

目 录

1 项目概况.....	1
2 总论.....	2
3 射线装置.....	12
4 医院概况.....	14
5 污染源分析.....	15
6 辐射环境影响评价.....	19
7 环境影响分析.....	21
8 污染防治措施、辐射环境管理和监测计划.....	33
9 环评告知.....	37
10 从事辐射活动能力要求.....	38
11 结论与建议.....	39
附图 1 医院地理位置图.....	42
附图 2 医院周边情况示意图.....	43
附图 3 医院总平面图.....	44
附图 4 PET-CT、放射性核素使用场所平面布置图.....	45
附图 5 DSA 机房平面布置图.....	46

1 项目概况

单位名称	绍兴市人民医院		地址	绍兴市中兴北路 568 号	
法人代表	郭航远	电话	0575 88228836	邮编	312000
联系人	马建国		联系电话	13575588909	
项目名称	医用放射性同位素和射线装置应用项目		项目地点	医院院区内	
项目用途	医学诊断		项目依据	浙卫发[2012]276 号 绍市卫发[2012]140 号	
总投资	--				
核技术项目投资（万元）	--		核技术项目 环保投资（万元）	--	
应用 类型	放射性同位素应用	密封源	射线装置	其它	
	乙级	V	II	--	
<p>核技术应用的目的和任务：</p> <p>为了进一步提高医院总体水平，积极吸收国际先进医疗技术，医院计划引进 PET-CT，使用放射性核素 F-18。医院拟将体检中心大楼一层改建为临床核医学中心，用以安装 PET-CT 相关设备，并将现有 ECT 移迁至改建场所，同时医院计划更新 1 台 DSA。</p>					

2 总论

2.1 项目由来

绍兴市人民医院始建于 1942 年，是绍兴地区唯一一家集医疗、教学、科研、预防、保健、康复管理为一体的三级甲等综合性医院。医院现有 1 台直线加速器、2 台 DSA、3 台 CT、18 台 X 光机、1 台核磁共振、1 台皮肤敷贴器（含 ^{90}Sr - ^{90}Y 放射源，活度 $1.5 \times 10^9 \text{Bq}$ ）和 ECT（使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性同位素标记，日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ ）等设备，已于 2009 年 4 月 16 日通过浙江省环境保护局验收（浙环辐验[2009]105 号），医院现有的《辐射安全许可证》有效期至 2018 年 10 月。2013 年 9 月医院根据绍兴市环境保护局的批复意见，增加更新了 13 台 X 射线装置，目前医院已委托绍兴市环境保护局对该 13 台设备进行了验收监测。

由于绍兴市尚无 PET-CT 诊断设备，大多数病源需转运至杭州、上海等周边城市进行检查。为进一步提升绍兴市公共卫生服务水平，积极吸收国际先进医疗技术，解决绍兴市患者就诊难的问题，医院拟引进 1 套 PET-CT 系统，使用放射性核素 F-18。更新 1 台 DSA，搬迁原有的 ECT 系统。

经与建设单位核实，医院 5 年内的辐射活动规模为现有许可证的许可内容和本次评价内容。本次评价内容为：新增 PET-CT 系统和放射性核素 ^{18}F ，并配备 ^{22}Na 校准源 1 枚，更新 1 台 DSA，将原有 ECT 系统（使用放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）搬迁至体检中心一层。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及国家有关辐射环境管理规定，本项目应进行环境影响评价。为保护环境，保障公众健康，绍兴市人民医院于 2013 年 7 月委托浙江国辐环保科技中心对该院放射性同位素及医用射线装置应用项目进行辐射环境影响评价，**同时当更新 DSA 时，医院将对原有 DSA 进行报废处理，并根据相关规定，报环境保护部门。**

评价单位在现场踏勘、监测和收集有关资料的基础上，按照国家对辐射建设项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成本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》，1998 年 11 月；
- (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 12 月；
- (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，国家环境保护部令第 2 号，2008 年 10 月；
- (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 修正版），中华人民共和国环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月；
- (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，国家环境保护部令第 18 号，2011 年 5 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) 辐射安全许可证，见附件 1；
- (2) 环评委托书，见附件 2；
- (3) 辐射环境影响评价告知书，见附件 3；
- (4) 验收批文，浙环辐验[2009]105 号，见附件 4；
- (5) 《浙江省卫生厅关于同意杭州市红十字医院等医疗机构配置乙类大型医用设备的批复》，浙卫发[2012]276 号，见附件 5；
- (6) 《绍兴市卫生局关于成立绍兴市医学检查诊疗中心 PET-CT 分中心的通知》，绍市卫发[2012]140 号，见附件 6；
- (7) 其他资料，见附件 7。

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）

4.3.3 防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和

潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

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 作为管理限值。

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。

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

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。

第 B2 款 表面污染控制水平

第 B2.1 款，工作场所的表面污染控制水平如表 2-1 所列。

③ 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

第 C1 款，应按表 2-2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 2-1 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

表 面 类 型		β 放射性物质
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	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹
1) 该区内的高污染子区除外。		

表 2-2 非密封源工作场所的分级

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

④放射性物质向环境排放的控制

第 8.6.2 款规定, 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 倍排放流量的普通下水道, 并应对每次排放作好记录:

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, 其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得);

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

(2) 《临床核医学卫生防护标准》(GBZ 120-2002)

本标准适用于临床核医学应用放射性核素和药物进行诊断和治疗 (不包括敷贴治疗) 的单位和工作人员。

(3) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009)

本标准适用于医学实践中医用放射性废物管理, 不包括远距离治疗用 GBq 量级以上废弃密封放射源的管理。

5 液体废物的管理

5.1 放射性废液

5.1.1 使用放射性核素量比较大,产生污水比较多的核医学单位,必须有废水专用处理装置或分隔污水池轮流存放和排放废水。污水池必须恰当选址,池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性,应有防止泄漏措施。

5.1.2 产生放射性核素废液而无废水池的单位,应将废液注入容器存放 10 个半衰期,排入下水道系统。如废液含长半衰期核素,可先固化,然后作固体废物处理。

5.1.3 下列低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道:每月排放总活度不超过 10ALI_{\min} ,每一次排放活度不超过 1ALI_{\min} ,且每次排放后进行冲洗,医学常用放射性核素 ALI_{\min} 见附录 B(规范性附录)。

5.1.4 放射性浓度不超过 $1\times 10^4\text{Bq/L}$ 的废闪烁液,或仅含有浓度不超过 $1\times 10^5\text{Bq/L}$ 的 ^3H 或 ^{14}C 的废闪烁液不按放射性废物处理。

5.1.5 放射性浓度小于或等于"公众导出食入浓度" $\text{DIC}(\text{公众})$ 的废液作非放射性废液处理,可排入下水道系统。医学常用放射性核素 $\text{DIC}(\text{公众})$ 值见附录 B(规范性附录)。

5.1.6 放射性废液中含有两种以上放射性核素时,相应的"公众导出食入浓度" $\text{DIC}_{\min}(\text{公众})$ 值的计算见附录 B(规范性附录)。

5.2 注射过或服用过放射性药物的病人的排泄物

5.2.1 使用放射性药物治疗病人的医疗单位,必须为住院治疗病人提供有防护标志的专用厕所,对病人排泄物实施统一收集和管理。规定病人住院治疗期间不得使用其他厕所。

5.2.2 住院病人专用厕所应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件,而且随时保持便池周围清洁。

5.2.3 专用化粪池内排泄物贮存 10 个半衰期后排入下水道系统。池内沉渣如难于排出,可进行酸化,促进排入下水道系统。

5.2.4 无专用厕所和专用化粪池的单位,应根据不同核素排泄特点,为注射和服用放射性药物(^{131}I 、 ^{32}P)的住院治疗病人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。最初几天的收集物存放 10 个半衰期,作一般废物处理。

5.2.5 按第 5.2.4 条收集含 ^{131}I 病人排泄物时,必须同时加入 NaOH 或 10% KI 溶液后密闭存放待处理。

5.2.6 对含有放射性核素的实验动物排泄物,如本单位不具备专用化粪池,处理

方法可参照 5.2.4 条。含有长半衰期核素的排泄物，可固化后按固体放射性废物处理。

5.2.7 对同时含有病原体的病人排泄物应备有专门容器单独收集，经存放衰变、杀菌和消毒处理后，排入下水道系统。

5.2.8 符合下列条件之一的病人排泄物不需要统一管理：

- a) 注射或服用放射性药物的门诊病人排泄物；
- b) 符合出院条件的病人排泄物。

6 固体废物的管理

6.1 废物收集

6.1.1 按第 4.1 条废物分类标准和废物的可燃与不可燃、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标志。

6.1.3 污物桶放置点应避开工作人员作业和经常走动的地方。

6.1.4 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。装满后的废物袋及时转送贮存室。

6.2 废物存放

6.2.1 贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风条件或安装通风设备，出入口设电离辐射标志。

6.2.2 废物袋或废物包、废物桶及其它存放废物的容器必须在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度范围和存放日期的说明。

6.2.3 内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加外套。

6.3 废物处理

6.3.1 焚烧可燃固体废物必须在具备焚烧放射性废物条件的焚化炉内进行。

6.3.2 同时污染有病原体的固体废物，必须先消毒、灭菌，然后按固体放射性废物处理。

6.3.3 GBq 量级以下且失去使用价值的废弃密封放射源必须在具备足够外照射屏蔽能力的设施里存放和待处理。

6.3.4 比活度小于或等于 $7.4 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 的医用废物可直接作非放射性废物处理。

6.3.5 废物经过存放衰变，比活度降低到 $7.4 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 以下后，即可作非放射性废物处理。

(4)《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与安全。

5.2 每台 X 射线机(不含移动式和携带式床旁摄影机与车载 X 射线机)应设有单独的机房,机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房,其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 2-1 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 2-2 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。

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

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

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。

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 2-3 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，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；防护用品和辅助防护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，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。

5.10 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

表 2-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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

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

表 2-4 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。

表 2-5 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、铅防护 眼镜 选配：铅橡胶手 套	铅悬挂防护 屏、铅防护吊 帘、床侧防护 帘、床侧防护 屏 选配：移动铅 防护屏风	铅橡胶性腺防护 围裙（方形）或 方巾、铅橡胶颈 套、铅橡胶帽子、 阴影屏蔽器具	—

注：“—”表示不要求。

DSA 机房参照表 2-3、表 2-4、表 2-5 的相关标准执行。

2.6 评价目的

(1) 对医院拟建辐射设备机房周围进行辐射环境监测，以掌握各机房周围的辐射环境本底水平；

(2) 对医院拟建的辐射设备机房进行辐射环境影响评价分析；

(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”。

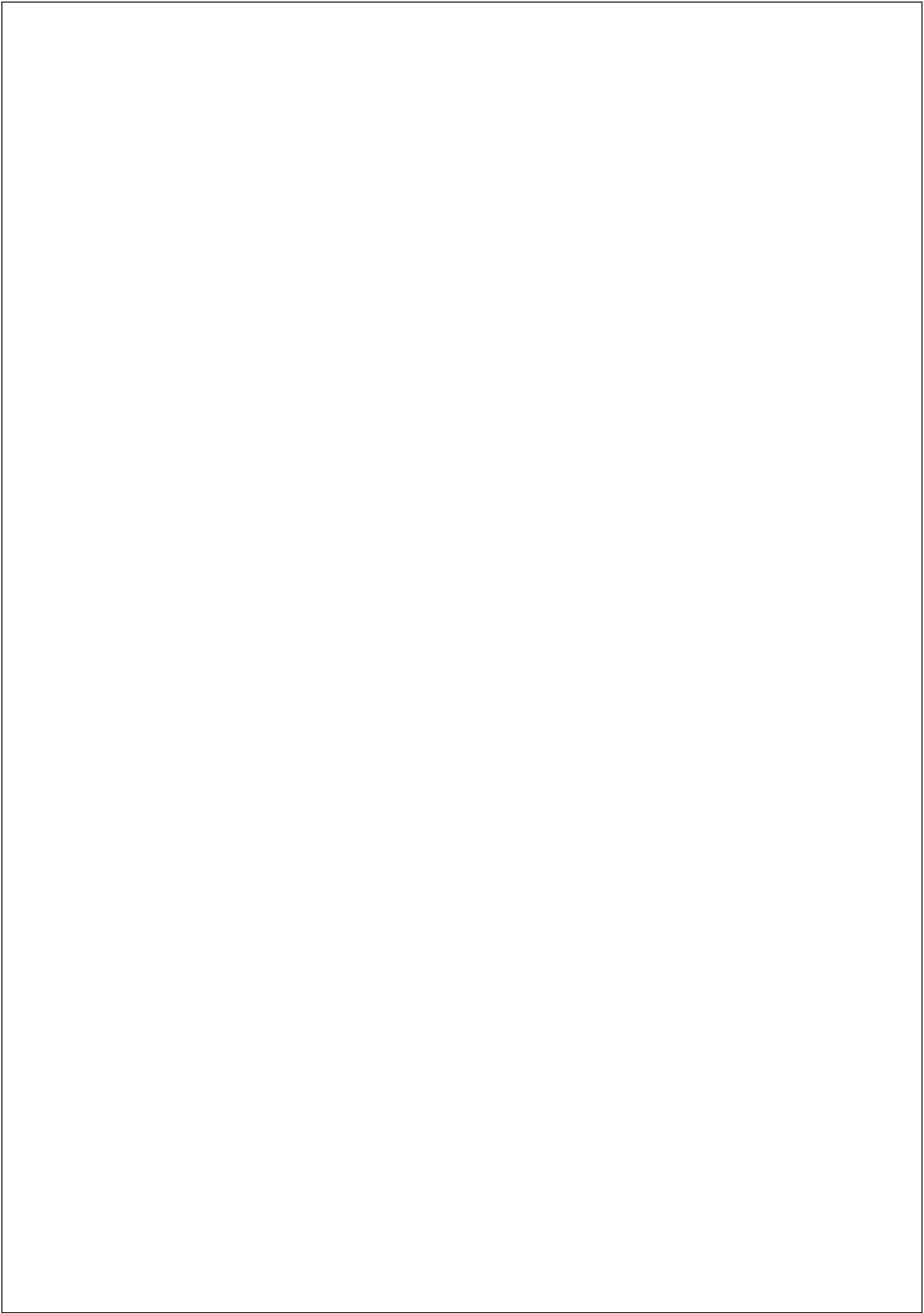
(4) 满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

2.7 评价范围

根据本项目的特点，结合《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）的相关规定，确定以辐射工作场所周围 50m 作为本项目的的评价范围。

2.8 环境保护目标

本项目的的评价保护对象为医院从事放射诊断、治疗的工作人员、机房周围其他非辐射工作人员和医院周围活动的公众成员。



3 射线装置

表 3-1 放射源（已环评）

序号	设备名称	类别	主要技术指标	使用状态	备注
1	⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y	V	1.5×10 ⁹ Bq×1	使用	已验收

表 3-2 非密封放射性物质（已环评）

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量（贝可）	年最大用量（贝可）	使用状态	备注
1	核医学科	乙级	^{99m} Tc	7.4×10 ⁷ Bq	1.48×10 ¹² Bq	使用	已验收

表 3-3 射线装置（已环评）

序号	装置名称	类别	装置数量	使用状态	备注
1	直线加速器	II	1	使用	已验收
2	DSA	II	2	使用	已验收
3	普通 X 光机	III	18	使用	已验收
4	CT	III	3	使用	已验收
5	核磁共振	--	1	使用	已验收

表 3-4 射线装置（2013 年扩建增加部分，已环评）

序号	装置名称	类别	装置数量	使用状态	备注
1	普通 X 光机	III	12	使用	申请验收中
2	CT	III	1	使用	申请验收中

表 3-5 射线装置（本次环评）

序号	设备名称	数量	型号	主要技术指标	使用场所	备注
1	DSA	1	飞利浦 FD10	125kV/1250mA	门诊大楼	设备更新

表 3-6 非密封放射性同位素（本次环评）

序号	核素名称	物理性态	最大日操作量 (Bq)	年用量 (Bq/a)	半衰期	来源	用途
1	¹⁸ F	液态	9.2×10 ⁹	2.4×10 ¹²	1.83h	购入	PET-CT
2	^{99m} Tc	液态	1.5×10 ¹⁰	8.7×10 ¹²	6.02h	购入	ECT

表 3-7 密封源（本次环评）

序号	核素名称	放射性活度 (Bq)	数量	物理、化学性态	分类	用途
1	Na-22	5.92×10 ⁶	6	Na-22 的半衰期为 2.6 年，常温下为固态，毒性分组为中毒组。	V 类源	PET-CT 校准源
2	Na-22	5.92×10 ⁷	1	Na-22 的半衰期为 2.6 年，常温下为固态，毒性分组为中毒组。	V 类源	PET-CT 校准源

表 3-8 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
放射性废水	液态	总β: <10 Bq/L	根据实际使用情况。	衰变池	普通下水道
含放射性的固废 (废一次性注射器、废手套、废药棉、废滤纸等)	固态	放射性比活度 小于 2.0×10 ⁴ Bq/kg***	根据实际使用情况。	废物储存室	10 个半衰期后作为普通的医疗垃圾处理

4 医院概况

4.1 医院概况

绍兴人民医院始建于 1942 年，是绍兴地区唯一一家集医疗、教学、科研、预防、保健、康复管理为一体的三级甲等综合性医院；是绍兴地区综合实力最强、诊治病人最多的大型综合性医疗机构，承担着本地区五百多万人民群众的常见病、多发病和疑难疾病诊治、重大突发医疗事件的救治任务。

医院现是浙江大学医学院、温州医学院等 17 所高等院校的教学基地和研究生培养基地。医院现占地面积 228 亩，建筑面积 19.2 万平方米，核定床位 1500 张、开放床位 1664 张，设置科室有临床、医技科室 42 个，现在院职工 2035 人，高级职称 332 人，硕、博士 218 人，研究生导师 16 名。

4.2 地理位置

4.2.1 医院地理位置

绍兴市人民医院位于绍兴市中兴北路 568 号，西侧和南侧为长大江，北侧为二环北路，东侧为昌安西街，医院地理位置见附图 1。

4.2.2 本次环评辐射工作场所位置

拟增 PET-CT、放射性核素使用场所位于医院西侧的体检中心 1 楼，东、南、北、西均为医院内建筑物，西侧为河道。拟更新的 DSA 位于医院综合楼 3 楼，综合楼东、南、西、北均为医院内建筑物。PET-CT、放射性核素使用场所平面布置图见附图 4，DSA 机房平面布置图见附图 5，医院位置图见附图 1，医院周围情况示意图见附图 2，医院总平面图见附图 3。

5 污染源分析

5.1 本项目放射性同位素性能参数

本项目使用的放射性同位素有 ^{18}F 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。 ^{18}F 用于 PET-CT 检查， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用于 ECT 各器官显象诊断，其放射性核素的性能参数见表 5-1。

表 5-1 同位素性能参数表

核素名称	物理性态	半衰期	衰变方式	来源	用途
^{18}F	液体	1.83h	β^+	外购	PET-CT
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液体	6.02h	IT	外购	ECT

5.2 PET-CT

(1) 工作原理

当某种放射性核素或其标记物通过注射，口服等方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 PET-CT 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，PET-CT 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

(2) 污染因子

^{18}F 发射的正电子与负电子相结合，能产生湮没 γ 光子辐射，能量为 0.511MeV。因此， γ 射线是该项目的主要污染因子。另外，医生在对带有 ^{18}F 制剂的各种操作中，不可避免地会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染；也会产生一些固体废弃物，还有病人的排泄物等对水环境的污染。

因此，用 ^{18}F 等核素标记 PET-CT 项目污染因子是： γ 射线、 β 表面污染、废水、固体废弃物中的 ^{18}F 以及 γ 射线与空气作用产生的臭氧、氮氧化物等有害气体。

5.3 PET-CT 校准密封源

本项目 PET-CT 装置拟配备 7 枚 Na-22 校准源，其中 6 枚源的活度不大于

$5.92 \times 10^6 \text{Bq}$ ，1 枚源的活度不大于 $5.92 \times 10^7 \text{Bq}$ ，均属于 V 类源，平时将放置于铅屏蔽容器中并保存在医院储源室内。

5.4 ECT

(1) 工作原理

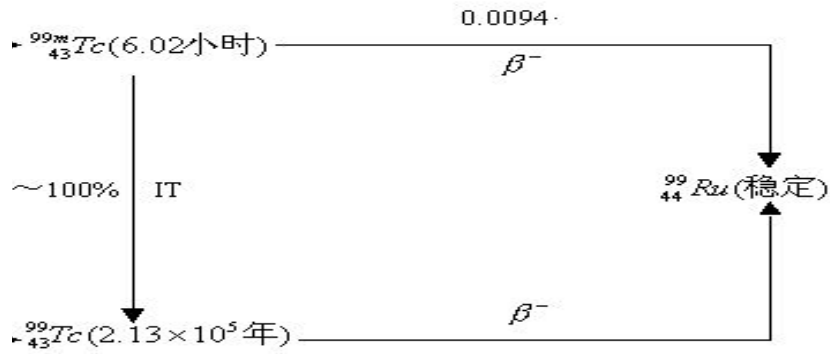
当某种放射性核素或其标记物通过注射、口服等方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 ECT 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，ECT 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

(2) 污染因子

医院采用向外订购的方式开展 ECT 检查，虽然提高了药物成本，但减少了生产、合成和质控等环节，给工作场所的辐射防护提供了有利条件。核医学科工作人员只须从原包装中抽取药物，直接给病人注射，受药病人在指定场所静卧待检。存放过的空瓶连同外包装物，由供方即时回收，从而避免对工作场所造成大面积的放射性 β 表面污染。

医院拟购 ECT 为直接外购 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 做为标记溶液，不用“母牛”洗脱，一般情况下，医院不对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记溶液进行分装。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的主要衰变方式是同质异能跃迁，发射 γ 射线，下面列出其衰变的详细过程：



用 ^{99m}Tc 标记 ECT 对工作环境造成的影响主要是 ^{99m}Tc 标记溶液和注射标记液后的病人对工作人员的 γ 外照射， ^{99m}Tc 标记溶液在注射操作过程中失误标记溶液溅洒对工作台面、地面等造成表面污染。放射性废液主要是病人排泄物。固态放射性废物主要是操作过程中被污染的医生戴的手套等。 ^{99m}Tc 为非挥发性物质，无溶液的挥发。

因此，用 ^{99m}Tc 标记 ECT 项目污染因子是： γ 射线， β 表面污染，废液、废水和固体废弃物中的 ^{99m}Tc 。

5.5 DSA

(1) 工作原理

DSA 为采用 X 射线进行摄影的技术设备，由 X 射线管和高压电源组成，其典型 X 射线管的结构详见图 5-1。

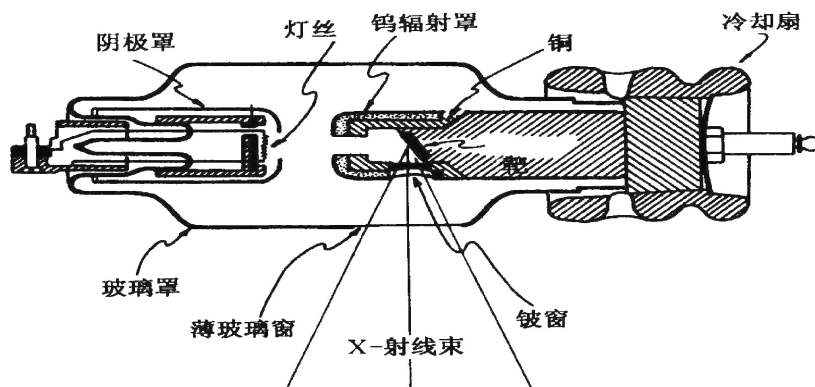


图 5-1 典型 X 射线管结构图

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

造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。

（2）设备组成

虽然上述四种诊断用的 X 射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 射线的 X 射线管、供给 X 射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 射线的“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

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 射线透视下将导管送达上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 射线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

（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。

6 辐射环境影响评价

环评单位于 2014 年 3 月 10 日对项目所在地进行了环境辐射水平监测。

6.1 监测目的

掌握拟增辐射工作场所周围的环境辐射水平，为环境影响评价提供基础数据。

6.2 监测内容

根据污染因子分析，在拟增辐射工作场所进行了环境辐射水平监测。

6.3 监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 6-1。

表 6-1 X-γ射线剂量率监测仪器参数与规范

仪器名称	X-γ剂量监测仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
生产公司	Thermo 公司
能量响应	在 60keV~3MeV 范围内误差 $\leq\pm 15\%$
量 程	X-γ: 1nSv/h~100μSv/h
检定证书	中国计量科学研究院 (证书编号: Dyjl2013-2784) 有效期: 2013 年 8 月 13 日~2014 年 8 月 12 日
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)

6.4 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。

6.5 监测结果

监测点位图参见附图 4 和附图 5，监测结果参见表 6-2。

表 6-2 PET-CT 拟建址辐射剂量率监测结果

点位 序号	测 点 描 述	测量值 nGy/h	
		平均值	标准差
Δ1	拟建病人给药前候诊室	124.2	1.0
Δ2	拟建 VIP 病人给药前候诊室 (1)	123.5	2.0
Δ3	拟建 VIP 病人给药前候诊室 (2)	116.3	1.9
Δ4	拟建分装注射室	122.5	1.6
Δ5	拟建源库和污物储存	111.6	1.3
Δ6	拟建 ECT 病人受药后候诊室	134.0	1.5
Δ7	拟建核医学科处病人通道	132.4	1.4
Δ8	拟建 PET-CT 病人受药后候诊室	126.9	1.6
Δ9	拟建 PET-CT VIP 病人受药后候诊室	123.2	1.8
Δ10	拟建 ECT 机房	119.9	1.5
Δ11	拟建 PET-CT 机房	127.2	1.3
Δ12	拟更换设备 DSA 机房周围巡测	133.3	2.1

6.6 监测结果分析

由表 6-2 监测结果可知，PET-CT 拟建址周围 γ 辐射剂量率在 97.3~132.4nGy/h 之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，绍兴地区 γ 辐射剂量率在 61~335nGy/h 之间，可见其 γ 辐射剂量率处于一般本底水平，未见异常。

7 环境影响分析

7.1 屏蔽概况

本项目各辐射工作场所屏蔽设施情况见表 7-1 所示。本项目核医学科位于医院西侧的体检中心 1 楼，其平面布置图见附图 4，DSA 机房位于医院综合楼 3 楼，其平面布置图见附图 5。

表 7-1 屏蔽设施情况一览表

名称	防护墙	房顶	观察窗	防护门
PET-CT 工作场所	墙体为 240mm 厚实心 粘土砖外加 20mm 辐 射防护涂料	120mm 混凝土外加 25mm 铅当量辐射防 护涂料	5mm 铅当量	4mm 铅板
ECT 工作场所	墙体为 240mm 厚实心 粘土砖外加 20mm 辐 射防护涂料	120mm 混凝土外加 25mm 铅当量辐射防 护涂料	3mm 铅当量	3mm 铅板
DSA	24cm 实心红砖+2cm 钡水泥+1.2mm 钢板	20cm 现浇混凝土加 1cm 钡水泥	12mm 铅玻璃	3mm 铅板

7.2 同位素

7.2.1 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，可以计算出各核素的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (7-1)$$

根据式 (7-1) 计算得到的各核素的日等效操作量结果见表 7-2，对照表 2-2 非密封源工作场所分级标准确定的分级结果也见表 7-2。

表 7-2 工作场所分级

序号	核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作因子	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所分级
1	¹⁸ F	9.2×10 ⁹	0.01	1	9.2×10 ⁷	乙级
2	^{99m} Tc	1.5×10 ¹⁰	0.01	1	1.5×10 ⁸	乙级

从表 7-2 可见，根据医院使用放射性核素的类型和用量，医院 PET-CT 工作场所应按照乙级工作场所进行管理。对照《临床核医学卫生防护标准》(GBZ120-2006)中关于“按不同级别工作场所室内表面和装备的要求”（见表 7-3），该 PET-CT 工作场所应按照乙级工作场所的标准要求进行设计建设。

表 7-3 乙级工作场所室内表面和装备的要求

工作场所	地面	表面	通风柜	室内通风	管道	清洗及去污设备
乙	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要

根据表 7-3 关于乙级工作场所的标准要求，医院在设计建设过程中，应做到放射性同位素的操作台面和地面光滑易清洗，各台面无明显缝隙，以确保该工作场所不易渗透；应设置良好的排风系统，确保 PET-CT 工作场所通风良好。

7.2.2 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，核医学工作场所依据管理的需要，可分为控制区和监督区。①放射性药物给药、储存、显像、受药后病人候诊室可划为控制区。②控制室、更衣室、受药前病人等候区可划分为监督区。

核医学区的设计布局如附图 4 所示，设置了专用的病人通道，有病人专用的候诊室和病人厕所，同时，医院设置了专用的医生通道，有医生专用的卫生通过间。其功能分区基本满足管理的要求。

7.2.3 放射性废液（废水）

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) 5.1.1 款规定，使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 2×10⁷Bq 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗

漏措施。

同时根据《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) 5.2.8 款, a)注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物不需要统一管理。因此,本次放射性废液的评价重点针对医护人员的洗手水、清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械的清洗水。

根据 GB18871-2002 的排放要求: 每月排放总活度 $<10ALI_{min}$, 每次排放活度 $<1ALI_{min}$, 本次评价根据实际日最大操作量进行了保守的反推计算, 以确定最佳的 PET 室衰变池容量, 具体如下:

PET 室内放射性废水主要来自工作人员操作过程中手部可能受到微量 ^{18}F 污染的洗手水, 清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量 ^{18}F 的清洗水。根据医院实际调查情况做保守假设, 假设在诊治过程中某次操作不小心, 有 1/100 放射性同位素沾到台面等处, 其中 90%转移固体废弃物中去(按操作规程, 应先用药棉等先擦去), 10%转移到清洗水中去, 则这些废水中放射性同位素的含量见表 7-4。

表 7-4 放射性废液排放方式表

	^{18}F	^{99m}Tc
半衰期	1.83h	6.02h
一次误操作时的含量	3.7×10^5	7.4×10^5
ALI_{min} (Bq)	2.0×10^9	3.0×10^9
达标情况	达标	达标
每月排放量 (未经过衰变时)	1.3×10^7	5.4×10^7
$10ALI_{min}$ (Bq)	2.0×10^{10}	3.0×10^{10}
达标情况	达标	达标
排放标准	每月排放总活度 $<10ALI_{min}$; 每次排放活度 $<1ALI_{min}$	每月排放总活度 $<10ALI_{min}$;

根据医院放射性同位素的使用规模和特性, 虽其放射性同位素未经衰变也能达标排放, 但根据《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) 5.1.1 款规定, 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 Bq$ 的临床核医学单位和医学科研机构, 应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。同时为今后扩大规模预留空间, 医院设置了衰变池。具体设计见图 7-1~图 7-4,

该系统有六个并联的放射性废水衰变处理池，每个衰变处理池容积为 12.7m³。

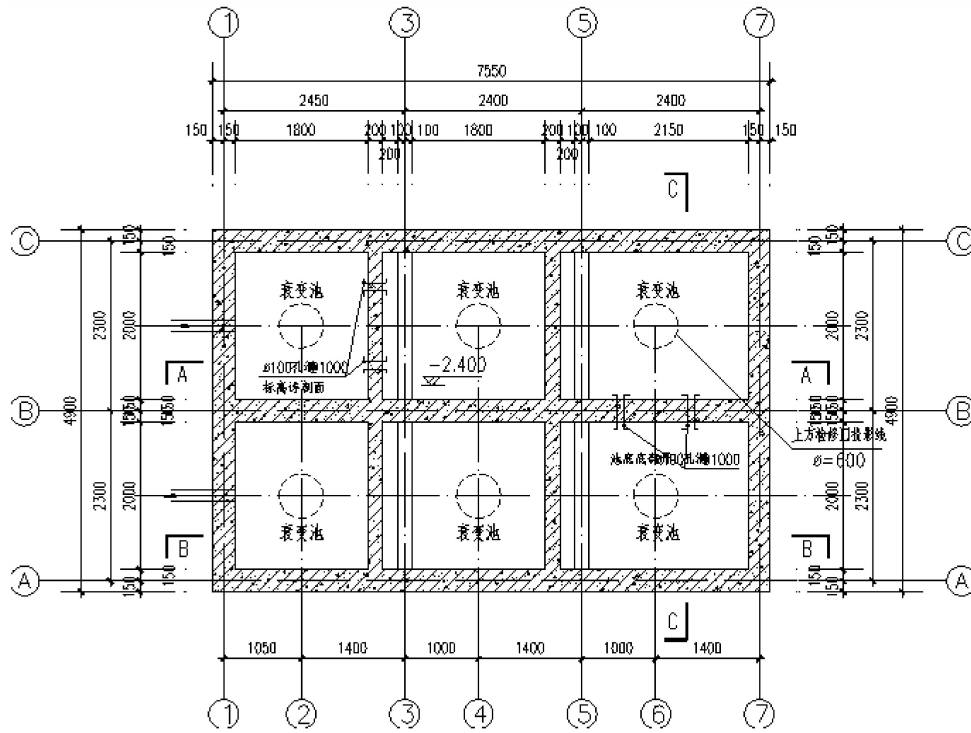


图 7-1 衰变池平面图

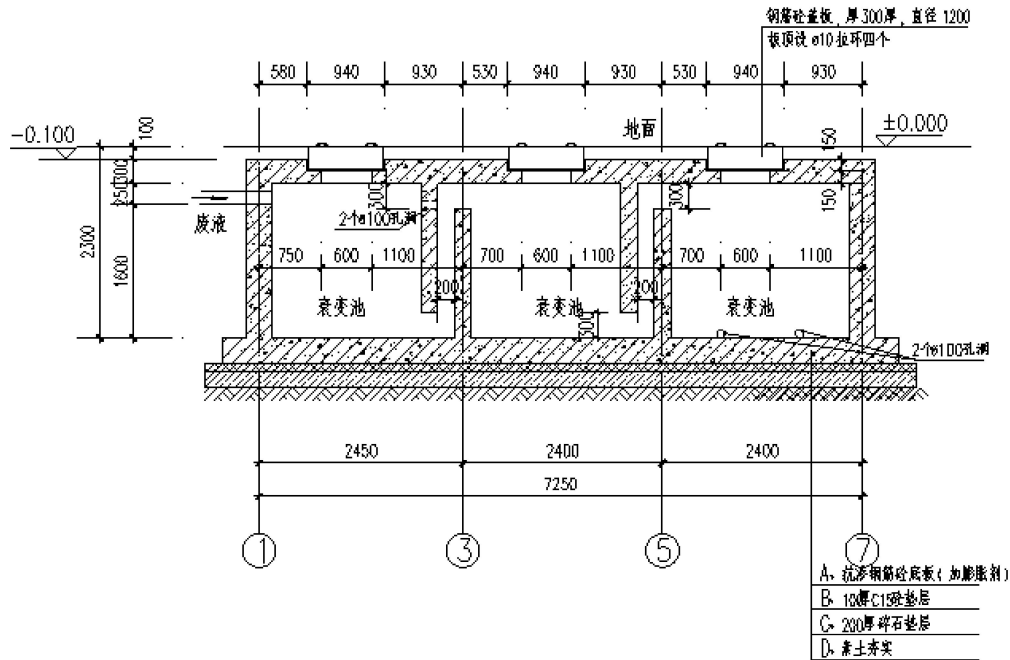


图 7-2 衰变池剖面图 A

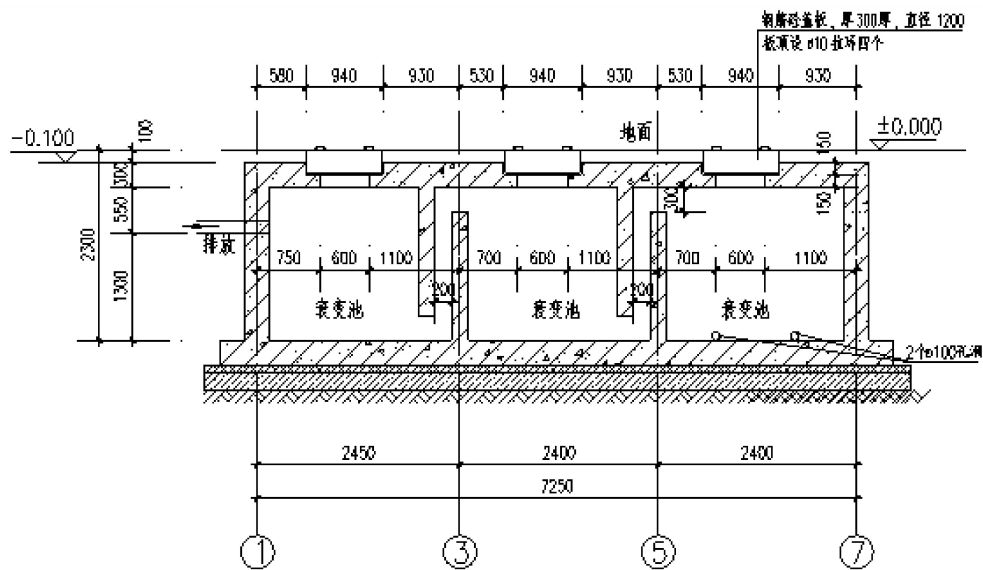


图 7-3 衰变池剖面图 B

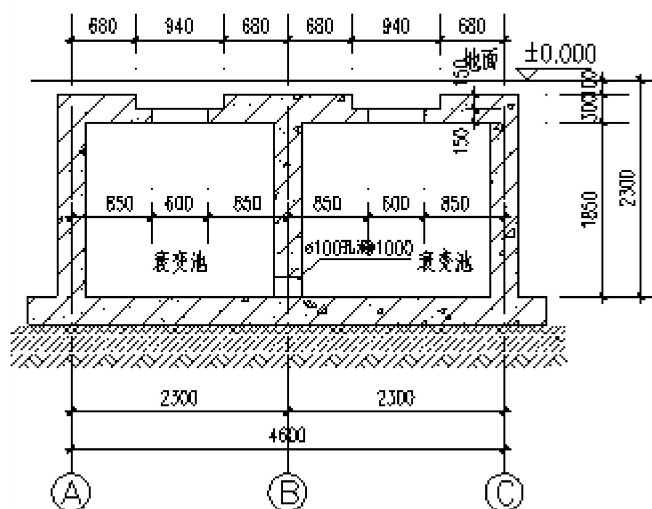


图 7-4 衰变池剖面图 C

采取上述措施后，其放射性废水的排放将符合《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）的要求。

7.2.4 放射性固体废弃物

由污染源分析可知，放射性固体废弃物主要包括一次性注射器、手套等物品。

核医学科相关工作场所的放射性固体废弃物收集在专用污物桶内，拟集中贮存于注射源库内，集中收储 10 个半衰期（其中含 ^{18}F 的废物须满足贮存 18.3h 的要求）后，再与医院的其他固体废物一起作为普通的医疗垃圾处理（同时确保放射性比活

度小于 2.0×10^4 Bq/kg)。用来收集放射性固体废弃物的专用污物桶须贴上电离辐射标志，并把受不同核素污染的固体废物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间。

在采取上述措施后，其放射性固体废弃物的排放也将符合《城市放射性废物管理办法》的要求。

7.2.5 放射性废气

由污染源分析可知，核医学科使用的 ^{18}F 放射性同位素均为非挥发性核素，使用过程介质均为水，操作比较简单为直接注射。

操作放射性药物所使用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s ），并高于本建筑屋脊。采取上述措施后将符合《临床核医学卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求。

7.2.6 剂量估算

（1）类比对象选择

为分析本项目 PETCT 和 ECT 机房投入运行后对周围环境产生的辐射环境影响，评价采用类比监测的方法进行分析，其中 PETCT 机房的类比对象选取杭州中国人民解放军第一一七医院已经建成运行的 PETCT 机房，ECT 机房的类比对象选取温州医学院目前在用的 ECT 机房。各机房的类比可比性分析见表 7-5 和表 7-6。

表 7-5 PETCT 机房 类比分析比对照表

比对内容	本项目 PETCT 机房	一一七医院 PET-CT 机房	分析比对结论
使用核素及用量	^{18}F , 5~10mCi	^{18}F , 5~10mCi	一致
药物来源	外购	外购	一致
屏蔽能力	机房墙体采用 24cm 实心砖墙外加 20mm 辐射防护涂料, 房顶使用 120mm 混凝土外加 25mm 铅当量辐射防护涂料, 机房面积为 54m ² , 观察窗铅玻璃的防护能力相当于 5.0mm 铅当量, 防护门的防护能力相当于 4.0mm 铅板。	机房面积 50m ² , 墙体采用 37cm 实心砖墙 (相当于 3mm 铅当量), 铅门厚度相当于 4mm 铅当量, 顶棚相当于 3mm 铅当量, 观察窗相当于 6mm 铅当量。	本项目的屏蔽能力与一一七医院 PETCT 机房的屏蔽能力基本一致。
工作区域设置	分区设计可实现控制区、监督区和非限制区分区管理, 受药病人设有专门通道。	格局基本可分为控制区、监督区和非限制区三区, 受药病人设有专门通道。	格局均布置合理, 可满足分区管理要求, 避免不必要的照射。
病患受检流程	先注射药物, 然后上机检查。	先注射药物, 然后上机检查。	工作流程一致, 均不需要药物的分装。

表 7-6 ECT 机房类比分析比对照表

比对内容	本项目 ECT 机房	温州医学院 ECT 机房	分析比对结论
使用核素及用量	$^{99\text{m}}\text{Tc}$, 5~20mCi	$^{99\text{m}}\text{Tc}$, 5~20mCi	一致
药物来源	外购	外购	一致
屏蔽能力	机房墙体采用 24cm 实心砖墙外加 20mm 辐射防护涂料, 房顶使用 120mm 混凝土外加 25mm 铅当量辐射防护涂料, 机房面积为 40m ² , 观察窗铅玻璃的防护能力相当于 3.0mm 铅当量, 防护门的防护能力相当于 3.0mm 铅板。	墙体建设采用 25cm 实心砖墙, 墙体表面涂刷 2cm 厚的辐射防护涂层, 门窗均采用具有 2mm 铅防护当量, 机房面积 20m ² 。	本项目的屏蔽能力优于温州医学院 SPECT 机房。
工作区域设置	分区管理设计, 可实现控制区、监督区和非限制区的分区管理, 受药病人设有专门通道。	现有格局基本可分为控制区、监督区和非限制区三区, 受药病人设有专门通道。	格局均布置合理, 可满足分区管理要求, 避免不必要的照射。
病患受检流程	先注射药物, 然后上机检查。	先注射药物, 然后上机检查。	工作流程一致, 均不需要药物的分装。

(2) 类比监测结果

一一七医院 PETCT 机房正常运行情况下，其周围各监测点位的监测结果见表 7-7。

表 7-7 一一七医院 PETCT 机房类比监测结果 单位：nGy/h

机房名称	点位号	点 位 描 述		辐射剂量率 (nGy/h)	
				平均值	标准差
PET-CT (开机状态： 注射 10mCi ¹⁸ F 的病人)	▲1	病人出入门 30cm 处	关机	125.6	2.0
			开机	127.0	3.0
	▲2	工作人员出入门 30cm 处	关机	125.6	2.9
			开机	128.7	0.6
	▲3	医生操作位，观察窗	关机	125.8	2.3
			开机	130.0	1.0
	▲4	北侧墙 30cm 处，绿化	关机	108.7	3.3
			开机	111.0	4.4
	▲5	东侧墙 30cm 处，绿化	关机	106.7	3.1
			开机	110.0	1.7
	▲6	标记注射室离注射位	未注射	125.0	3.4
			注射	2166.7	60.3
	▲7	病人表面 5cm 处	注射	21566.7	757.2
	▲8	废物桶表面（内满）5cm 处			1106.7

温州医学院ECT机房正常运行情况下,其周围各监测点位的监测结果见表7-8。

表 7-8 温州医学院 ECT 机房类比监测结果 单位: nGy/h

点位 序号	测 点 描 述	平均值	标准差	
Δ 1	内有一个注射了 20mCi ^{99m} Tc 的病人	医生操作位	176.6	2.2
Δ 2		医生入口门缝处	174.2	4.0
Δ 3		病人入口门缝处	174.0	1.8
Δ 4		ECT 机房走廊上	185.4	2.8
Δ 5		ECT 机房南侧围墙外	173.3	5.1
Δ 6	注射了 20mCi ^{99m} Tc 的病人表面 5cm 处	37796.2	170.1	
Δ 7	注射了 20mCi ^{99m} Tc 的病人表面 1m 处	4033.3	29.9	
Δ 8	废物筒表面	1081.6	44.9	
Δ 9	废物库门口	471.4	12.4	
Δ 10	废物库北侧墙外	178.5	3.0	
Δ 11	医生注射位 (针筒屏蔽)	2130.8	4.3	

(3) 剂量估算

根据表 7-7 和表 7-8 的类比监测结果可见,核医学科 PETCT 和 SPECT 机房在运行过程中,医护人员所受的辐射照射主要来自放射性核素的注射和近距离接触受药病人的两个环节,鉴于本项目的 PETCT 和 ECT 机房均设置在核医学科,人员和设备均互为交叉使用,因此本次剂量估算根据类比监测数据结合 PETCT 和 ECT 机房预计门诊量计算得到辐射工作人员可能受到总的照射剂量,并以此根据医护人员的轮值班时间,计算得到每位辐射工作人员可能受到的最大照射剂量。

①、剂量估算公式

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:

$$H_{Er} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \quad (7-1)$$

其中: H_{Er} : 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、辐射工作人员

根据医院的预计门诊量, ^{18}F 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 每年的最大门诊病人将分别达到 6500 人和 7800 人, 根据类比监测结果, 辐射工作人员受到的辐射照射来自为病人注射核素、侍服病人上机等过程产生的照射。现假设: a、工作人员每次注射 ^{18}F 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素分别为 0.5 分钟 (γ 辐射剂量率分别取 2166.7 和 2130.8 nGy/h), 侍服已注射 ^{18}F 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素的病人上机检查时间分别为 1 分钟 (γ 辐射剂量率分别取 21566.7 和 37796.2 nGy/h), ^{18}F 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素的年操作分别为 6600 和 6000 人次。b、医院建成运行后, 核医学科的医疗检查诊断工作将由 7 班医生轮流负责。

根据监测结果和式 (7-1), 可以计算出所有辐射工作人员中可能所受到最大辐射照射的工作人员所接受的附加年有效剂量约为 0.70 mSv。

本评价项目以 5 mSv 作为管理限值, 相比之下, 该院的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。

③、公众成员

医院对核医学科严格管理, 使公众成员不会到达控制区与监督区, 同时该院的病人一般均为门诊病人, 如无特殊情况, 即由病人专门出口处离开, 一般不住院, 因此公众成员不会在该院内受到额外的辐射照射。

因此绍兴市人民医院的 PETCT 和 ECT 机房只要根据设计, 保证施工质量, 其建成投入运行后, 亦能符合辐射环境保护的要求。

7.3 DSA

由于本项目评价的 DSA 只是将原来东芝型号 DSA 换为与其相邻的机房内飞利浦 DSA 一样的机器并在原来东芝的机房内运行, 因此采用类比监测的方法对其运行期的辐射环境影响进行分析。

(1) 类比分析

类比对象选取本医院飞利浦型号 DSA 机房, 由于两个 DSA 机房设计完全一样, 应用的是同样型号的机器, 所以具有很好的类比性。因此可用本医院的飞利浦型号 DSA 机房的使用情况说明本项目更换机器后的东芝型号 DSA 机房周围环境的辐射影响。类比项目监测点位示意图见图 7-5, 监测结果见表 7-9。

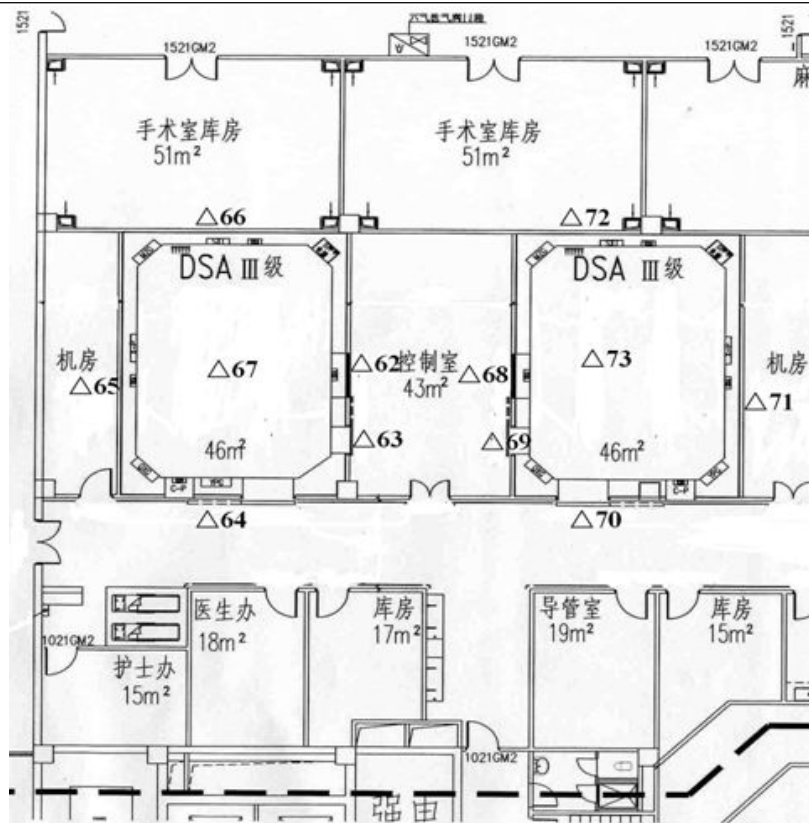


图 7-5 DSA 机房监测点位示意图

表 7-9 DSA 机房周围 X-γ 辐射剂量率现状监测结果

机型	点位序号	点位描述	辐射剂量率 (nGy/h)		工况
			关机	开机	
飞利浦 DSA	△62	工作位	109 (1)	108	拍片 75kV 320mA.s 透视 100kV 0.3mA.s
	△63	医生出入口	113 (1)	117	
	△64	病人出入口左	120 (2)	140	
		病人出入口中		111	
		病人出入口右		147	
	△65	西墙外 30cm 处	127 (2)	127	
	△66	北墙外 30cm 处	127 (3)	126	
	△67	室内医生工作位	115	8175	
铅衣内		1206			

(2) 监测结果评价

根据表 7-9 的监测结果可知：

DSA 机房周围各监测点位辐射剂量率在设备不运行时为 109~127nGy/h，设备运行时为 108~147nGy/h；未见明显升高。DSA 室内医生操作位铅衣内 X- γ 辐射剂量率为 1206nGy/h。

①辐射工作人员

从事 DSA 操作的辐射工作人员所受到的照射主要考虑在机房内操作的辐射工作人员所受的照射，其计算的参数主要如下：1、每年工作 260 天，每天平均约 15 例病人，每例病人所需的出线时间平均约为 20 分钟；2、所有工作由 12 位医生承担。3、开机时机房内医生操作位防护衣内的辐射剂量率为 1206nGy/h（关机时为 115nGy/h），开机时医生手部的辐射剂量率为 16980nGy/h（关机时为 132nGy/h）。

计算结果：由公式（7-1）可以计算出该工作人员接受的附加年有效剂量为 0.18mSv。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②公众成员

根据监测结果可知，DSA 机房周围和公众成员可能靠近区域的辐射剂量率在开机前后均无明显变化，且由于医院里人员的流动性较大，就某个特定公众人员在 DSA 机房周围停留的时间也相对较短，因此其所受到照射可以忽略。

8 污染防治措施、辐射环境管理和监测计划

8.1 污染防治措施

8.1.1 核医学拟采取的污染防治措施

①核医学用房装修时，地面均须铺设塑料地坪，地面平整光滑无接缝，易于清洗不渗漏，有利于表面污染的防治。

②医院拟设置专用的病人厕所、医护清洗室，有利于工作人员污染的防治。

③放射性废水（液）

a 医院已设置专用衰变池，放射性废水经衰变池存放衰变后，与其余废水一起处理后达标排放。衰变池的池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性。

b 在废水衰变池边设置监测井，便于监测废水衰变池的衰变情况。

c 对放射性废水衰变池还应建立定期检查制度，防止泄漏。

④放射性固体废物

医院拟设置放射性废物暂存室，核医学用房投入使用后，还须做到以下几点：

a 严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理，设置专门的放射性废物存放房间，应力求控制和减少放射性废物产生量。

b 对所有放射性固体废物采用先收集在各自相关工作场所的专用污物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放到放射性物品贮存室内，集中收储一段时间后（应视不同的核素，控制不同的收贮时间，以减少放射性废物的收贮量）再分类处理。

c 供收集的专用污物桶应具有外防护层和电离辐射标志。

d 内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）。

e 污物桶应放置于废物贮存室内，避开工作人员作业和经常走动的地方。

⑤贮存放射性药物的房间应加设防盗报警装置，认真做好防火、防盗、防泄漏的“三防”工作。

⑥辐射工作场所各侧屏蔽体应严格按照本报告认可的设计要求建设，保证施工质量。

⑦辐射工作场所设置有中文注示的电离辐射警告标志。

⑧辐射工作场所应配备便携式 γ 剂量率仪一台，表面污染监测仪一台，医生进

入辐射机房应携带具有报警功能的个人剂量率监测仪，所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案。

8.1.2 DSA

已有的污染防治措施：

①各射线装置机房的墙体采用 24cm 实心红砖+2cm 钡水泥+1.2mm 钢板，20cm 现浇混凝土+1cm 钡水泥，铅防护门内衬 3mm 厚的铅板。根据现场监测结果，其防护能力基本能满足辐射环境保护的要求。

②医院已在各操作室张贴相应的操作规程。

③医院为配套 DSA 使用，配备有符合防护要求的辅助防护用品，具体为铅衣，铅帽和铅眼镜等。

④射线装置机房应设置工作指示灯，机房门外均已张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明。

8.2 辐射环境管理

医院已经按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《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》及环境保护主管部门的对辐射环境管理的要求，成立辐射防护管理机构，并制定系统的规章制度。环评报批后医院必须尽快到浙江省环保厅换领《辐射安全许可证》。具体如下：

8.2.1 管理机构

医院已成立辐射安全与环境保护管理小组，但必须按照相应法规明确放射防护安全管理机构及职责。做到分工明确、职责分明。领导小组应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施。

8.2.2 规章制度

医院已建立的制度：

- 1) 现有辐射装置《操作规程》
- 2) 《辐射安全管理人员和辐射工作人员岗位职责》
- 3) 《放射性废弃物存储与处置制度》
- 4) 《放射安全保卫管理制度》
- 5) 《自行检查和年度评估制度》
- 6) 《放射工作人员健康管理制度》

7) 《辐射事故应急处理预案》

医院还应建立以下规章制度：

(1) 医院应制定《放射性同位素使用登记制度》。

医院应制定放射性核素储存、使用与管理规程，包括储存放射性同位素应及时登记，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面擦拭试验结果；使用时进行登记，登记内容包括使用防护、使用剂量；并建立了放射性药物收支、核实记录，并加强档案管理。

(2) 医院应制订《订购、转让、运输及退役处理制度》。

a 转让射线装置和放射性同位素和密封源，由转入单位向其所在地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门提出申请，并提交符合下列要求的证明材料，内容：转出、转入单位持有与所从事活动相符的许可证；转入单位具有射线装置和放射性同位素使用期满后的处理方案；转让双方已经签订书面转让协议。转出、转入单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别向其所在地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门备案；

b 放射性同位素的包装容器和射线装置应当设置明显的放射性标识和中文警示说明，放射性同位素的包装容器上能够设置放射性标识的应当一并设置，本项目放射性同位素的运输均由供源单位提供；

(3) 医院应制定《质量保证大纲和质量控制检测》

医院应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，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。

(4) 医院应建立《辐射工作监测方案》

8.2.3 事故应急

医院已建立应急预案。该医院使用的射线装置属 II 类射线装置，密封源属 V 类放射源，使用的放射性同位素为乙级工作场所，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，结合单位的实际情况，该医院须建立的辐射事故应急方案应当包括下列内容：

(1) 应急机构和职责分工；

(2) 应急人员的组织、培训以及应急；

(3) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施；

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

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，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。对于射线装置被盗事故还应向公安部门报告。

8.2.4 放射性药品管理

①按照《放射性药品管理办法》规定，该院使用放射性药品，必须符合国家的放射卫生防护基本标准，做好有关报批手续。

②放射性药品应由专人负责保管。放射性药品应放在铅罐内，置于贮源室的贮源柜内，严防丢失。发现放射性药品丢失时，应立即追查去向，并报告有关部门。

③应建立放射性药品使用登记表册，在使用时认真按要求逐项填写。并做永久性保存。

④贮存放射性药物的房间应加设防盗报警装置，认真做好防火、防盗、防泄漏的“三防”工作。加强各个时段放射性药物的管理。

⑤医院应加强对放射性废水的产生、排放，放射性废物的产生、贮存、处置等各个环节的管理，使之符合国家相关环保法规的要求。

8.3 安全培训及健康管理

1) 医院已组织辐射工作人员进行了个人剂量检测（见附件 7），医院应严格执行每三个月检测一次的要求，并建立个人剂量档案。

2) 医院已组织辐射工作人员参加了放射职业健康体检（见附件 7）。医院应严格按照在岗期间（每年 1 次）、新上岗时和离岗时进行全面职业健康检查，并要求建立《职业健康检查档案》。

3) 医院已组织辐射工作人员参加了辐射安全与防护知识培训并取得了合格证，医院应按每 4 年一次的要求进行复训。

8.4 监测方案

医院必须委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，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，操作台等。

③监测项目：辐射剂量率、表面污染。

9 环评告知

为使医院内部职工及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2013年7月17日在医院门口张贴了辐射环境影响评价告知书（见图9-1），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（见附件3）。

建设单位、环保部门和评价单位在环评告知期间没有收到任何反馈情况和异议。



图 9-1 现场告知照片

10 从事辐射活动能力要求

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用辐射装置的单位应具备相应的条件。对其从事辐射活动能力的评价见表 10-1：

表 10-1 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已设置领导小组。
(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	已参加培训； 应组织所有辐射工作人员参加培训。
(三) 放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	在用机房已设有安全措施； 新增辐射工作场所待落实。
(四) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	扩建后应为新增辐射工作人员配备个人剂量计、剂量报警仪。
(五) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、辐射装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已建立。
(六) 有完善的辐射事故应急措施。	已建立。

以上分析可知，医院在落实本报告提出的各项要求后，将基本具备从事满足相应法律法规要求的辐射活动的技术能力。

11 结论与建议

11.1 实践的正当性

绍兴市人民医院配置各类辐射装置，目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人，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。

11.2 选址合理性

根据分析可知，本项目辐射机房按设计指标建造，在保证施工质量的情况下，其防护能力能符合防护要求。该项目的建设运行对周围环境的影响能满足辐射环保的要求，故其选址是合理可行的。

11.3 辐射环境影响评价

医院拟增的辐射机房的防护设计已考虑了其周边工作人员和公众的辐射安全，其防护性能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.4 污染防治措施

核医学拟采取的污染防治措施

①核医学用房装修时，地面均须铺设塑料地坪，地面平整光滑无接缝，易于清洗不渗漏，有利于表面污染的防治。

②医院拟设置专用的病人厕所、医护清洗室，有利于工作人员污染的防治。

③放射性废水（液）

a 医院已设置专用衰变池，放射性废水经衰变池存放衰变后，与其余废水一起处理后达标排放。衰变池的池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性。

b 在废水衰变池边设置监测井，便于监测废水衰变池的衰变情况。

c 对放射性废水衰变池还应建立定期检查制度，防止泄漏。

④放射性固体废物

医院拟设置放射性废物暂存室，核医学用房投入使用后，还须做到以下几点：

a 严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理，设置专门的放射性废物存放房间，应力求控制和减少放射性废物产生量。

b 对所有放射性固体废物采用先收集在各自相关工作场所的专用污物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放到放射性物品贮存室内，集中收储一段时间后（应视不同的核素，控制不同的收贮时间，以减少放射性废物的收贮量）

再分类处理。

c 供收集的专用污物桶应具有外防护层和电离辐射标志。

d 内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）。

e 污物桶应放置于废物贮存室内，避开工作人员作业和经常走动的地方。

⑤贮存放射性药物的房间应加设防盗报警装置，认真做好防火、防盗、防泄漏的“三防”工作。

⑥辐射工作场所各侧屏蔽体应严格按照本报告认可的设计要求建设，保证施工质量。

⑦辐射工作场所设置有中文注示的电离辐射警告标志。

⑧辐射工作场所应配备便携式 γ 剂量率仪一台，表面污染监测仪一台，医生进入辐射机房应携带具有报警功能的个人剂量率监测仪，所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案。

DSA 已有的污染防治措施：

①各射线装置机房的墙体采用24cm 实心红砖+2cm 钡水泥+1.2mm 钢板，20cm 现浇混凝土+1cm 钡水泥，铅防护门内衬 3mm 厚的铅板。根据现场监测结果，其防护能力基本能满足辐射环境保护的要求。

②医院已在各操作室张贴相应的操作规程。

③医院为配套 DSA 使用，配备有符合防护要求的辅助防护用品，具体为铅衣，铅帽和铅眼镜等。

④射线装置机房应设置工作指示灯，机房门外均已张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明。

11.5 辐射环境管理

医院已成立了辐射安全管理领导小组，制订了《操作规程》、《辐射安全管理人员和辐射工作人员岗位职责》、《放射性废弃物存储与处置制度》、《放射安全保卫管理制度》、《自行检查和年度评估制度》、《放射工作人员健康管理制度》、《辐射事故应急处理预案》等规章制度。

1) 医院已组织辐射工作人员进行了个人剂量检测，医院应严格执行每三个月

检测一次的要求，并建立个人剂量档案。

2) 医院已组织辐射工作人员参加了放射职业健康体检。医院应严格按照在岗期间（每年 1 次）、新上岗时和离岗时进行全面职业健康检查，并要求建立《职业健康检查档案》。

3) 医院已有辐射工作人员参加了辐射安全与防护知识培训并取得了合格证，医院应按每 4 年一次的要求进行复训。

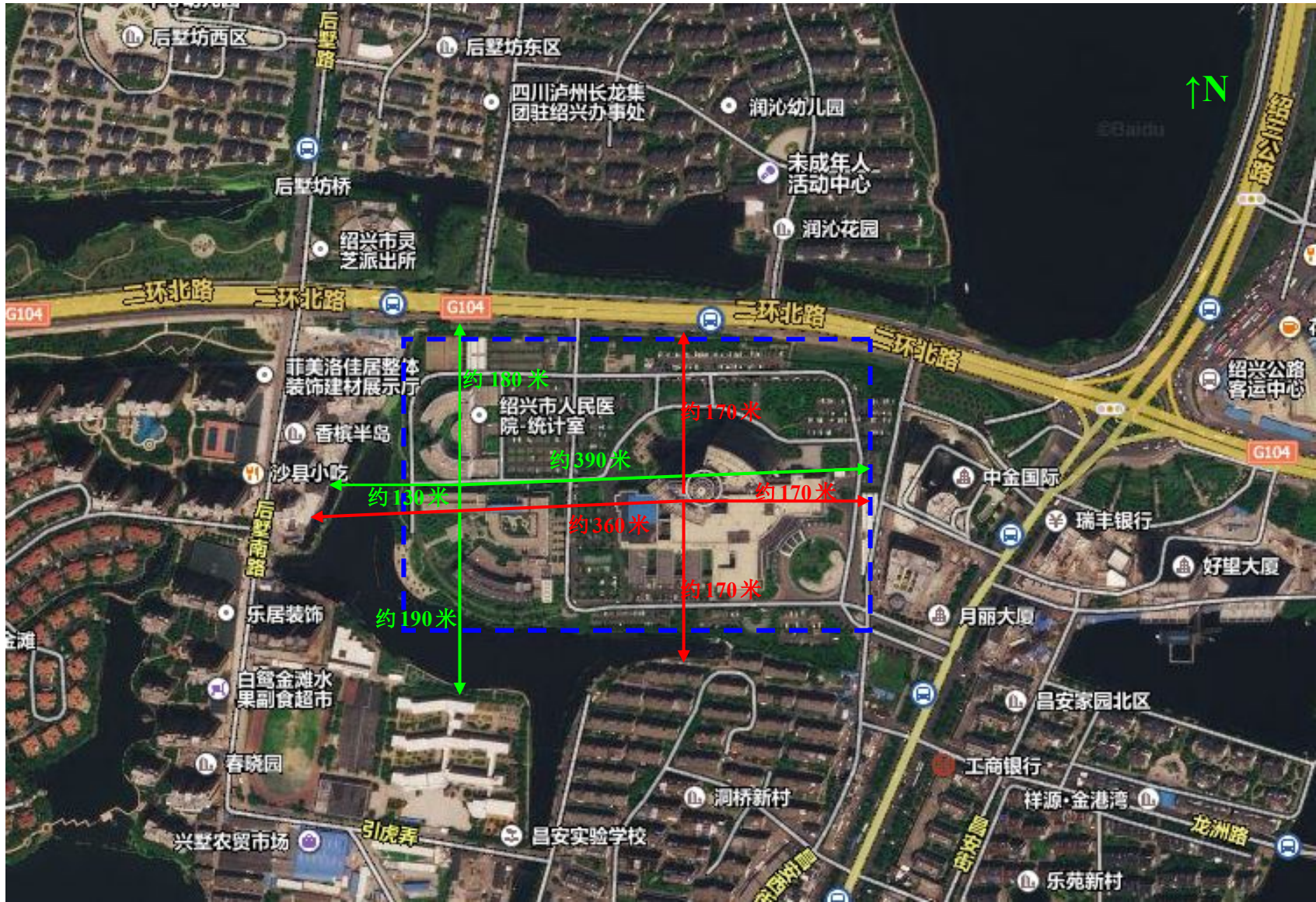
11.6 总结

综上所述，医院新增使用同位素 ^{18}F ，并配备 ^{22}Na 校准源 7 枚，新设 PET-CT 场所 1 间，搬迁 ECT 工作场所，更新 1 台 DSA。只要按规范设计建造，切实落实本环评提出的污染防治措施，其能满足辐射环境保护的要求。

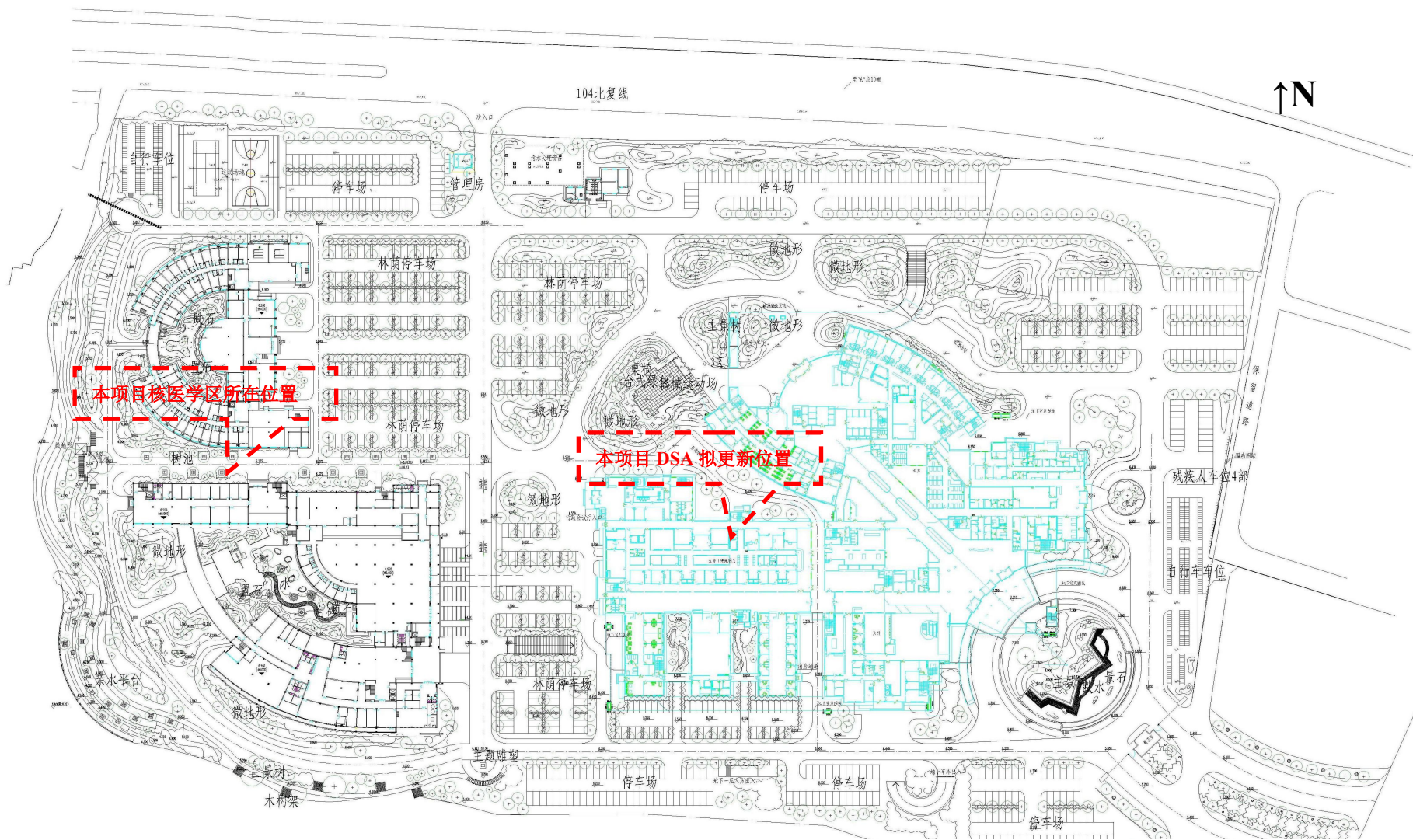
因此，医院在充分落实本报告提出的污染防治措施和管理制度后，将具备从事相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，本项目运行对周围环境产生的辐射影响能符合环境保护的要求，故从辐射环保角度论证，本项目的建设和运行是可行的。



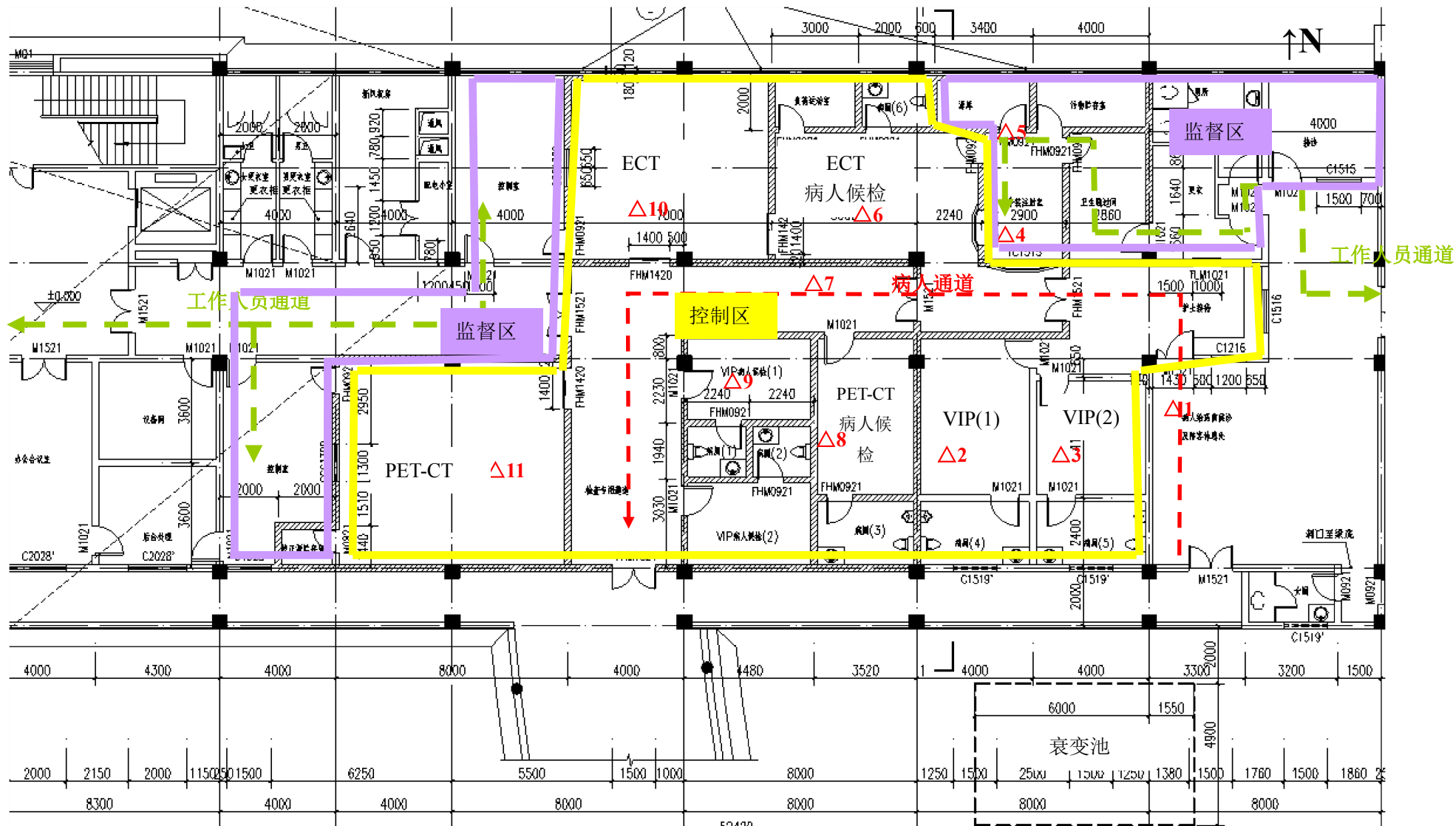
附图1 医院地理位置图



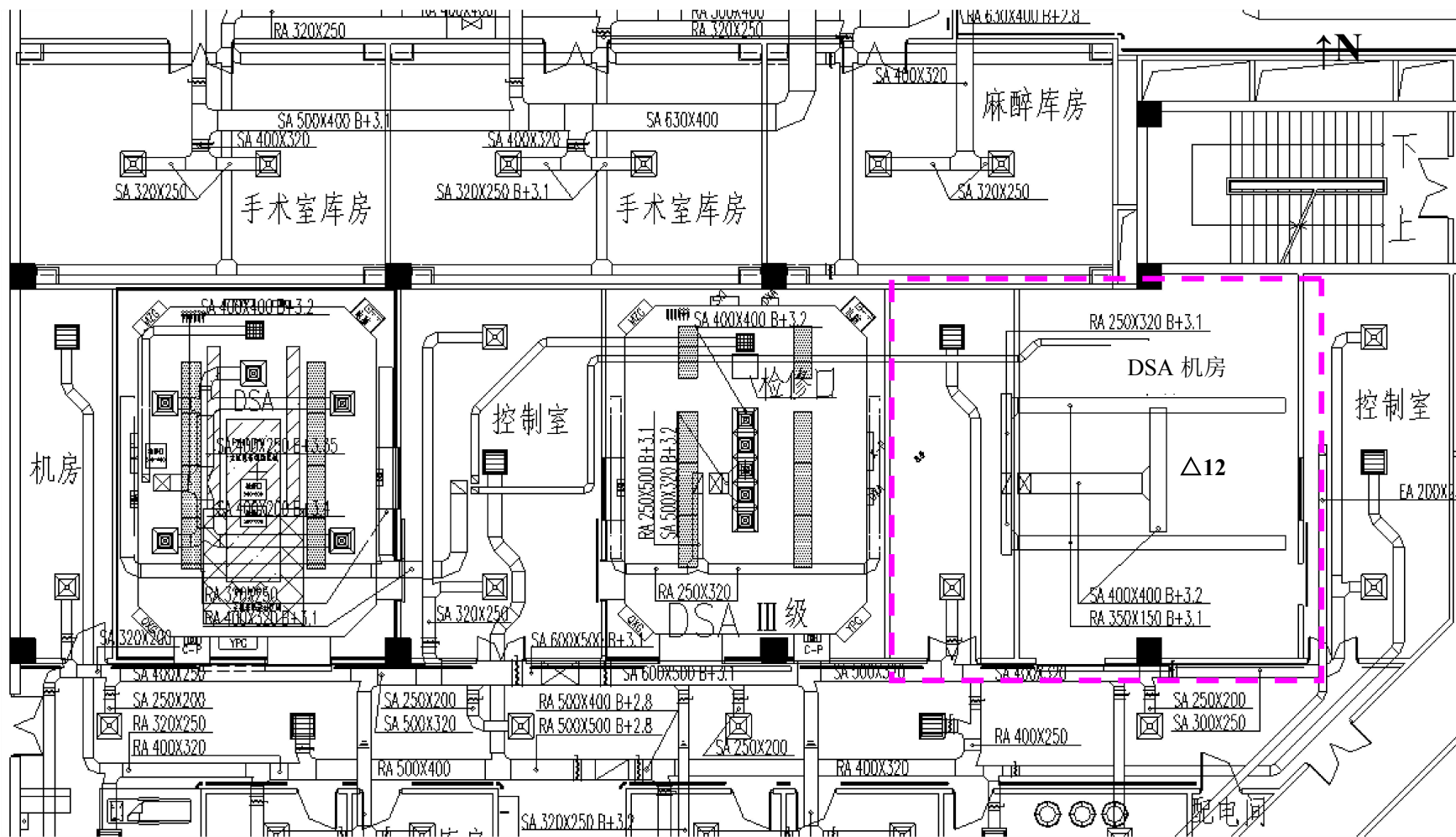
附图 2 医院周边情况示意图



附图3 医院总平面图



附图4 PET-CT、放射性核素使用场所平面布置图



附图5 DSA 机房平面布置图