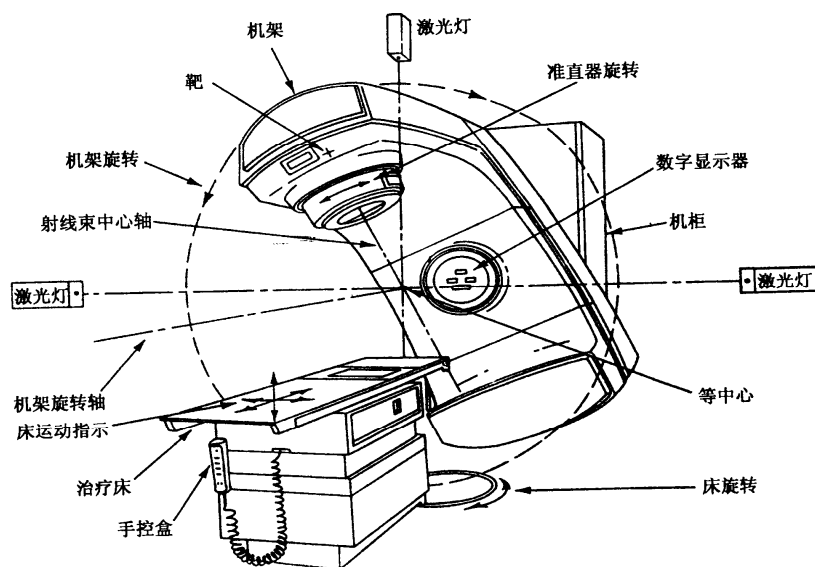


图 5-1 医用直线加速器示意图

(2) 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

结构见图 5-2。

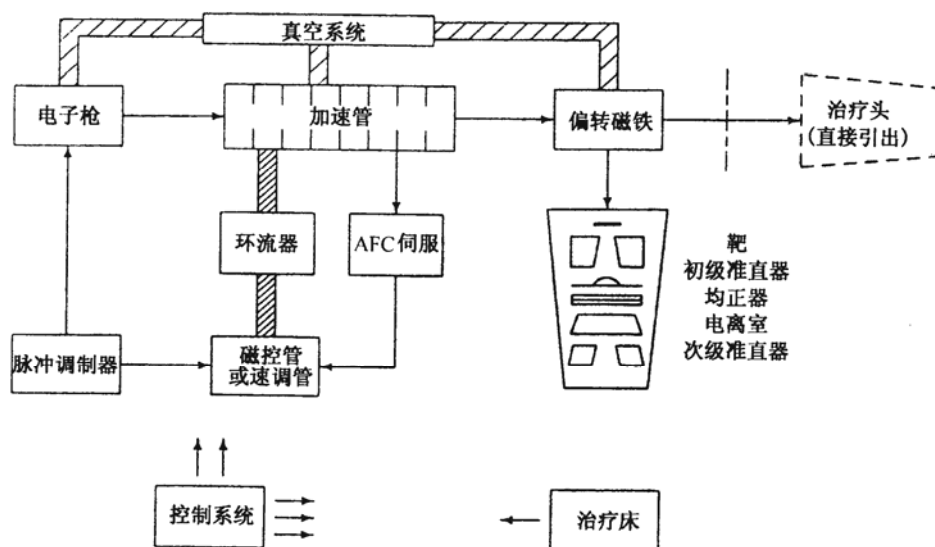


图 5-2 典型医用直线加速器内部结构框图

（3）操作流程

a. 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。

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

c. 固定患者体位。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。

d. 开机治疗。

（4）污染因子

①电子束

电子直线加速器在运行时，电子枪产生大量的电子，电子被加速后聚焦为一股束流。电子束虽然占据的体积小，但是能量非常集中。电子束的贯穿能力相对于 X 射线比较弱，加速器四周的混凝土墙可将其完全屏蔽。

②X 射线

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 射线随机器的开、关而产生和消失。

③中子

在加速器工作时，高能电子束与靶物质相互作用而产生的韧致辐射，与加速器部件以及空气等物质作用形成放射性核，而会发生光核反应，放出中子。

④感生放射性

本项目拟新建的医用直线加速器的能量为 15MeV，故应考虑感生放射性问题。医用电子直线加速器的感生放射性是加速器的初级和次级辐射与受照射物质相互作用，使受照射物质活化成为能释放出的 β 、 γ 等辐射的活化产物。

⑤有害气体

在开机期间 X 射线与空气作用将产生臭氧、氮氧化物等有害气体。

因此，本项目直线加速器在开机期间 X 射线为主要污染因子，其次为中子及臭氧、氮氧化物。

5.2.2 模拟定位机

(1) 工作原理

配套于直线加速器使用的 CT 模拟定位机是一台 X 射线装置。它利用 X 射线对人体不同组织的穿透力不同的原理，寻找病灶部位、形状及体积并予以定位、摄影。经过加速器控制系统的数字化仪表，将影象数据输入计算机，精确划定靶区位置及范围，以供制订治疗方案时使用。模拟定位机 X 射线影象产生过程见图 5-3。

模拟定位机 X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。

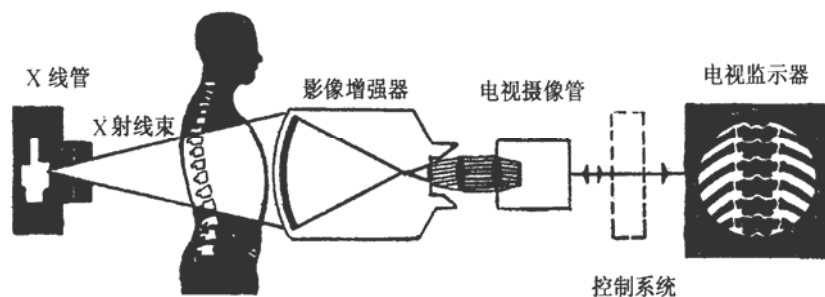


图 5-3 模拟定位机 X 射线影象产生过程示意图

(2) 设备组成

模拟定位机主要设备组成为：X 射线球管、高频逆变高压发生器、金属影像增强器、数据图像处理器、床体系统等。典型模拟定位机见图 5-4。

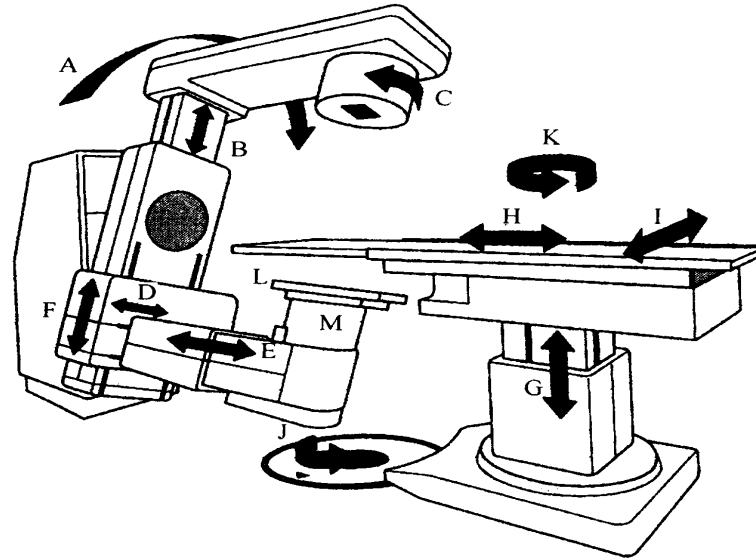


图 5-4 典型模拟定位机示意图

(3) 操作流程

模拟定位机主要操作流程为：依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位屏气，曝光。

(4) 污染因子

由工作原理可知，本项目使用的 X 射线装置在非治疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，故不必考虑感生放射性问题。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

5.2.3 其他射线装置（包括 DSA、CT 及普通 X 光机等）

(1) 工作原理

DSA、CT 及普通 X 光机均为采用 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，详见图 5-5。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。

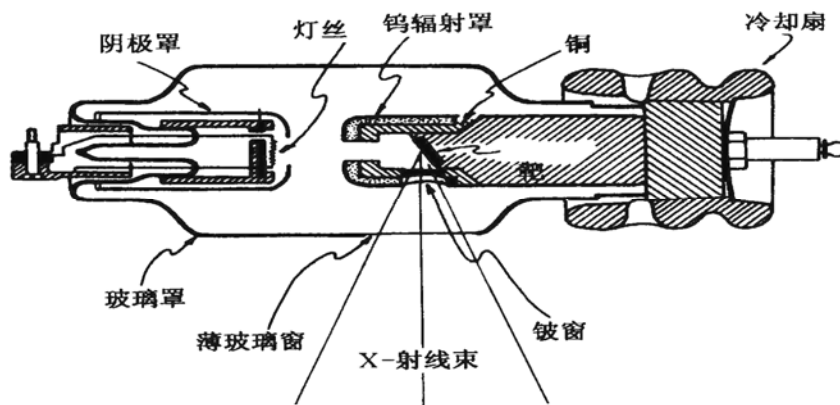


图 5-5 典型 X 射线管结构图

①DSA

DSA 是数字 X 线成像（digital radiography, DR）的一个组成部分。数字血管造影（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。

②CT

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。

③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。

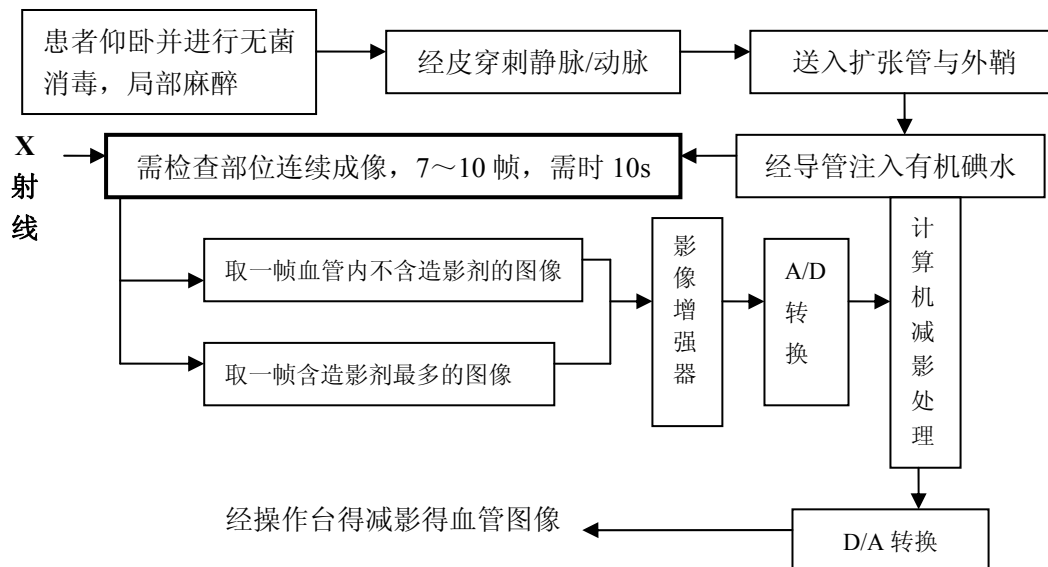
（2）设备组成

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 DSA



② 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。

③ 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。

上述各辐射装置在运行时无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

5.3 核磁共振

(1) 工作原理

磁共振成像（Magnetic Resonance Imaging-MRI）是在核磁共振波谱学的基础上建立起来的。磁共振成像指处于某个静磁场中的物质的原子核系统受到相应频率的电磁波作用时，在它们的磁能级之间发生的共振跃迁现象。即人体内的氢核在一定静磁场和射频场的作用下，所产生的氢核核磁共振信号，经过数字处理，重建以磁共振信

号强度为基础的图像。磁共振影像系统就是利用上述原理进行医学诊断的仪器。

(2) 设备组成

该设备的主要组成部分为磁体系统、梯度系统、射频系统、计算机系统和辅助设备系统 5 部分组成。该设备扫描室四周墙体采用射频屏蔽层，出入通道设有屏蔽防护门，以减少电磁场辐射对周围环境的影响。

(3) 操作流程

扫描前明确检查重点和范围后，确定扫描方式，确认金属物质未带入磁体房内，调节射频频率、脉冲宽度、使用线圈、扫描层厚、扫描间隔、脉冲序列等，开机扫描，图像记录。

(4) 污染因子

磁共振产生磁场的部件采用超导磁体，磁场强度稳定。由于磁共振仪设备采取了自屏蔽措施，因此周围环境的磁场强度衰减较快。同时，核磁共振仪运行时发出的射频将向周围环境产生电磁辐射。所以，该项目的污染因子为射频电场强度和射频磁场强度。

5.4 事故分析

(1) ^{192}Ir 后装机

① 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，发生放射源由设备中跌落出来或卡源的情况，造成安装或操作人员受到强辐射照射。

② 设备检修时，工作人员误将后装机的屏蔽装置打开或卸下放射源，都会对维修人员产生很强的辐射照射。

③ 后装机处于运行状态时，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治疗室机房，受到不必要的辐射照射。

④ 后装机换装放射源后产生的报废源，因管理不善发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

(2) 射线装置

① 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离辐照室，X 射线装置运行可能产生误照射。

② 安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 X 射线装置辐照室。

③ 直线加速器故障，导致设定剂量偏差，对病人造成过照射。

因此，医务人员必须严格按照 X 射线装置操作程序进行诊断，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。工作人员每次上班时首先要检查防护门上的灯光警示装置是否正常。如果失灵，应立即修理，恢复正常。

（3）核磁共振

医生在不知情的情况下，误给带有心脏起搏器或人体内植有铁磁性物质的患者做磁共振检查，或让他接近检查室，引起心脏起搏器不工作或铁磁性物质移位，威胁患者的生命。因此，为避免事故的发生，要求医生在给患者做磁共振检查前，应确认患者不带有以上器械；为避免让他接近检查室，在检查室周围应张贴注意电磁辐射的警告标志。

表 6 辐射环境影响评价

6.1 评价规模

通过与建设单位核实，本项目拟开展的辐射工作为：配置辐射装置 24 台（套）及配套的 24 间辐射装置机房，技术参数见表 3，具体如下：

（1）密封源： γ 后装机 1 台及其配套机房 1 间，配备 1 枚 ^{192}Ir 放射源，活度 $3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$ (10Ci)；

（2）射线装置：II 类射线装置 4 台及其配套机房 4 间，包括 2 台直线加速器（15MeV）和 2 台 DSA；III 类射线装置 17 台及其配套机房 17 间，包括 1 台 CT 模拟定位机、3 台 CT、13 台普通 X 光机（分别为 4 台 DR、2 台数字胃肠机、1 台乳腺钼靶机、1 台口腔牙片 X 光机、1 台口腔全景 X 光机、1 台口腔 CT、3 台 C 臂机）；

（3）电磁设备：2 台核磁共振仪（1.5T 和 3.0T 各 1 台）及其配套机房 2 间。

6.2 实践正当性

由于放射性诊断和治疗技术在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。项目建成以后，医院将能为病人提供一个优越的治疗条件，具有明显的社会效益，能在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。医院使用放射性诊断和治疗项目所产生的危害同社会和个人从中取得的利益相比是可以接受的，因此，该院放射性同位素应用项目的建设和运行符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

6.3 辐射装置位置

本项目辐射设备主要位于放射科（门诊医技楼地下 1 层北部和门诊医技楼 1 层西北部），另有 1 台胃肠机位于内镜中心（门诊医技楼 3 层西南部），1 台牙片机、1 台全景机和 1 台口腔 CT 机位于口腔科（门诊医技楼 3 层东北部），3 台 C 臂机位于手术中心（门诊医技楼 4 层西北部）。

放射科主要位于门诊医技楼 1 层西北部，下方为预留的核医学用房，二楼为检验区，东、西两侧是医疗主街，南侧为候诊区，北侧为建筑物外地面停车场；放射科部分位于门诊医技楼地下 1 层北部，上方为清洁工作用房和空调机房，东、南两侧位地下停车场，西侧为预留核医学用房，北侧为过道。具体见表 6.3-1。

6.4 辐射防护参数

22 台（套）辐射装置的机房采用的屏蔽设计具体情况见表 6.4-1 和表 6.4-2。

表 6.3-1 医院辐射工作场所及其周围情况一览表

辐射工作场所	放射机房 (间)	设备	上方	下方	东侧	南侧	西侧	北侧
放射科 (门诊医技楼地下 1 层 北部)	4	1 台 γ 后装机 2 台直线加速器 1 台 CT 模拟定位机	清洁工作用 房/空调机 房	—	地下停车场	地下停车场	预留核医学 用房	过道(再往 北为厨房)
放射科 (门诊医技楼 1 层西北)	13	2 台 II 类射线装置(DSA); 9 台 III 类射线装置; 2 台核磁共振仪	检验区	预留核医学 用房	医疗主街	候诊区	医疗主街	地面停车场
内镜中心 (门诊医技楼 3 层西南)	1	台 III 类射线装置	手术中心	功能检查区	内镜库	库房	过道	过道
口腔科 (门诊医技楼 3 层东北)	3	台 III 类射线装置	病理科	保健中心	控制走廊	牙科种植室	过道	过道
手术中心 (门诊医技楼 4 层西北)	3	台 C 臂机	楼顶平台设 备区	计算机中心 /供应中心	污物走廊/ 手术室	洁净走廊	洁净走廊/ 设备机房	洁净走廊

表 6.4-1 直线加速器和后装机房防护参数一览表

参数	直线加速器机房	后装机机房
数量 2	1	
面积 (m ²) 52	(不包括迷道) 30.2	
最小单边长度 (m) 8.0	5.2	
房高 (m) 6.7	4.2	
主防护墙厚	北侧 2.5m 重晶石*, 南侧 2.25m 重晶石 0.55m	混凝土**
副防护墙厚 1.2m	重晶石	—
顶棚	主 2.7m 重晶石, 副 1.2m 重晶石 0.60m	混凝土
防护门	10mm 铅板+120mm 聚乙烯+40mm 含硼聚乙烯+10mm 铅板, 外加相应的钢板固定	6mm 厚铅板
迷道尺寸	长 8.05m , 宽 2.0m; 墙 1.20m 厚重晶石	长 3.7m, 宽 1.8m; 墙 0.50m 厚混凝土
观察窗	—	—

注: *重晶石混凝土, 密度为 3.0t/m³; **混凝土密度为 2.35 t/m³。

表 6.4-2 其它射线装置机房防护设施一览表

位置	机房类型 (数量)	分类	机房面积 (m ²)	最小单 边长 (m)	辐射屏蔽材料及厚度 (mmPb)								符合性			
					四侧墙体			顶棚		地坪		防护门		观察窗		
地下 1 层 放射科	CT 模拟定位 机房 (1)	设计 30	9 5.88		24cm 混凝土 24cm			混凝土 24		cm混凝土 3mm		铅板		3.0mmPb 铅玻 璃		符合
		折算值	—	—	3.0	3.0	3.0	3.0 3.0								
		标准 30	4.5		2.5	2.5	2.5	2.5 2.5								
一层 放射科	DSA 机房(2)	设计 71	5~72.3	8.2	24cm 混凝土			12 cm混凝土+ 1cm 防护涂料		24 cm混凝土 3mm		铅板 15mm		铅玻璃		符合
		折算值	—	—	3.0	3.0	3.0	2.5 3.0								
		标准 30	4.5		2.0	2.0	2.0	2.0 2.0								
	DR 机房 (4)	设计 24	2~25.2	4.0	24 cm混凝土+ 1cm 防护涂料			12 cm混凝土+2cm 防 护涂料		24 cm混凝土 3mm		铅板 18mm		铅玻璃		符合
		折算值	—	—	3.5	3.0	4.0	3.5 3.0								
		标准 20	3.5		2.0	2.0	3.0	2.0 3.0								
	CT 机房 (3)	设计 35	5~52.2	5.8	24 cm混凝土+ 1cm 防护涂料			12 cm混凝土+2cm 防 护涂料		24 cm混凝土 4mm		铅板		4.0mmPb 铅玻 璃		符合
		折算值	—	—	4.0	4.0	4.0	3.5 3.0								
		标准 30	4.5		2.5	2.5	2.5	2.5 2.5								
	胃肠机房(1)	设计 25	2 4.0		24cm 混凝土			12 cm混凝土+2cm 防 护涂料		24 cm混凝土 3mm		铅板 15mm		铅玻璃		符合
		折算值	—	—	3.0	3.0	3.0	3.5 3.0								
		标准 20	3.5		2.0	2.0	3.0	2.0 2.0								
	乳腺钼靶机 房 (1)	设计 15	7 4.0		12cm 混凝土 12			cm混凝土 24		cm混凝土 1mm		铅板 12mm		铅玻璃		符合
		折算值	—	—	2.0	1.0	1.5	1.5 3.0								
		标准 10	2.5		1.0	1.0	1.0	1.0 1.0								

续表 6.4-2

位置	机房类型 (数量)	分类	机房面积 (m ²)	最小单 边长 (m)	辐射屏蔽材料及厚度 (mmPb)							符合性		
					四侧墙体			顶棚		地坪			防护门	观察窗
三层 牙科	口腔牙片机 房 (1)	设计 10	8 2.4		12cm 混凝土			12 cm混凝土+ 1cm 防护涂料		12 cm混凝土+1cm 防护涂料		2mm 铅板 12mm	铅玻璃	符合
		折算值	—	—	2.0	2.0	1.5	2.5 2.5						
		标准 3	1.5		1.0	1.0	1.0	1.0 1.0						
	口腔全景机 房 (1)	设计 10	8 2.4		24cm 混凝土			12 cm混凝土+ 1cm 防护涂料		12 cm混凝土+1cm 防护涂料		2mm 铅板 12mm	铅玻璃	符合
		折算值	—	—	2.0	2.0	3.0	2.5 2.5						
		标准 5	2		1.0	1.0	2.0	1.0 2.0						
	口腔 CT 机房 (1)	设计 10	8 2.4		24cm 混凝土			12 cm混凝土+ 1cm 防护涂料		12 cm混凝土+1cm 防护涂料		2mm 铅板 12mm	铅玻璃	符合
		折算值	—	—	2.0	2.0	3.0	2.5 2.5						
		标准 5	2		1.0	1.0	2.0	1.0 2.0						
三层内 镜中心	ECRP 机房 (1)	设计 44	6 6.1		24cm 混凝土			12 cm混凝土+1cm 防 护涂料		12 cm混凝土+ 1cm 防护涂料		3mm 铅板 15mm	铅玻璃	符合
		折算值	—	—	3.0	3.0	3.0	2.5 2.5						
		标准 20	3.5		2.0	2.0	3.0	2.0 2.0						
四层手 术中心	手术室/C 臂 机 (3)	设计 41	3~133.1	5.2	2mm 铅板			12 cm混凝土+1cm 防 护涂料		12 cm混凝土+1cm 防护涂料		2mm 铅板 12mm	铅玻璃	符合
		折算值	—	—	2.0			2.0	2.0	2.5 2.5				
		标准 20	3.5		2.0			1.0	1.0	1.0 2.0				

注：*混凝土为标准混凝土，密度为 2.35 吨/立方米。

6.5 现场监测

本项目拟建址辐射环境背景水平采用现场监测的方法进行调查。

(1) 监测目的

掌握医院拟新建的辐射装置拟建场地的辐射环境背景水平，为辐射环境影响评价提供基础数据。

(2) 监测内容

本项目拟建址的 X- γ 辐射剂量率、电场强度和磁场强度本底值。

(3) 监测点位

按照《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》及《辐射环境监测技术规范》等要求，对本项目辐射装置拟安装场地处进行 X- γ 辐射剂量率、电场强度和磁场强度背景水平的监测。监测点位布点详见附图 2。

(4) 监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 6.5-1 至表 6.5-2。

(5) 质量保证措施

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

表 6.5-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

仪器名称	剂量监测仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E
生产厂家	Thermo 公司
能量响应	60KeV~3MeV
量 程	1nSv/h~100 μ Sv/h
监测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)
仪器检定	在检定有效其内

表 6.5-2 电磁辐射测量仪器参数与规范

仪器名称	电磁场测量仪
仪器型号	EMR-300
生产厂家	德国 Narda Safety Test Solutions
探头型号	电场：9.2 型；磁场：10.2 型
频率响应	电场：10MHz~18GHz；磁场：27MHz~1GHz
测量规范	《电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996）
仪器检定	在检定有效期内

（6）监测结果

2014 年 5 月 20 日对本项目拟建址的 X- γ 辐射剂量率、电场强度和磁场强度本底值进行了监测，监测结果见表 6.5-3，监测点位见附图 2。

表 6.5-3 现状监测结果

点位序号	点位描述	γ 辐射剂量率 nGy/h		电场强度 V/m	磁场强度 A/m
		平均值	标准差		
▲1	拟建址西部（北）	109.4	5.3	<0.6	<0.01
▲2	拟建址西部（中）	112.7	5.7	<0.6	<0.01
▲3	拟建址西部（南）	90.6	5.6	<0.6	<0.01
▲4	拟建址东部（北）	107.1	5.1	<0.6	<0.01
▲5	拟建址东部（中）	105.2	4.5	<0.6	<0.01
▲6	拟建址东部（南）	87.5	4.6	<0.6	<0.01

注：0.6V/m、0.01A/m 为仪器检测下限。

由表 6.5-3 的监测结果可知：

本项目拟建场址 γ 辐射剂量率在 87.5~112.7nGy/h 之间，根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知杭州市室外的 γ 辐射剂量率在 27~119nGy/h 之间。可见，该在建地的 γ 辐射本底水平未见异常。

本项目拟建址各测量点位电磁场强度均低于仪器检测下限，可见该拟建址电磁场强度处于较低水平，未见异常。

6.6 建设或安装期的辐射环境影响分析

（1）密封源

^{192}Ir 后装机换源由供源方操作完成，换源方对辐射安全防护已有周密的考虑，可按说明书规定的要求安装调试。由于操作时间短，操作方法安全、简单，换下的废源由供源方

直接运回，故不会对周围环境产生辐射影响。

换源过程辐射安全主要由供源方负责，同时，医院必须加强管理，在换装源时，禁止无关人员进入机房及机房周围邻近的房间。

（2）射线装置

由于电子加速器、X 射线装置等射线装置只有在开机时才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的，在本项目建设过程中，射线装置未通电运行，故本项目建设过程中不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

（3）电磁设备

核磁共振仪只有在开机时才会产生射频电磁场，在其安装过程中不会对周围环境产生电磁辐射影响。

6.7 运行期辐射环境影响分析

6.7.1 密封源

（1）类比分析

本项目 ^{192}Ir 后装机类比项目选用金华广福医院现运行 ^{192}Ir 后装机的辐射环境监测情况进行类比。其可行性分析详见表 6.7-1。

表 6.7-1 后装机机房可比性一览表

参数 \ 医院	类比项目（金华广福医院）	本项目
放射性活度（Bq）	3.7×10^{11} （现状）	3.7×10^{11} （新源）
机房面积（ m^2 ）	27	40.3
防护墙厚	0.55m 厚混凝土	0.55m 厚混凝土
房顶厚	0.55m 厚混凝土	0.60m 厚混凝土
屏蔽门铅板	6mm 铅当量	6mm 铅当量

由类比情况一览表可知，本项目和类比项目有很好的可比性，因此可用金华广福医院现运行 ^{192}Ir 后装机的使用情况说明本项目后装机对周围环境的辐射影响。类比测量结果见表 6.7-2，监测点位见图 6.7-1。

由表 6.7-2 可见，在 ^{192}Ir 后装机正常运行时，机房周围各监测点位的 γ 射线空气吸收剂量率水平均未见明显升高。

由于本项目 ^{192}Ir 后装机机房的屏蔽墙防护能力稍大于类比项目的防护能力，因此，只要屏蔽门的防护能力与金华广福医院相似，则可以预测本项目的 ^{192}Ir 后装机机房装源后，

正常运行时其机房周围辐射剂量率水平也不会有显著的升高。

表 6.7-2 后装机类比监测结果

单位：nGy/h

点位序号	测量点位描述	开关机状态	辐射剂量率※	标准差
△1	后装机北侧控制室操作位	未出源	163.0	1.4
		出源	161.7	4.9
△2	后装机西侧防护门外	未出源	133.5	2.1
		出源	130.0	1.7
△3	后装机西侧墙外 1m	未出源	133.5	2.1
		出源	161.0	11.1
△4	后装机南侧墙外 1m	未出源	151.0	2.6
		出源	160.7	11.6
△5	后装机东侧墙外 1m	未出源	143.0	2.0
		出源	154.7	5.5
△6	治疗室内机头正前方 5cm	未出源	1456.3	103.6

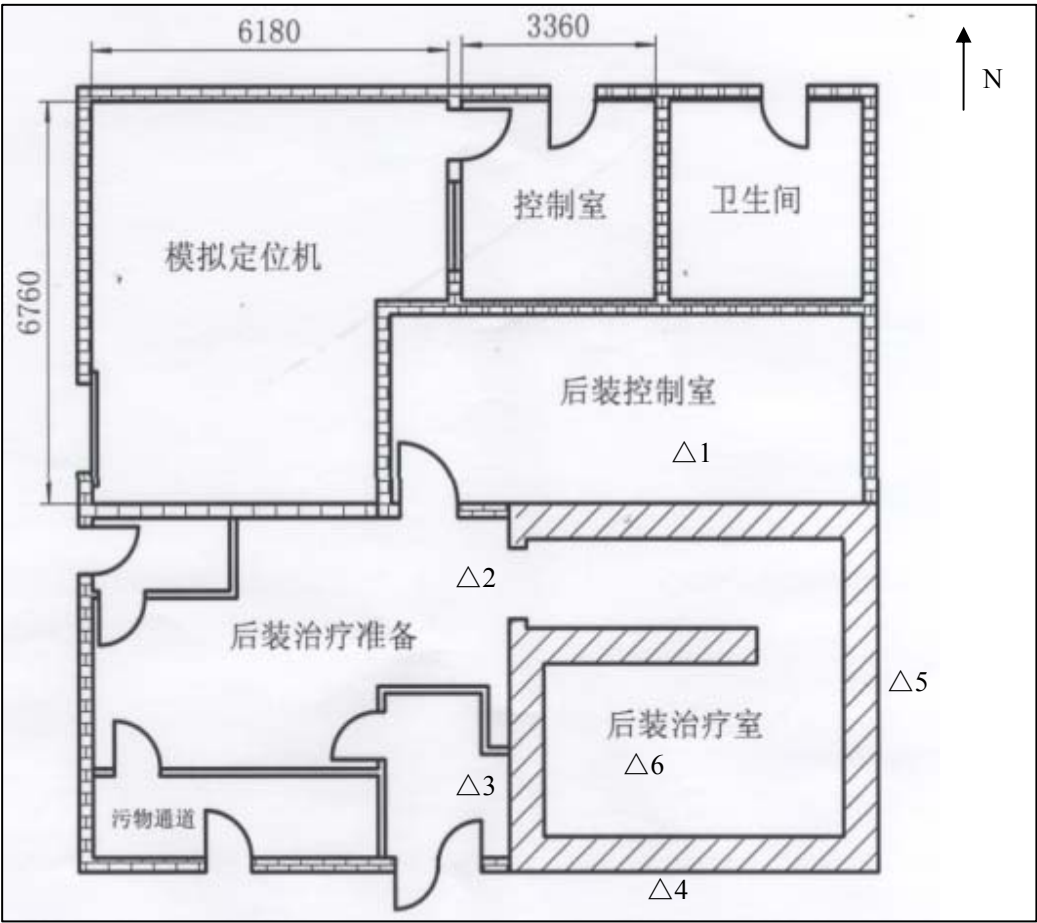


图 6.7-1 类比项目后装机监测点位图

(2) 剂量估算

1) 估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \cdots \cdots \cdots \text{(式 6-1)}$$

其中： $H_{E,r}$:X 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r :X 射线空气吸收剂量率，nGy/h；

t :X 射线照射时间，h/a；

0.7:剂量换算系数，Sv/Gy。

2) 估算结果

a. 辐射工作人员

辐射工作人员受到的照射主要是每次治疗前后进入治疗室伺候病人受密封放射源产生的 γ 射线的照射。根据类比监测结果，现假设：①工作量为病人数 20 人次/天，即 100 人次/周；②医生进入治疗室伺候病人每次 2 分钟（ γ 辐射剂量率取 1456.3 nGy/h）；③每年按 250 个工作日计算，所有工作由 1 位工作人员承担。在这样偏保守的条件下，由公式可以计算出该工作人员接受的附加年有效剂量当量约为 0.17mSv。本评价项目以 5mSv 作为管理限值，相比之下，该设备辐射工作人员所接受剂量低于管理限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

后装机内置密封源由专业单位定期更换，医院不自行进行换源操作，因此，换源具体实施过程不会对医院辐射工作人员产生辐射影响。

b. 公众成员

在后装机出源治疗时，机房墙体、防护门外的辐射水平均未见升高，故不致对公众产生附加的辐射照射。

因此根据类比项目分析结果，只要根据设计施工，保证施工质量，本项目后装机建成投入运行后，亦能符合辐射环境保护的要求。

6.7.2 直线加速器

(1) 类比分析

之江医院拟配备 2 台 15MeV 的直线加速器，为了分析了解直线加速器建成投入运行后对周围环境所造成的辐射环境影响，本次评价选择了嘉兴市第一医院目前已经投入运行

的直线加速器进行了类比监测（15MeV），两机房的可比性见表 6.7-3。

表 6.7-3 直线加速器机房可比性一览表

参数 \ 项目	类比项目 (嘉兴第一医院)	本项目
直线加速器最大射线能量	15MeV	15MeV
机房面积 (m ²)	75	52 (不包括迷道)
防护墙厚	主: 2.50 普通混凝土 副: 1.40m 普通混凝土	主: 北 2.50 重晶石混凝土 南 2.25 重晶石混凝土 副: 1.20m 重晶石混凝土
顶棚	2.6m 普通混凝土	主: 2.70m 重晶石混凝土 副: 1.20m 重晶石混凝土
屏蔽门	铅板-石蜡复合门 (19mm 铅当量)	10mm 铅板+120mm 聚乙烯+40mm 含硼聚乙烯+10mm 铅板, 外加相应的钢板固定
迷道墙体	1.0m 普通混凝土	1.20m 重晶石混凝土

根据表 6.7-3 的可比性分析可见, 本项目直线加速器机房的防护措施优于类比对象, 可进行保守类比分析。直线加速器机机房周围的 n 射线空气吸收剂量率和 γ 辐射剂量类比测量结果见表 6.7-4 和表 6.7-5。

由表 6.7-4 可见, 加速器机房周围环境 neutron 辐射剂量率均未检出, 表明类比项目机房防护能够满足中子的屏蔽要求。

本项目机房的屏蔽墙较类比项目的厚, 其屏蔽能力较类比项目的强, 根据类比监测结果分析, 在机房建设保证施工质量的前提下, 拟建机房也可达到预定辐射防护要求。

根据《医用电子直线加速器卫生防护标准》(GBZ126-2011), 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。本项目按标准要求设计了换气系统, 可有效控制治疗室内臭氧和氮氧化物浓度, 亦不会对周围环境产生影响。

表 6.7-4 类比项目直线加速器中子辐射剂量率类比监测结果 单位: mR/h

点位序号	测点描述	测量值
◇1	加速器控制室操作位	未检出
◇2	加速器治疗室防护门口	未检出
◇3	加速器治疗室东侧围墙外	未检出
◇4	加速器治疗室南侧围墙外	未检出
◇5	二楼 (加速器正上方)	未检出

表 6.7-5 类比项目直线加速器 γ 辐射剂量率类比监测结果 单位: nGy/h

点位 序号	测点描述	开关机状态	平均值	标准差
◇1	加速器控制室操作位	关	107	8
		开	134	31
◇2	加速器治疗室防护门口	关	87	10
		开	742	—
	防护门左门缝	开	639	—
	防护门右门缝	开	676	—
	防护门上门缝	开	563	—
	防护门下门缝	开	663	—
	门外 1m 处	开	204	—
◇3	加速器治疗室东侧围墙外	关	95	6
		开	93	7
◇4	加速器治疗室南侧围墙外	关	94	4
		开	94	14
◇5	二楼（加速器正上方）	开	126	4
◇6	二楼读片室（加速器楼上）	开	136	4

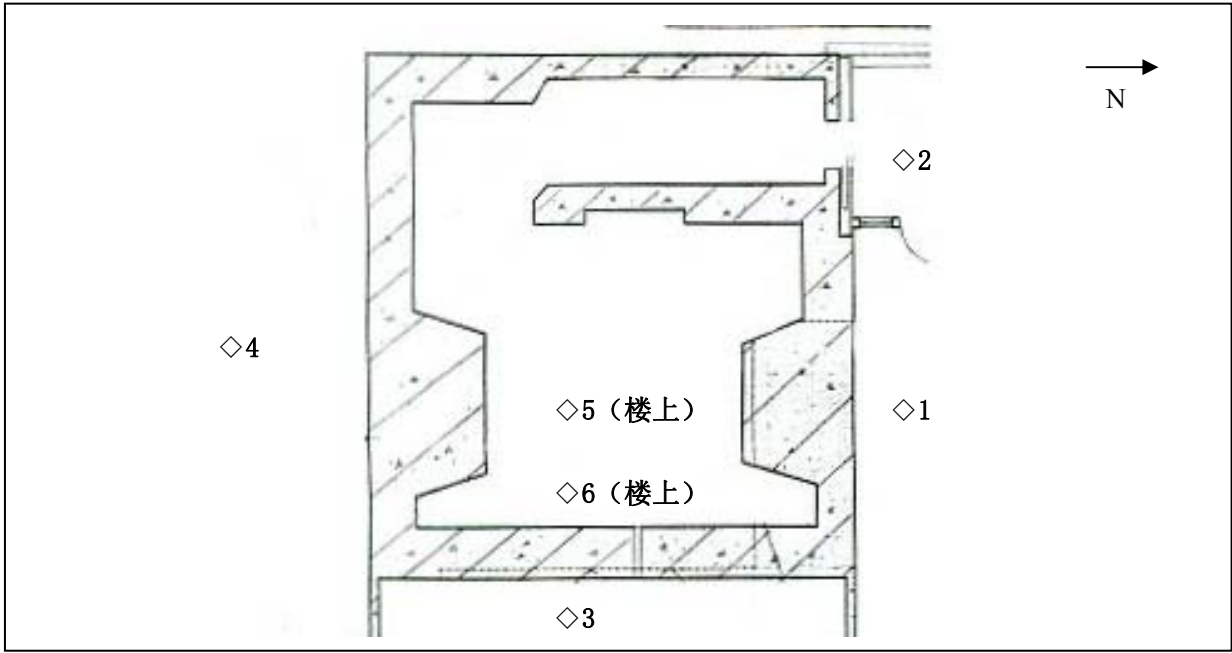


图 6.7-2 类比项目直线加速器机房监测点位示意图

(2) 剂量估算

1) 估算公式

中子辐射所致的附加年有效剂量当量计算公式为：

$$H_E = H_T \times W_T \times T = D_r \times N \times Q \times W_T \times T \dots\dots\dots (式 6-2)$$

式中： H_E ---年有效剂量当量 (Sv)；

H_T ---剂量当量率；

W_T ---辐射权重因子，全身为 1；

T ---年受照射时间 (h)；

D_r ---n 射线空气吸收剂量率(Sv /h)；

N ---修正因子，体外照射较为均匀，通常取 1；

Q ---射线品质因子，根据国际放射防护委员会 (ICRP) 规定，能量为 2MeV~20MeV 的中子品质因子为 10。

2) 估算结果

a. 辐射工作人员

根据类比监测结果，控制室操作位 X 线空气吸收剂量率为 134nGy/h，现假设：①每台加速器治疗人数为 100 人次/天，即 500 人次/周；②每人照射时间为 1 分钟；③每年按 250 个工作日计算，每台加速器所有工作由 1 位工作人员承担。在这样偏保守的条件下，由公式可以计算出加速器辐射工作人员接受的附加年有效剂量当量约为 0.04mSv，低于职业照射的剂量管理值 (5mSv)，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。

b. 公众成员

现假设每次开机时公众成员在病人出入门 30cm 处 (γ 辐射剂量率取 742nSv/h，n 辐射剂量率未检出) 停留 1min，在其他区域 (γ 辐射剂量率取 126nSv/h，n 辐射剂量率未检出) 停留 1h，取最大可信事件为特定公众成员每年约被照射 10 次。则根据公式 6-1 和 6-2，该特定公众成员所受的额外辐射照射为 1.0 μ Sv。本评价项目以 0.25mSv 作为管理限值，相比之下，该院的公众成员所接受的额外辐射照射低于管理限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。

根据监测结果，建议医院在病人出入门 1m 处设置警戒线，告诫公众成员不要靠近，可大幅降低公众成员的额外辐射照射。因此根据类比项目分析结果，直线加速器机房只要根据设计施工，保证施工质量，本项目直线加速器建成投入运行后，亦能符合辐射环境保

护的要求。

6.7.3 DSA、CT 和普通 X 光机

(1) 类比分析

为了分析了解本项目建成投入运行后对周围环境所造成的辐射影响，本次评价分别选取浙江医院目前已经投入运行各辐射装置进行类比监测，可比性情况详见表 6.7-6。

由表 6.7-6 可知，本项目射线装置机房面积与类比对象相当，其设备技术参数与类比对象相当，其防护水平略高于类比对象或与类比项目相近，因此两个项目有很好的可比性，通过对类比对象的监测，可预测本项目运行后的辐射环境影响。类比监测结果见表 6.7-7，监测点位图见图 6.7-3 和图 6.7-4。

表 6.7-6 DSA、CT 和普通 X 光机等线装置可比性分析

内容		类比对象（浙江医院）	本项目
技术参数(最大管电压/管电流)		100~150kV/ 500~1000mA	最大为 150 kV/1000mA
主要设备		DSA、CT、普通 X 光机等	DSA、CT、普通 X 光机（包括 DR、数字胃肠机、乳腺钼靶机、口腔牙片 X 光机、口腔全景 X 光机、口腔 CT 和移动式 C 臂机）
机房面积（m ² ）		18-40	10.8~133.1，具体见表 5.4-1 和 5.4-2
机房高度（m）		3.2	4.2~5.0
防护设施	门	2.0mm 铅板	具体见表 5.4-1 和 5.4-2 防护水平均高于类比项目
	窗	铅玻璃相当于 2mm 铅当量	
	墙体	24cm 实心砖或者相当于 2mm 铅当量其他建筑材料	

表 6.7-7 类比项目射线装置机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

机房名称	点位序号	测 点 描 述		辐射剂量率 nGy/h	
				平均值	标准差
DSA 机房 (700mA、 120kV)	▲1	医生出入门口 30cm 处	关机	137.0	2.8
			开机	141.8	1.9
	▲2	操作室内医生操作位	关机	138.5	2.0
			开机	140.4	1.1
	▲3	铅玻璃前 30cm 处	关机	109.2	2.0
			开机	111.4	1.1
	▲4	病人出入门口 30cm 处	关机	178.1	2.9
			开机	257.8	1.9

续表 6.7-7

机房名称	点位 序号	测 点 描 述		辐射剂量率 nGy/h	
				平均值	标准差
DSA 机房 (700mA、 120kV)	▲5	机房南墙外 1m 处	关机	151.0	1.2
			开机	159.6	1.5
	▲6	机房南墙门口 30cm 处	关机	155.6	2.0
			开机	158.8	1.1
	▲7	机房西侧化验室	关机	151.3	2.4
			开机	154.0	1.2
	▲8	DSA 机房楼顶	关机	158.7	2.6
			开机	160.8	1.9
	▲9	DSA 室内医生操作位 (铅衣外)	关机	157.2	2.1
			开机	3392.4	23.1
			开机	102.4	2.7
X 线机 机房 (600mA、 120kV)	◆1	医生出入门 30cm 处	关机	116.2	1.5
			开机	121.2	0.8
	◆2	观察窗处 30cm 处	关机	122.4	2.1
			开机	124.2	0.8
	◆3	病人出入门 30cm 处	关机	125.3	1.6
			开机	130.8	0.8
	◆4	机房东侧钨靶机室	关机	130.4	1.1
			开机	132.6	2.1
	◆5	机房北侧墙外 1m 处	关机	106.5	1.7
			开机	109.6	1.1
X 线机 机房 (600mA、 120kV)	◆6	医生出入门 30cm 处	关机	134.1	1.4
			开机	178.2	2.4
	◆7	观察窗处 30cm 处	关机	131.2	1.4
			开机	133.2	0.8
	◆8	病人出入门 30cm 处	关机	131.2	1.5
			开机	187.8	3.3
	◆9	机房北侧墙外 1m 处	关机	107.1	1.7
			开机	114.4	3.8
	◆10	机房西侧值班室	关机	151.7	2.1
			开机	155.8	0.8

续表 6.7-7

机房名称	点位序号	测点描述	辐射剂量率 nGy/h	
			平均值	标准差
CT 机房 (400mA、 120kV)	◆11	医生出入门 30cm 处	关机	127.2
			开机	183.2
	◆12	观察窗处 30cm 处	关机	116.0
			开机	118.6
	◆13	病人出入门 30cm 处	关机	117.9
			开机	128.8
	◆14	机房东侧墙外 1m 处	关机	125.4
			开机	130.6
	◆15	机房北侧值班室	关机	154.2
			开机	158.8
移动式X线机 (10mA、90kV)	◆16	医生操作位 (拉线长 5m, 或者遥控)	关机	138.4
			开机	152.8

注：监测结果未扣除宇宙射线。

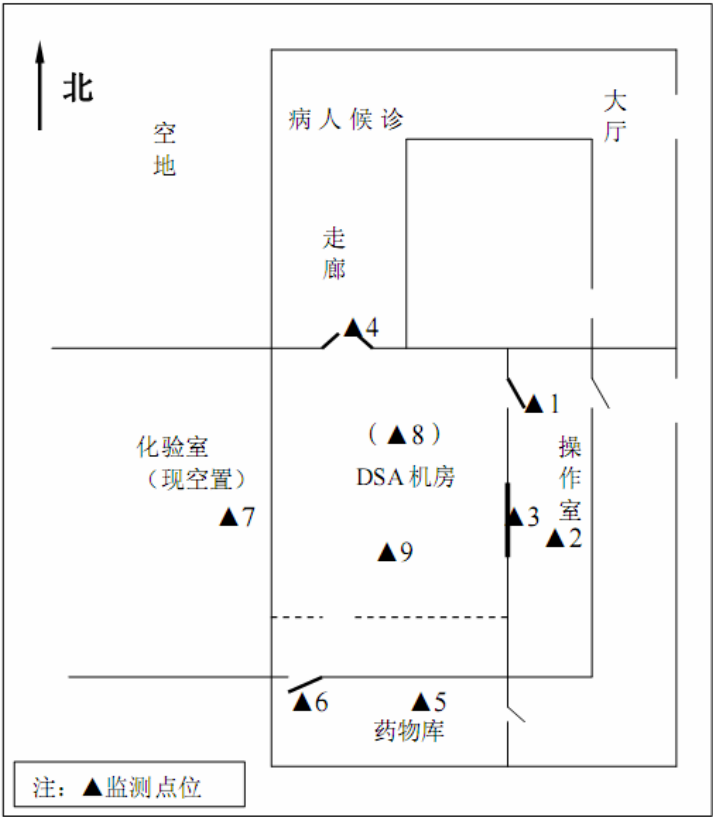


图 6.7-3 类比项目 DSA 机房监测测点位图

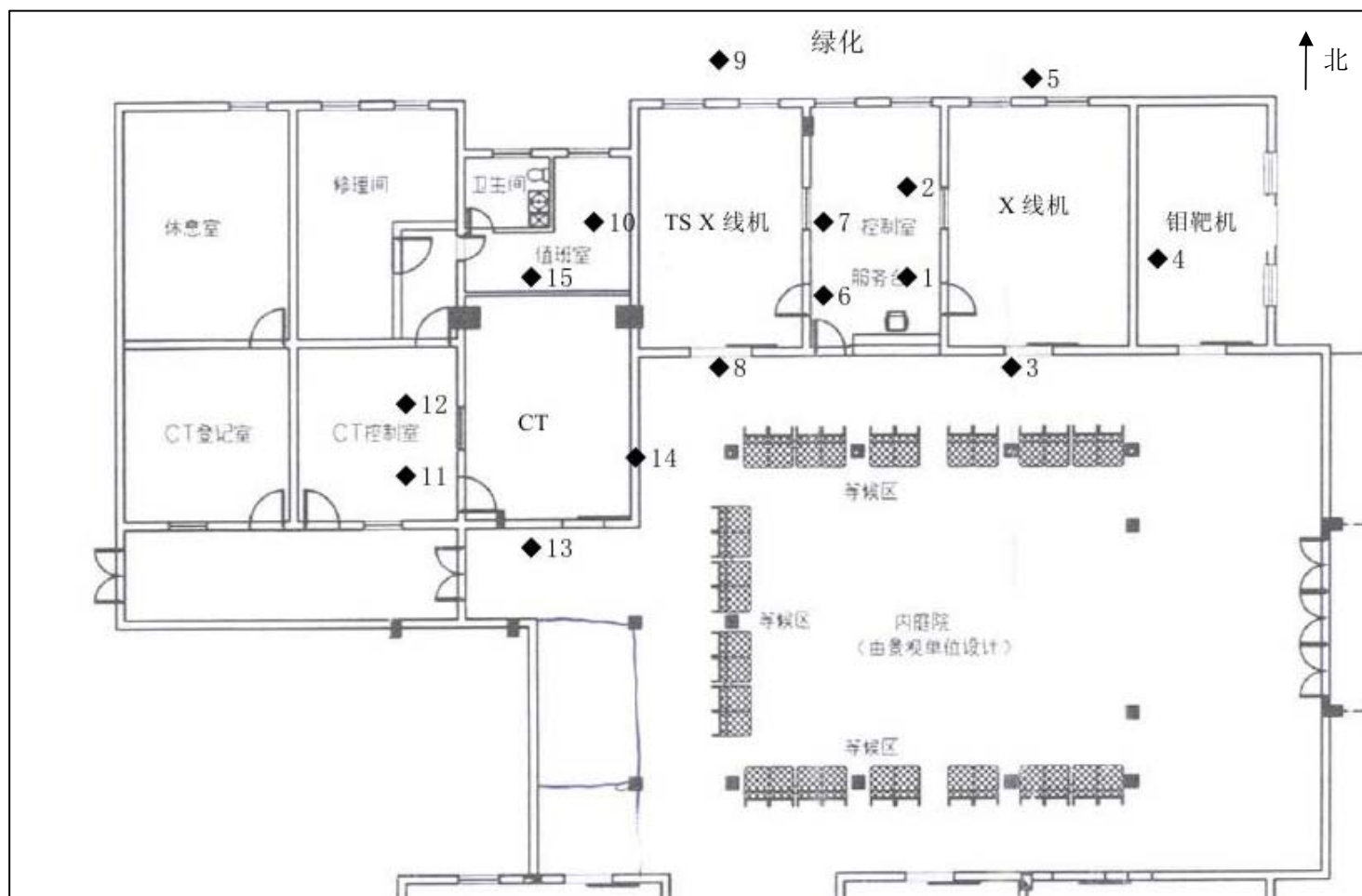


图 6.7-4 类比项目 X 射线装置机房监测点位图

(2) 剂量估算

剂量估算公式见式 6-1。

1) DSA

a. 辐射工作人员

由类比监测结果可知，根据其工作流程分析，DSA 机操作为介入操作，医生需进操作室内工作，在患者手术时，医生穿戴好铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品，在近距离操作，因此 X- γ 辐射剂量率较高。现根据医院预计最大工作量作保守假设，①每月的病人数为 100 人；②医生手术时间 1~4 小时不等，但是其实际开机曝光时间最多为 40min (γ 辐射剂量率取操作位处 3392.4nGy/h，该监测数据为铅围裙里面辐射工作人员身体位受到的辐射照射剂量)；③所有工作 2 组（包括 1 名主持医生，2 名助手）人员完成，考虑分工差异，辐射工作人员个体的最大工作量取其总量的 2/3。

根据表 6.7-7 的现状监测结果，DSA 机房操作室内操作位 X 辐射剂量率与未开机时相比未见显著升高，表明在辐射工作人员位于室外拍片操作时不会受到额外的辐射照射。

在上述偏保守的条件下，由公式 6-1 可以计算出该辐射工作人员接受的附加年有效剂量当量为 1.27mSv。

本评价项目以 5mSv 作为管理限值，相比之下，该医院从事介入操作的辐射工作人员所接受的年附加有效剂量低于管理限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

b. 公众成员

由类比监测结果可知：在正常使用条件下，机房周围公众成员活动范围内 X- γ 辐射剂量率与未开机时相比未见明显升高，故公众成员不会受到额外的辐射照射。

2) CT 和普通 X 光机

类比监测结果可知，射线装置机房在正常使用条件下，各机房周围各关心点位 X- γ 辐射剂量率与未开机时相比未见明显升高，其顶棚和底部的屏蔽防护能力和四侧墙体相当，故其辐射剂量率也不会明显升高，且开机工作时，辐射工作人员均位于操作位，故辐射工作人员和公众成员均不会受到额外的辐射照射，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

3) C 臂机

类比监测结果可知，移动 X 光机在 5m 外操作其辐射剂量率未见明显升高，本项目正式运行后，对 C 臂机可配备铅屏风，每次开机曝光前，通知无关人员撤离现场，其相

应的辐射工作人员和公众成员不会受到额外的辐射照射。

6.7.4 核磁共振

(1) 机房屏蔽

由于核磁共振仪机房尚无设计图纸，因此根据省内多个医院的核磁共振仪机房采取的屏蔽措施及其机房周围电磁辐射的现场监测结果，对其提出以下防护要求：机房的墙体应采用实心砖墙；各侧墙体周围宜采用铜皮进行辐射屏蔽，铜皮厚度应不小于 0.5mm。

表 6.7-8 核磁共振机房屏蔽设施一览表

项目	防护屏蔽设施
各侧墙体 (包括顶棚和地板)	0.5mm 厚的铜板，采用铜焊连接成六面体作磁屏蔽层，地面做绝缘板隔开。
观察窗	铜网(相当于 0.5mm 厚铜板)
屏蔽门	铜板内衬防护门(相当于 0.5mm 厚铜板)

(2) 类比分析

为了分析了解该项目建成投入运行后对周围电磁环境所造成的辐射影响，本次评价选取浙江省人民医院目前已经投入运行的核磁共振仪进行类比监测，可比性情况详见表 6.7-9。

表 6.7-9 核磁共振仪可比性分析

内容	类比对象（浙江省人民医院）	本项目
技术参数	3.0T	3.0 T 和 1.5T
防护设施	门	铜板内衬防护门(相当于 0.5mm 厚铜板)
	窗	铜网(相当于 0.5mm 厚铜板)
	墙体	0.5mm 厚的铜板，采用铜焊连接成六面体作磁屏蔽层，地面做绝缘板隔开。

由表 6.7-9 可知，本项目核磁共振仪机房、设备技术参数与类比对象相当，防护水平与类比对象相当，因此两个项目有很好的可比性，通过对类比对象的监测，可预测本项目运行后的辐射环境影响。

类比监测仪器与规范见表 6.5-2，类比监测结果见表 6.7-10，监测点位图见图 6.7-5。

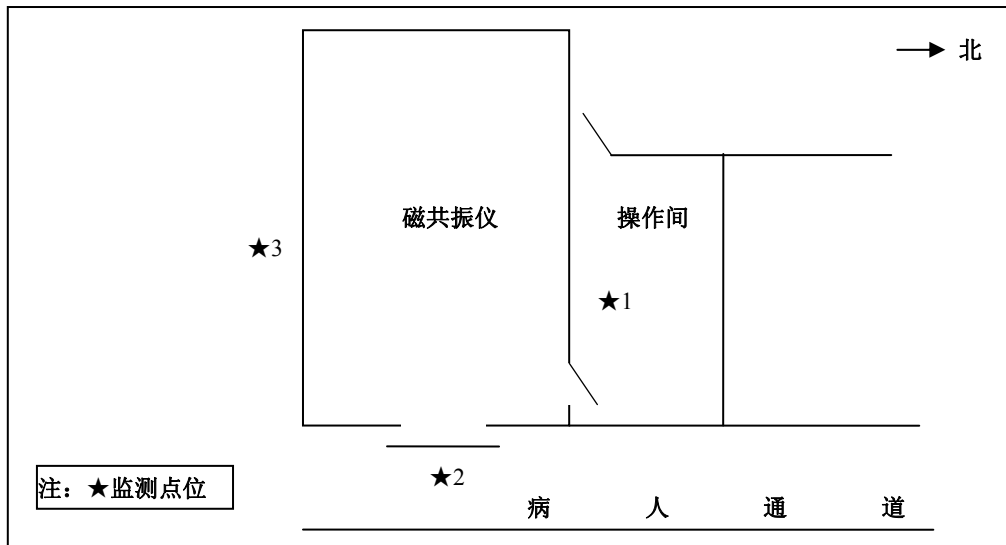


图 6.7-5 类比对象（核磁共振仪）监测点位图

表 6.7-10 类比项目核磁共振室周围电磁辐射水平测量结果

点位代号	点位描述	电场强度 V/m	磁场强度 A/m
★1	医生操作位	<0.6	未检出
★2	屏蔽门口（病人入口）	<0.6	未检出
★3	核磁共振室南侧围墙外	<0.6	未检出

注：0.6V/m 为仪器检测下限。

本项目拟建设核磁共振仪静磁场的磁感应强度为 1.5 和 3.0 特拉斯（15000 和 30000 高斯）。据文献报道，短时期内，在高达 2T（20000 高斯）的静磁场中照射不会对人员产生有损健康的效应。因此，本项目核磁共振影像系统的静磁场对人员不产生明显的损害。但是静磁场会干扰其它仪器的正常工作，例如心脏起搏器、生物刺激仪和神经刺激器要求小于 5 高斯的工作环境，因此，核磁共振影像系统机房的设计应将 5 高斯等磁感应强度限制在室内范围。另外，关于静磁场的防护标准国家尚未建立，因此，本项目不考虑静磁场对环境的影响问题。

由表 6.7-10 的监测结果可知，该核磁共振机房各监测点位电场强度低于本项目的评价标准值（电场强度 5.4V/m），磁场强度未检出（低于 0.01A/m），符合《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）的要求。

由类比测量结果可知，本项目拟建的核磁共振机房只要参照类比对象进行屏蔽，运行时其周围各测量点位的电磁场强度将低于本项目的评价标准值（电场强度 5.4V/m，磁场强度 0.015A/m），符合《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）的要求。

6.8 辐射屏蔽设计符合性分析

6.8.1 后装机

对照《后装 γ 源近距离治疗放射卫生防护标准》(GBZ 121-2002)的符合性分析如表 6.8-1 所示。

表 6.8-1 后装机机房屏蔽设计符合性分析

序号	标准防护要求	本项目方案	符合性
1	放射治疗室必须经专业人员设计,治疗室必须与准备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m ² 。	治疗室与准备室和控制室已分开,面积为 30.2m ²	符合
2	治疗室入口必须采用迷路设计,设置门机联锁,并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器	已用迷路设计,拟设置门机联锁,和声、光报警系统和应急开关与放射源监测器	符合
3	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,确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年剂量限值	防护墙: 0.55m 混凝土; 顶棚: 0.6m 混凝土; 防护门: 6mm 铅板; 迷道: 长 3.7m, 宽 1.8m; 墙 0.50m 混凝土	符合
4	在控制室与治疗室之间应设观察窗(或监视器)与对讲机	拟设置	符合

6.8.2 直线加速器

对照《医用电子加速器卫生防护标准》(GBZ126-2011)的符合性分析如表 6.8-2 所示。

6.8.3 其他射线装置(包括 DSA、CT 及普通 X 光机等)

本项目各放射机房的辐射防护屏蔽机房对照《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)的符合性分析如表 6.4-2 所示。各射线装置放射机房的机房面积、最小单边长度、各侧墙体屏蔽防护铅当量厚度均能满足标准要求。

6.9 选址合理性分析

本项目拟建放射诊断和治疗设备均置于医院中央的门诊医技楼内。后装机、直线加速器、CT 模拟定位机均位于地下一层,其余射线装置和核磁共振仪分别布置于医院门诊大楼一楼放射科、三层内镜中心、口腔门诊和四楼手术中心。门诊医技楼东侧为实验楼、急救停车场和院内绿化用地,距离东侧次入口约 70m;南侧为医院内绿化,距离南侧医院主入口约 70m;西侧为 1~3 号楼(病房楼),距离医院西侧边界约 130m;北侧为 6 号

楼（餐厅和报告厅），距离北侧边界约 110m。评价范围内无居民区，主要环境保护目标为该医院从事放射诊断治疗的工作人员、机房周围其他非辐射工作人员和公众成员。各机房屏蔽能力基本满足相关要求，故其选址是合理可行的。

表 6.8-2 直线加速器机房符合性分析表

序号	防护要求	本项目分析	符合性
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	直线加速器机房设计面积约为 52m ² （不包括迷道），墙体主防护墙采用重晶石混凝土一次性浇灌，重晶石混凝土密度为 3.0 吨/立方米，厚度为 2.25~2.5m，通道采用迷路通道，亦采用重晶石混凝土一次性浇灌，厚度为 1.2m，顶棚主防护部分为 2.7m 重晶石混凝土，副防护部分为 1.2m 重晶石混凝土，防护门的防护采用 20mmpb+120mm 聚乙烯+40mm 含硼聚乙烯。	符合
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		符合
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		符合
4	治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m ² 。		符合
5	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。		符合
6	X 射线能量超过 10MeV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护		符合
7	穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果	工程建设中已预埋“U”型过线管。	符合
8	治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备	按要求设置	符合
9	相关位置(例如治疗室入口处上方等)应安装醒目的射指示灯及辐射标志	机房投入运行前将必须安装辐射指示等及辐射危险标志。	符合
10	治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h	将按要求安装换气系统,采用新风系统和排风系统结合的方式。	符合

表 7 污染防治措施、辐射环境管理和监测计划

7.1 污染防治措施

7.1.1 密封源应用（ ^{192}Ir 后装机）

（1）治疗室须设置门机联锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

（2）治疗室防护门可根据类比对象的建造。

（3）在控制室与治疗室之间应设观察窗（或监视器）与对讲机。

（4）实施治疗时，治疗室内不得停留任何人员。

（5）对于报废的 ^{192}Ir 放射源，应由有资质的单位处置或生产厂家回收。

7.1.2 直线加速器

（1）治疗室和控制室之间必须安装监视和对讲设备。

（2）防护门必须与加速器连锁，迷道内设置紧急停机、开门按钮。

（3）治疗室外醒目处安装辐照指示灯和辐射危险标志；并注明工作时严禁人员入内。

（4）需配备 2 个个人剂量报警仪。

（5）加速器机房配备一套固定式剂量实时监测系统（其设置点位可重点布置在迷道口、出入口、主控室等位置）。

（6）医院必须配备 1 台便携式辐射监测仪。

（7）治疗室通风换气应达到每小时 4 次。

7.1.3 其他射线装置（DSA、CT 和普通 X 光机）

（1）射线装置机房必须设置工作指示灯，病人从候诊室进入机房的防护门的上方须设有电离辐射标志并有中文说明，并注明工作时严禁人员入内。

（2）根据各射线装置的实际工作情况配备可升降的含铅挡板，为受检病人的非检查部位提供遮挡，尽量减少受照剂量。

（3）C 臂机应配备铅屏风，出线开关宜采用遥控等远距离操控方式，在检查时应加强管理，清除手术室内无关人员，对确实不便移动人员，应为其设置铅屏风。

（4）所有的机房病人出入门外 1m 处应设置黄色警戒线，告戒无关人员请勿靠近。

（5）医院配备必须符合防护要求的辅助防护用品，医院所有辐射工作人员必须

配备个人剂量计，其他防护用品如铅衣、铅围裙、铅帽、铅屏风、铅眼镜等必须根据工作实际开展配备。

7.1.4 核磁共振仪

(1) 拟采用的屏蔽措施：屏蔽室为 0.5mm 厚的铜板，采用铜焊连接成六面体作磁屏蔽层，地面做绝缘板隔开。观察窗采用双层铜网(相当于 0.5mm 厚铜板)。屏蔽门敷设铜板。

(2) 机房必须设置工作指示灯，张贴注意电磁辐射的警告标志。

同时，医院必须制定各项规章制度、操作规程，并张贴于工作现场处。

7.2 辐射环境管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关规定，医院应设立专门的辐射安全防护管理机构，并制订相应的辐射环境管理规章制度，并向有审批权限的环境保护行政主管部门申领《辐射安全许可证》。

7.2.1 管理机构

根据有关规定：单位应设立专门的辐射安全和环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有专科以上学历的技术人员专人兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院必须制定《辐射防护安全管理机构及职责》。内容包括：

(1) 应确定单位负责人为本单位辐射工作安全责任人，设置行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责安全和防护工作。

(2) 辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

(3) 辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证单位各项规章制度的实施，具体如下：

a. 严格执行国家有关辐射环境相关规定，及时向环保部门申请使用许可证，并接受技术指导和技术监督；

b. 规范本单位辐射装置的安全管理，做好辐射装置的使用、更换、设备维护保养；

c. 制定辐射装置的使用规程，检查、监督并实施；

d. 负责放射性事故的调查、分析、处理并提出整改的安全管理措施及技术措施；

e. 配合上级主管部门做好辐射工作人员体检、辐射防护用品及安全监察，及时通知相关部门整改，保证可靠性。

辐射防护安全管理机构成员发生变化时，应向相关主管部门进行书面说明。

7.2.2 规章制度

医院须在正式投入运行前，根据目前法律法规的相关要求，制订以下规章制度。

(1) 《辐射安全防护管理工作制度》，内容包括：

a. 环评报批后，医院及时申领《辐射安全许可证》，领取许可证且办理登记手续后方可从事许可范围内的放射工作，需改变许可的内容或终止放射工作时，必须按规定向审批部门办理变更或注销手续；

b. 医院在从事辐射操作前，制定各辐射装置的《安全操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《自行检查和年度评估制度》、《定购、转让、运输及退役处理制度》等规章制度；同时医院须组织辐射工作人员进行上岗培训和辐射安全防护知识的培训，并进行个人剂量监测和职业健康检查。

c. 医院每年进行一次辐射装置使用的安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前上报许可证审批机关备案，接受行政机关的监督检查。

(2) 医院必须制定《操作规程》。

a. 凡涉及对辐射装置进行的操作，都有明确的操作规程（包括开机检查等一系列工作），操作人员按操作规程进行操作。

b. 辐射工作人员熟悉仪器的性能和使用方法，并做好相应的个人防护，操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

(3) 医院必须制定《岗位职责》。

医院必须制定各类辐射工作人员和辐射防护安全管理机构成员职责。

(4) 医院必须制定《辐射防护和安全保卫制度》。

a. 射线装置的使用场所，应有、开机工作警示灯，电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

b. 建立射线装置的档案和台账，贮存、使用射线装置时及时进行登记、检查，做到帐物相符。

(5) 医院必须制定《设备检修维护制度》。

a. 射线装置安装后应由有关部门组织验收，合格后有关人员签字后方可投入使

用；

- b. 验收后应由有关部门登记编号，设备档案资料由有关部门整理存档；
- c. 设备使用实行定人定机，严格岗位责任，自觉遵守操作规程；
- d. 做好设备的维护保养，确保设备安全正常运行。

（6）医院必须制定《自行检查和年度评估制度》。

a. 定期对各机房安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。

如每天进行门-机联锁安全装置、工作指示灯和电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每年进行职业健康体检档案归档及检查等。

b. 医院将编写辐射装置使用的安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前上报许可证审批机关备案，接受行政机关的监督检查。

（7）医院必须制定《放射诊疗质量控制大纲及计划》。

医院需配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有 1 名辐射工作人员负责落实。

医院应组织辐射工作人员认真学习上述规章制度，并且根据相关法律法规、主管部门的要求及自身情况不断加以完善。

7.2.3 事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）及其他有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，医院使用的密封放射源属Ⅲ类密封源，射线装置属Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，医院必须结合自身实际，制定《辐射事故应急方案》。具体包括以下内容：

- ① 应急机构和职责分工（明确具体人员和联系电话）；
- ② 可能发生的辐射事故类型与应急响应措施（主要为现场保护措施）；

可能发生的辐射事故类型参见章节 5.4，可立即采取切断射线装置电源、封闭现场等有效措施，防止事故的进一步扩大和蔓延。

- ③ 辐射事故报告制度，说明报告程序；

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告。

④环保、卫生的联系部门和电话；

⑤编写事故总结报告，上报环保部门并存档。

医院应急方案应建立辐射事故报告框图，明确人员及联系电话。以保证事故报告的可操作性。

7.2.4 健康管理

本项目实施后，医院需根据工作需要配备人员，须并做好以下几个方面：

对新上岗工作人员，做好上岗前的职业健康体检，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员进行个人剂量检测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。个人剂量监测的频率为每 3 个月 1 次，职业健康检查的频率为每 2 年 1 次。

该单位还应为辐射工作人员保存职业照射记录；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行健康体检。

7.2.5 安全培训

医院必须在申领《辐射安全许可证》前组织所有辐射工作人员参加有资质的单位组织的辐射防护知识培训，并经考核合格取得相应的培训证书后方可上岗。此外，该单位还需根据相关规定对工作人员每四年安排再培训，新上岗辐射工作人员必须经过相关的安全和防护知识培训。

7.2.6 监测计划

医院可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射装置机房周围环境进行辐射监测，需要指出的是监测数据每年年底须向当地环保局上报备案。

（1）监测频度：每年常规监测一次。

（2）监测范围：各机房屏蔽墙外，防护门及缝隙处，候诊区、操作位等。

（3）监测项目：X、 γ 辐射剂量率；n 辐射剂量率；电场强度、磁场强度。

（4）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

7.3 环境监理

为确保报告表及医院防护设计中提出的各项环境保护措施能够充分落实，医院应在项目的施工过程中请有资质的单位对项目的建设进行环境监理。

表 8 公告

为使项目周围公众了解本项目的建设情况及对环境的影响，建设单位就本项目的环境影响于 2014 年 5 月 20 日在杭州之江国家旅游度假区基础设施建设开发中心张贴了辐射环境影响评价告知书，内容主要包括工程概况、环境影响及初步评价结论；意见反馈方式主要为电话，时间为 10 个工作日。

在公告期间，建设单位、评价单位及环保部门均未接到任何意见反馈。



图 8-1 现场公告照片

表 9 结论和建议

9.1 实践正当性分析

医院使用密封源、射线装置和核磁共振，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

9.2 选址合理性分析

医院拟建辐射设备均置于医院中央的门诊医技楼内，布置于医院门诊医技楼地下一层和地上一层放射科、三层内镜中心、口腔门诊和四层手术中心。门诊医技楼东侧为实验楼、急救停车场和院内绿化用地，距离东侧次入口约 70m；南侧为医院内绿化，距离南侧医院主入口约 70m；西侧为 1~3 号楼（病房楼），距离医院西侧边界约 130m；北侧为 6 号楼（餐厅和报告厅），距离北侧边界约 110m。评价范围内无居民区，主要环境保护目标为该医院从事放射诊断治疗的工作人员、机房周围其他非辐射工作人员和公众成员。各机房屏蔽能力基本满足相关要求，故其选址是合理可行的。

9.3 辐射屏蔽要求

医院根据拟采用的辐射屏蔽方案，根据类比监测和辐射环境影响预测分析可知，该项目机房屏蔽能力能满足相应标准要求。

9.4 主要污染因子及辐射环境影响评价

后装机 ^{192}Ir 密封源污染因子主要考虑 γ 射线；射线装置的污染因子主要考虑 X 射线，其中直线加速器还需考虑中子及臭氧、氮氧化物；核磁共振的主要污染因子考虑电磁场。

(1) 密封源：根据类比分析可知，运行时所致辐射工作人员的附加年最大有效剂量当量为 0.17mSv，公众成员不会受到额外的辐射照射。

(2) 射线装置：根据类比分析可知，①直线加速器辐射工作人员受到的辐射照射为开机时的照射，辐射工作人员所受的年附加辐射照射为 0.04mSv。公众成员可能受到的额外辐射照射为 1.0 μ Sv。②该医院从事 DSA 介入操作的辐射工作人员所接受的年附加有效剂量为 1.27mSv，机房周围公众成员不会受到额外的辐射照射；③CT 和普通 X 光机（包括 DR、数字胃肠机、乳腺钼靶机、口腔牙片 X 光机、口腔全景 X 光机、口腔 CT 等）辐射工作人员均位于操作位，不会

受到额外的辐射照射，机房周围公众亦不会受到额外的辐射照射；④C 臂机的辐射工作人员及其周围公众成员不会受到额外的辐射照射。

由此可知，本项目所致射线装置辐射工作人员和公众成员附加年最大有效剂量当量均低于相应的职业人员的剂量管理限值（5mSv）和公众人员的剂量管理限值（0.25mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（3）核磁共振仪：根据类比分析可知，本项目拟建的核磁共振室只要参照类比对象进行屏蔽，运行时核磁共振室周围各测量点位的电磁场强度将低于本项目项目的评价标准值（电场强度 5.4V/m，磁场强度 0.015A/m），符合《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）的要求。

9.5 污染防治措施现有污染防治措施

见 9.1 章节

9.6 辐射环境管理制度

单位应设立专门的辐射安全和环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有专科以上学历的技术人员专人兼职负责辐射安全与环境保护管理工作，并制定《辐射防护安全管理机构及职责》。

医院须在正式投入运行前，根据目前法律法规的相关要求，制订《辐射安全防护管理工作制度》、《安全操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《自行检查和年度评估制度》、《定购、转让、运输及退役处理制度》、《放射诊疗质量控制大纲及计划》等一系列规章制度以及《辐射事故应急预案》。

医院应按照国家关于个人剂量监测和职业健康管理的规定，对辐射工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

医院必须在申领《辐射安全许可证》前组织所有辐射工作人员参加有资质的单位组织的辐射防护知识培训，并经考核合格取得相应的培训证书后方可上岗。此外，该单位还需根据相关规定对工作人员每四年安排再培训，新上岗辐射工作人员必须经过相关的安全和防护知识培训。

9.7 环境监理

为确保报告表及医院防护设计中提出的各项环境保护措施能够充分落实，建设单位应在项目的施工过程中请有资质的单位对项目的建设进行环境监理。

9.8 结论

综上所述，在全面落实本报告提出的各项污染防治措施和规章制度的前提下，杭州市之江医院（暂定名）医用放射源和射线装置建设项目对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

9.9 建议

若本项目布局、设计、源项发生重大改变需重新评价。



附图 1 本项目地理位置示意图



▲监测点位

附图 2 项目周边环境及监测点位示意图

建设项目环境保护审批登记表

填表单位（盖章）：浙江国辐环保科技中心

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建设项目	项 目 名 称	杭州市之江医院（暂定名）医用放射源和射线装置建设项目				建 设 地 点		杭州市之江医院（暂定名）门诊医技楼									
	建设内容及规模	新建 1 台 γ 后装机，配备 1 枚 ¹⁹² Ir 放射源；2 台直线加速器、2 台 DSA、1 台 CT 模拟定位机、3 台 CT 和 13 台普通 X 光机；2 台核磁共振仪。				建 设 性 质		■新建 □改 扩 建 □技 术 改 造									
	行 业 类 别	Q8311 综合医院				环 境 影 向 评 价 管 理 类 别		□报 告 书 ■报 告 表 □登 记 表									
	总投资（万元）	127667				环保投资（万元）		3000			所占比例（%）		2.3				
建设单位	单 位 名 称	杭州市之江国家旅游度假区基础设施 建设开发中心		联 系 电 话	0571-86652896		评价单位	单 位 名 称	浙江国辐环保科技有限公司			联 系 电 话	0571-28992136				
	通 讯 地 址	杭州市之江路 118 号		邮 政 编 码	310005			通 讯 地 址	杭州市文一路 306 号			邮 政 编 码	310012				
	法 人 代 表	俞三东		联 系 人	郑先生			证 书 编 号	国环评证甲字第 2005 号			评 价 经 费	/				
区域环境现状	项目所处 环 境 质 量 等 级	环境空气： 地表水： 地下水： 环境噪声： 海水： 土壤： 其它：															
	环 境 敏 感 特 征	□自然保护区 □风景名胜區 □饮用水水源保护区 □基本农田保护区 □水土流失重点防治区 □ 沙化地封禁保护区 □森林公园 □地质公园 □重要湿地 □基本草原 □文物保护单位 □珍稀动植物栖息地 □世界自然文化遗产 □重点流域 □重点湖泊 □两控区															
污染物排放与总量控制、工业建设项	排放总量及主要污染物	现有工程（已建+在建）				本工程（拟建或调整变更）						总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）					
		排放浓度 (1)	允许排 放浓度 (2)	实际排 放总量 (3)	核定排 放总量 (4)	预测排 放浓度 (5)	允许排 放浓度 (6)	产生量 (7)	自身 削减量 (8)	预测排 放总量 (9)	核定排 放总量 (10)	“以新带 老”削减量 (11)	区域平衡替 代本工程削 减量 (12)	预测排 放总量 (13)	核定排 放总量 (14)	排放增 减量 (15)	
	废——水																
	化学需氧量																
	氨 氮																
	石 油 类																
	废——气																
	二 氧 化 硫																
	烟 尘																
	工 业 粉 尘																
	氮 氧 化 物																
	工业固体废物																
	其它与本项目有关的其 它污染源	电离辐 射、电 磁辐射	经类比监测和预测分析，医院和建设单位在充分落实本报告提出的各项污染防治措施和规章制度的前提下，本项目密封放射源、射线装置、电磁设备的辐射环境影响将符合国家有关标准。														

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少

2、(12): 指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量

$$3, (9) = (7) - (8), (15) = (9) - (11) - (12), (13) = (3) - (11) + (9)$$

4、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升；大气污染物排放浓度——毫克/立方米；水污染物排放量——吨/年；大气污染物排放量——吨/年