建设项目竣工环境保护

验收监测表

项目名称：湖州浙北明州医院有限公司 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）

湖州浙北明州医院有限公司

2019 年 09 月

目　录

表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准 1
表 2 工程基本情况 15
2.1 项目概述 15
2.2 医院地理位置 16
2.3 项目内容及规模 18
2.4 总平面布置 23
表 3 污染源分析 28
3.1 放射性同位素性能参数 28
3.2 PET-CT 诊断 28
3.3 医用电子直线加速器 29
3.4 医用 X 射线装置 30
表 4 环评及环评批复要求落实情况 33
4.1 环评要求落实情况 33
4.2 环评批复要求落实情况 40
表 5 辐射环境监测结果 42
5.1 监测因子及频次 42
5.2 监测布点 42
5.3 监测仪器 42
5.4 监测质量保证 48
5.5 监测结果 49
5.6 剂量估算公式 65
5.7 辐射工作人员附加剂量 65

5.8 公众附加剂量 67

表 6 环保检查结果 68

6.1 辐射安全防护管理机构 68

6.2 辐射安全防护管理制度 68

6.3 管理制度落实情况 68

6.4 辐射安全防护措施落实情况 69

6.5 应急预案 70

6.6 安全评估制度的落实情况 70

6.7 辐射安全许可 70

6.8 环境保护档案管理情况 70

表 7 验收监测结论及要求 75

7.1 验收监测结论 75

7.2 建议 75

附件 1：环境影响报告表审批意见

附件 2：辐射安全许可证

附件 3：辐射环境监测报告

附件 4：衰变池废水检测报告

附件 5：辐射安全管理制度

附件 6：个人剂量报告和体检报告

附件 7：辐射工作人员清单及培训证书

附件 8：防护用品及射线装置清单

附件 9：医疗废物处置合同

表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

建设项目名称	湖州浙北明州医院有限公司 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）	
建设单位名称	湖州浙北明州医院有限公司	
建设项目主管部门	/	
建设项目性质	新建	
项目环评及实际验收规模	**环评规模：**项目位于湖州市公园路 255 号。项目内容为新建医用核技术利用项目及 PET-CT 建设项目（扩建）。具体为：	**实际验收规模：**项目位于湖州市公园路 255 号。项目内容为 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）。具体为：
	新增 1 台 PET-CT	1 台 PET-CT
	新增 1 台电子直线加速器	1 台电子直线加速器
	新增 3 台 CT	2 台 CT（另 1 台 CT 未实施）
	新增 1 台 DR	1 台 DR
	新增 1 台骨密度仪	1 台骨密度仪
	新增 1 台 DSA	1 台 DSA
	新增 2 台 C 臂机	1 台 C 臂机（另 1 台 C 臂机未实施）
	新增 1 台移动 DR	1 台移动 DR
	新增 2 枚活度分别为 5.5×10^{7}Bq 和 3.5×10^{6}Bq 的 ^{68}Ge 放射源	2 枚活度分别为 5.5×10^{7}Bq 和 3.5×10^{6}Bq 的 ^{68}Ge 放射源
	使用放射性核素 ^{18}F，^{18}F 年最大用量 2.22×10^{12}Bq（日等效最大操作量 7.4×10^{6}Bq）	使用放射性核素 ^{18}F，^{18}F 年最大用量 2.22×10^{12}Bq（日等效最大操作量 7.4×10^{6}Bq）

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

<table>
<tr><td>联系人</td><td colspan="2">孙朋</td><td>联系电话</td><td colspan="2">15868257309</td></tr>
<tr><td>环评时间</td><td colspan="2">2016 年 12 月、
2017 年 7 月</td><td>开工日期</td><td colspan="2">2017 年 1 月、
2017 年 8 月</td></tr>
<tr><td>投入试生产时间</td><td colspan="2">2017 年 4 月、
2017 年 11 月</td><td>现场监测时间</td><td colspan="2">2019 年 08 月 27 日</td></tr>
<tr><td>环评报告表
审批部门</td><td colspan="2">湖州市环境保护局</td><td>环评报告表
编制单位</td><td colspan="2">江苏辐环环境科技有限公司、中辐环境科技有限公司</td></tr>
<tr><td>环保设施
设计单位</td><td colspan="2">/</td><td>环保设施
施工单位</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td>投资总概算</td><td>4000 万</td><td>环保投资
总概算</td><td>700 万</td><td>比例</td><td>17.5%</td></tr>
<tr><td>实际总投资</td><td>3600 万</td><td>实际环
保投资</td><td>620 万</td><td>比例</td><td>17.2%</td></tr>
<tr><td>验收监测依据</td><td colspan="5">（1）《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日；
（2）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年 11 月 29 日；国务院令第 682 号，2017 年 6 月 21 日修订，2017 年 7 月 16 日发布，2017 年 10 月 1 日实施；
（3）《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 1 日；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订，2019 年 3 月 18 日发布并实施；
（4）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 修正版），国家环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月 6 日；
（5）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日；
（6）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号），国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日；
（7）关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4 号，中华人民共和国环境保护部，2017 年 11 月 20 日；</td></tr>
</table>

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测依据	（8）《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国环境保护部第 44 号令，2017 年 09 月 01 日；生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日修订并实施； （9）《关于放射性药品辐射安全管理有关事项的公告》环境保护部公告 2015 年第 2 号，2015 年 1 月 8 日； （10）《关于医疗机构医用辐射场所辐射监测有关问题的通知》，环办辐射函〔2016〕274 号，2016 年 2 月 16 日； （11）《浙江省人民政府关于修改<浙江省建设项目环境保护管理办法>的决定》，省政府令第 364 号，2018 年 1 月 22 日； （12）《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2012 年 2 月 1 日； （13）《浙江省环保局建设项目环境保护“三同时”管理办法》（浙环发[2007]12 号文），浙江省环境保护局，2007 年； （14）《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）； （15）《表面污染测定 第 1 部分:β 发射体（$E_{\beta max}$>0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）； （16）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）； （17）《湖州浙北明州医院有限公司新建医用核技术利用项目环境影响报告表》，江苏辐环环境科技有限公司，2016 年 12 月； （18）《湖州浙北明州医院 PET-CT 建设项目（扩建）环境影响报告表》，中辐环境科技有限公司，2017 年 7 月； （19）《关于湖州浙北明州医院有限公司医用核技术利用项目（新建）环境影响报告表的审批意见》，湖州市环境保护局，湖环辐管〔2016〕14 号，2016 年 12 月 29 日（见附件 1）； （20）《关于湖州浙北明州医院有限公司 PET-CT 建设项目（扩建）环境影响报告表的审批意见》，湖州市环境保护局，湖环辐管〔2017〕15 号，2017 年 8 月 14 日（见附件 1）。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测目的	（1）检查项目环境影响评价制度、环境保护“三同时”制度、辐射安全许可制度执行情况。 （2）检查环评文件及环评批复文件要求的各项辐射防护设施的实际建设、管理、运行状况及各项辐射防护措施的落实情况。 （3）通过现场监测及对监测结果的分析评价，明确项目是否符合辐射防护相关标准，在此基础上，分析各项辐射防护设施和措施的有效性；针对存在的问题，提出改进措施或建议。 （4）为环境保护行政主管门部审管提供依据。 （5）为建设单位日常管理提供依据。
验收监测标准、标号、级别	**1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）** （1）剂量限值和剂量约束值 职业照射：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 作为职业照射剂量约束值； 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 1mSv；本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为公众照射剂量约束值。 （2）表面污染控制水平 β 表面污染控制水平：控制区≤40Bq/cm^2，监督区≤4Bq/cm^2。 **2、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）** 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、最小单边长度应符合表 1-1 要求。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别

表 1-1 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
单管头 X 线机	20	3.5
全身骨密度仪	10	2.5

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符合表 1-2 要求。

b）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。

表 1-2 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
透视机房、全身骨密度仪机房	1	1
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量） 2.5（较大工作量）	

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求

a）具有透视功能的 X 射线机，机房外 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h。

b）CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h；其余各种类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。

5.5 机房应设观测窗或摄像监控装置。

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。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别

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 1-3 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。

表 1-3 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
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	—

3、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）

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/T 201.1 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 2.5μSv/h。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别	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 10MV 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）应安装醒目的照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。 **4、《医用 X 射线 CT 机的辐射屏蔽规范》（GBZ 180-2006）** 4.2 剂量目标值 4.2.1 机房的辐射屏蔽应同时满足下列要求：、 a) 机房外的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）； 5.2.1.2 CT 机房一般屏蔽要求如下： 一般工作量下的机房屏蔽：16cm 混凝土(密度 2.35 t/m^3)或 24cm 砖(1.65t/m^3)或 2mm 铅当量(不同屏蔽材料的铅当量可查附录 B 表 B.2 和表 B.3)。 较大工作量时的机房屏蔽：20cm 混凝土(密度 2.35 t/m^3)或 37cm 砖(1.65t/m^3)或 2.5mm 铅当量。 **5、《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ 165-2012）** 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 4m。机房内不应堆放无关杂物。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别	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。 **6、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）** 7.1.2 应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。 7.1.3 应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。 7.1.4 应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。 7.2.1 不得将放射性废液排入普通下水道；不允许利用生活污水系统洗涤被放射性污染的物品。 7.2.2 废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器，除了其材质应不易吸附放射性物质外，还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理。遇有强外照射时，废液收集地点应有外照射防护措施。 7.2.3 经过处理的废液在向环境排放前，应先送往监测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。 7.2.4 使用少量或短寿命放射性核素的单位，可设立采取衰变方法进行放射性废液处理处置系统，该系统应有足够的防渗漏能力。 7.3.3 对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。 **7、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）** 4.1 临床核医学的工作场所应按照 GB18871 非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应放射防护措施。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别

4.2 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封源工作场所。为便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ等三类。

根据环评报告，本项目属于丙级工作场所，按 GBZ120-2006 场所分类，属Ⅱ类工作场所，其室内装修要求见表 1-4。

表 1-4 Ⅱ类核医学工作场所的室内表面及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风橱	室内通风	管道	清洗及去污设备
Ⅱ	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要

4.5 合成和操作放射性药品所使用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排除空气浓度不应超过有关法律标准规定的限值。

4.6 凡Ⅰ类工作场所和开展放射性治疗的单位应设有放射性污水池，以存放放射性污水直至符合排放要求时方可排放。废原液和高污染的放射性废液应专门收集存放。

4.7 临床核医学工作场所应有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。

5 放射性药品操作的一般放射防护要求

5.1 操作放射性药物应有专门场所。如给药不在专门场所进行时则所在采取适当防护措施。放射性药物使用前应有恰当屏蔽。

5.2 装有放射性药物的给药注射器应有适当屏蔽，难以屏蔽时应注意操作时间。

5.3 操作放射性药品应在衬有吸水纸的托盘内进行，工作人员应穿戴个人防护用品。

5.5 在放射性工作场所不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别	5.6 工作人员操作后离开放射性工作室前应洗手和进行表面污染监测，如其污染水平超过 GB18871 规定值，应采取相应的去污措施。 5.7 从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平检测，以杜绝超过 GB18871 规定的表面污染空置水平的物品被带出控制区。 5.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需要的那部分。 5.10 放射性物质的贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不得入内。 5.11 贮存和运输放射性物质时均应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的防火措施。 5.12 贮存的放射性物质应及时登记建档。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别	**8、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）** 4 放射性废物管理的基本防护要求 4.2 放射性废物分类，应根据在医学实践中所产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物按 GB9133 进行分类收集和分别处理。 4.3 按照清洁解控原则，应区分放射性废物与免管废物，不可混同处理。应力求控制和减少放射性废物产生量。 4.4 如果经审管部门确认或批准，凡放射性核素活度浓度小于或等于附录 B 所示清洁解控水平推荐值的放射性废物，按免管废物处理。 5 液体废物的管理 5.1 放射性废液 5.1.1 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 2×10^{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。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。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别	5.1.2 产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将仅含短半衰期核素的废液注入专用容器中存放 10 个半衰期后，经审管部门审核准许，可作普通废液处理。含长半衰期核素的废液，应专用收集存放。 5.1.3 经审管部门确认的下列低放废液可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道；每月排放总活度或每一次排放活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。 5.2 注射或服用过放射性药品的患者排泄物 5.2.1 使用放射性药品治疗患者的临床核医学单位，应为住院患者治疗提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。 5.2.2 专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。 5.2.3 专用化粪池内排泄物在贮存衰变后，经审管部门核准方可排入下水道系统。池内沉渣如难于排出，可进行酸化预处理后再排入下水道系统。 5.2.7 对同时含有病原体的病人排泄物应使用专用容器单独收集，在贮放衰变、杀菌和消毒处理后，经审管部门批准可排入下水道系统。 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品的门诊患者排泄物： b）符合出院条件的病人排泄物。

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别	6 固体废物的管理 6.1 废物收集 6.1.1 按第 4.2 条放射性废物分类和废物的可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集废物。 6.1.2 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。 6.1.3 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。 6.1.5 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。 6.3.3 未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于 2×10^4Bq/kg 时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合 4.4 或者 4.5 时，可作为免管固体废物处理。 **9、《医疗机构污水排放标准》（GB 18466-2005）** 4.1 污水排放要求 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值： 总 β：10Bq/L；总 α：1Bq/L。 **10、《医院污水处理工程技术规范》（HJ 2029-2013）** 本标准适用于医院污水处理工程，可作为医院污水处理工程可研、设计、施工、验收、运行管理及医院环境影响评价的技术依据。 6.3 医院污水处理单元工艺设计技术要求 6.3.1 预处理工艺 6.3.1.1 特殊性质污水预处理

续表 1 项目总体情况及验收监测依据、目的、标准

验收监测标准、标号、级别	（6） 放射性废水处理 a）放射性废水来源于同位素治疗和诊断产生放射性污水。放射性废水浓度范围为 3.7×10^{2}Bq/L～3.7×10^{5}Bq/L。 b）放射性废水处理设施出口监测值应满足总 α＜1Bq/L、总 β＜10Bq/L。 c）同位素治疗排放的放射性废水应单独收集，可直接排入衰变池。 d）收集放射性废水的管道应采用耐腐蚀的特种管道，一般为不锈钢或塑料管。衰变池应防渗防腐。 e）衰变池按运行方式可分为间歇式或连续式，衰变池按使用的同位素种类和强度设计。衰变池的容积按最长半衰期同位素的 10 倍半衰期计算，或按同位素的衰变公式计算。
验收监测范围	验收监测范围与本项目环境影响评价范围一致，即工作场所周围 50m 区域。

表 2 工程基本情况

2.1 项目概述

湖州浙北明州医院有限公司（以下简称：“医院”）位于湖州市公园路 255 号，成立于 2016 年 2 月 5 日，是一家由宁波奥克斯开发医疗投资合伙企业和湖州市第一人民医院合办的集医疗、教学、科研和预防保健、康复为一体的综合性医院。

医院为更好的服务患者，并进一步提升医疗能力，在放射楼三层核医学科新建 1 间 PET-CT 机房及其他相关辅助工作用房，分别安置新购的 1 台 PET-CT 及相应配套设施；在放射楼一层放疗科新建 1 间加速器机房和 1 间 CT 机房，分别安置新购的 1 台电子直线加速器和 1 台 CT；在放射楼二层放射科新建 1 间 CT 机房、1 间 DR 机房和 1 间骨密度机房，分别安置新购的 1 台 CT、1 台 DR 和 1 台骨密度仪；在门诊综合楼三层手术中心新建 3#和 5#手术室，分别安置新购的 1 台 DSA 和 1 台 C 臂机；在门诊综合楼三层 ICU 安置新购的 1 台移动 DR。

故本次验收规模为：新增 1 台 PET-CT，新增 2 枚活度分别为 5.5×10^{7}Bq 和 3.5×10^{6}Bq 的 ^{68}Ge 校准源，使用放射性核素 ^{18}F（日最大操作量 7.4×10^{9}Bq，年最大用量 2.22×10^{12}Bq，日等效最大操作量 7.4×10^{6}Bq，属于丙级非密封放射性物质工作场所），新增 1 台电子直线加速器、2 台 CT、1 台 DR、1 台骨密度仪、1 台 DSA、1 台 C 臂机和 1 台移动 DR。

受建设单位委托，江苏辐环环境科技有限公司于 2016 年 12 月完成《湖州浙北明州医院有限公司新建医用核技术利用项目环境影响报告表》编制；2016 年 12 月 29 日，湖州市环境保护局以“湖环辐管〔2016〕14 号”文对该项目环评文件予以批复。2017 年 7 月，中辐环境科技有限公司编制完成《湖州浙北明州医院 PET-CT 建设项目（扩建）环境影响报告表》；2017 年 8 月 14 日，湖州市环境保护局以“湖环辐管〔2017〕15 号”文对该项目环评文件予以批复。目前，该项目已部分建成，建设单位拟对已建成的项目先期进行验收。

根据《建设项目环境保护管理条例》的规定，建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。建设单位需自行组织验收。

2019 年 8 月 27 日，医院委托湖州环安检测有限公司开展该项目竣工环境保护验收监测工作。医院在现场检查核实、辐射监测的基础上，编制该项目竣工环境保护验收监测表。

续表 2 工程基本情况

2.2 医院地理位置

湖州浙北明州医院有限公司位于湖州市公园路 255 号。医院东侧为南街，南侧为公园路，西侧为劳动路，北侧为苕溪东路，医院地理位置图详见图 2-1。

本项目各辐射设备分别位于：放射楼一层放疗科加速器机房、CT 机房，放射楼二层放射科 CT 机房、DR 机房、骨密度机房，放射楼三层核医学科 PET-CT 机房，门诊综合楼三层 3#手术室、5#手术室、ICU。医院总平图见图 2-2。

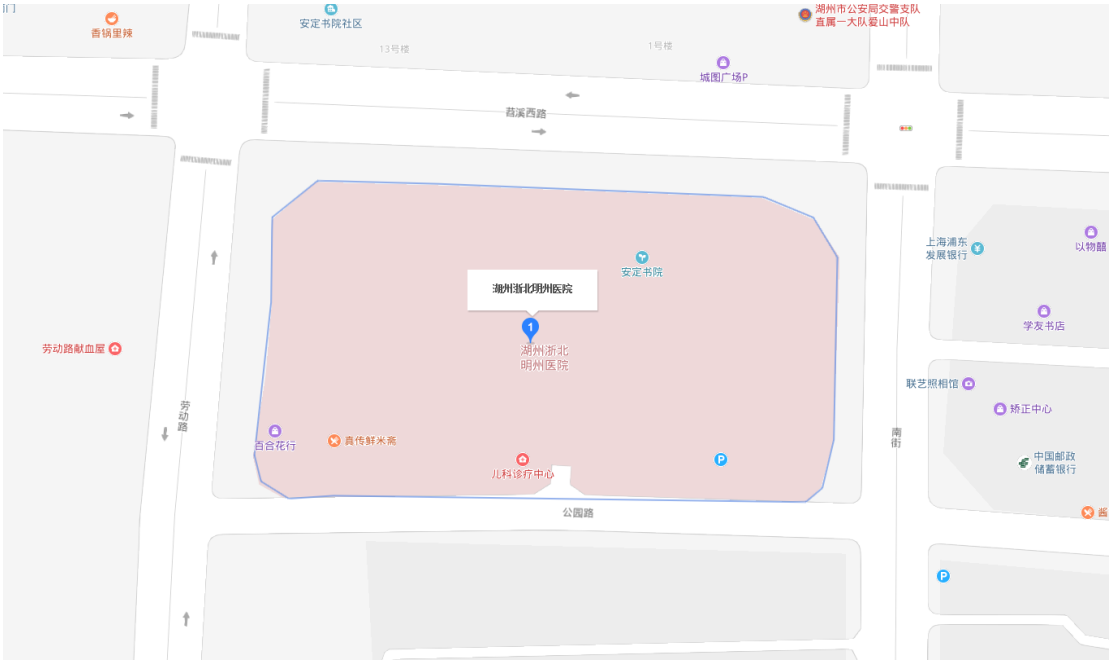


图 2-1 湖州浙北明州医院有限公司地理位置图

续表 2 工程基本情况

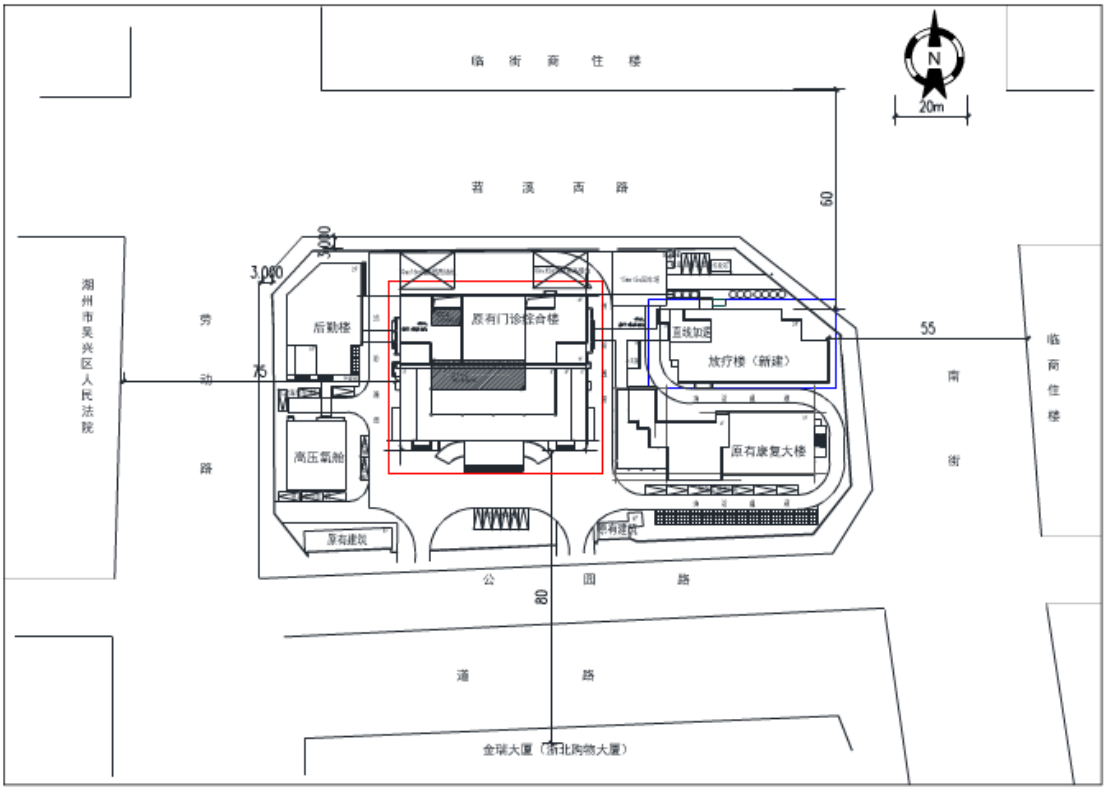


图 2-2 湖州浙北明州医院有限公司总平面图

续表 2 工程基本情况

2.3 项目内容及规模

本项目位于湖州市公园路 255 号。项目内容为 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）。

环评和验收阶段射线装置项目内容及规模见表 2-1；非密封源应用内容及规模见表 2-2；密封源应用内容及规模见表 2-3。

核医学科 PET-CT 工作场所工作场所屏蔽设计具体情况见表 2-4。

其他各机房屏蔽设计具体情况见表 2-5。

续表 2 工程基本情况

表 2-1 环评和验收阶段射线装置项目内容及规模对照表

序号	环评阶段						验收阶段					
	设备名称	型号	主要参数	工作场所	类别	备注	设备名称	型号	主要参数	工作场所	类别	备注
1	PET-CT	Discovery IQ	140kV、440mA	放射楼三层 PET-CT 中心	Ⅲ类	新增	PET-CT	Discovery IQ	140kV、440mA	放射楼三层核医学科 PET-CT 机房	Ⅲ类	新增
2	加速器	Synergy	10MV X 射线、18MeV 电子束	放射楼一层加速器机房	Ⅱ类	新增	电子直线加速器	Synergy	10MV X 射线、15MeV 电子束	放射楼一层放疗科加速器机房	Ⅱ类	新增
3	CT	Discovery CT590 RT	150kV、800mA	放射楼一层 1#CT 机房	III 类	新增	CT	Discovery CT590 RT	140kV、800mA	放射楼一层放疗科 CT 机房	III 类	新增
4	CT	SOMATOM Definition Flash	150kV、800mA	放射楼一层 2#CT 机房	III 类	新增						未实施
5	CT	SOMATOM Definition Flash	150kV、800mA	放射楼二层 CT 机房	III 类	新增	CT	SOMATOM Definition Flash	140kV、1600mAs	放射楼二层放射科 CT 机房	III 类	新增
6	DR	Digital Diagnost	150kV、1000mA	放射楼二层 DR 机房	Ⅲ类	新增	DR	Digital Diagnost	150kV、1000mA	放射楼二层放射科 DR 机房	Ⅲ类	新增
7	骨密度仪	Prodigy Primo	80kV、10mA	放射楼二层放射科骨密度机房	III 类	新增	骨密度仪	Prodigy Primo	76kV、1.5mA	放射楼二层放射科骨密度机房	III 类	新增
8	DSA	Allura Xper FD 20	125kV、1250mA	门诊综合楼三层 3#手术室	Ⅱ类	新增	DSA	Allura Xper FD 20	125kV、1250mA	门诊综合楼三层 3#手术室	Ⅱ类	新增
9	C 臂机	BV Endura	110kV、20mA	门诊综合楼三层 5#手术室	III 类	新增	C 臂机	BV Endura	110kV、7.2mA	门诊综合楼三层 5#手术室	III 类	新增
10	C 臂机	BV Endura	110kV、20mA	门诊综合楼三层 6#手术室	III 类	新增						未实施
11	移动 DR	MobileDiagnost wDR	150kV、500mA	门诊综合楼三层 ICU	III 类	新增	移动 DR	MobileDiagnost wDR	150kV、500mA	门诊综合楼三层 ICU	III 类	新增

续表 2 工程基本情况

表 2-2 环评和验收阶段非密封源应用内容及规模对照表

序号	环评阶段						验收阶段						备注
	核素	工作场所等级	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	使用场所	来源	核素	工作场所等级	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	使用场所	来源	
1	^{18}F	丙级	7.4×10^{6}	2.22×10^{12}	放射楼三层核医学科 PET-CT 中心	外购	^{18}F	丙级	7.4×10^{6}	2.22×10^{12}	放射楼三层核医学科 PET-CT 中心	外购	10mCi/人，20 人/天，6000 人/年

表 2-3 环评和验收阶段密封源应用内容及规模对照表

序号	环评阶段							验收阶段							
	核素名称	总活度（Bq）	数量（枚）	源类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	核素名称	总活度（Bq）	数量（枚）	源类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{68}Ge（桶源）	5.5×10^{7}	1	Ⅴ类	PET-CT 校准源	PET-CT 机房	存放在专用铅容器中，置于储源室内，PET-CT 校准时取出使用	^{68}Ge（桶源）	5.5×10^{7}	1	Ⅴ类	PET-CT 校准源	PET-CT 机房	存放在专用铅容器中，置于储源室内，PET-CT 校准时取出使用	新增
2	^{68}Ge（模体源）	3.5×10^{6}	1	Ⅴ类	PET-CT 校准源	PET-CT 机房	存放在专用铅容器中，置于储源室内，PET-CT 校准时取出使用	^{68}Ge（模体源）	3.5×10^{6}	1	Ⅴ类	PET-CT 校准源	PET-CT 机房	存放在专用铅容器中，置于储源室内，PET-CT 校准时取出使用	新增

续表 2 工程基本情况

表 2-4 核医学科 PET-CT 工作场所屏蔽设计情况

序号	场所名称	东墙	南墙	西墙	北墙	防护门	观察窗	其他
1	PET-CT 机房（8.90m×5.00m）	24cm 现浇混凝土（折合 4mmPb）	24cm 现浇混凝土（折合 4mmPb）	24cm 现浇混凝土（折合 4mmPb）	24cm 现浇混凝土（折合 4mmPb）	6mmPb	6mmPb	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）
2	储源室	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	4mmPb	-	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）
3	分装室	24cm 现浇混凝土（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	4mmPb	10mmPb	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）
4	注射室	24cm 现浇混凝土（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	24cm 实心红砖+6cm 硫酸钡防护涂料（折合 8mmPb）	4mmPb	10mmPb	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）
5	候诊室 1	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡防护涂料（折合 4mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	4mmPb	-	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）
6	候诊室 2	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡防护涂料（折合 4mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	4mmPb	-	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）
7	留观室	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2cm 硫酸钡防护涂料（折合 4mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	4mmPb	-	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）
8	受检者通道	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	37cm 实心红砖（折合 3mmPb）	6mmPb	-	顶棚及地坪均为 15cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（折合 6mmPb）

注：所有屏蔽厚度均与环评文件要求一致。放射性药物为外购，运送时采用 50mm 厚铅容器进行屏蔽；放射性药物分装操作均在具有屏蔽防护性能的通风柜内进行。

续表 2 工程基本情况

表 2-5　其他各机房屏蔽设计情况

序号	场所名称	东墙	南墙	西墙	北墙	防护门	观察窗	其他
1	放射楼一层放疗科加速器机房（7.26m×6.30m）	次屏蔽：120cm 混凝土+24cm 红砖墙+内外共 8mmPb 防护涂料，宽度 930cm	主屏蔽：265cm 混凝土+24cm 红砖墙+内外共 6mmPb 防护涂料，宽度 400cm； 次屏蔽：120cm 混凝土+48cm 红砖墙+内外共 8mmPb 防护涂料	迷道内墙：110cm 混凝土+内外共 6mmPb 防护涂料； 迷道外墙：80cm 混凝土+24cm 红砖墙+内外共 8mmPb 防护涂料	主屏蔽：265cm 混凝土+内外共 3mmPb 防护涂料，宽度 400cm； 次屏蔽：120cm 混凝土+24cm 红砖墙+内外共 6mmPb 防护涂料	15mmPb+5cm 含硼 5%的聚乙烯	-	顶棚及地坪主屏蔽：235cm 混凝土+内外共 10mmPb 防护涂料，宽度 400cm； 顶棚及地坪次屏蔽：120cm 混凝土+内外共 10mmPb 防护涂料
2	放射楼一层放疗科 CT 机房（6.29m×5.69m）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	4mmPb	4mmPb	顶棚为 12cm 混凝土+3mmPb 防护涂料（折合 4.5mmPb）； 地坪为 20cm 混凝土+3mmPb 防护涂料（折合 5.5mmPb）；
3	放射楼二层放射科 CT 机房（6.53m×6.29m）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	4mmPb	4mmPb	顶棚及地坪均为 12cm 混凝土+3mmPb 防护涂料（折合 4.5mmPb）
4	放射楼二层放射科 DR 机房（6.50m×4.40m）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	3mmPb	3mmPb	顶棚及地坪均为 12cm 混凝土+2mmPb 防护涂料（折合 3.5mmPb）
5	放射楼二层放射科骨密度机房（4.37m×2.95m）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	2mmPb	2mmPb	顶棚及地坪均为 12cm 混凝土（折合 1.5mmPb）
6	门诊综合楼三层 3#手术室（7.60m×6.10m）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	24cm 实心红砖+3mmPb 防护涂料（折合 5mmPb）	3mmPb	3mmPb	顶棚及地坪均为 12cm 混凝土+3mmPb 防护涂料（折合 4.5mmPb）
7	门诊综合楼三层 5#手术室（7.60m×5.10m）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	24cm 实心红砖+2mmPb 防护涂料（折合 4mmPb）	3mmPb	3mmPb	顶棚及地坪均为 12cm 混凝土+2mmPb 防护涂料（折合 3.5mmPb）

注：所有屏蔽厚度均与环评文件要求一致。

续表 2 工程基本情况

2.4 总平面布置

本项目新建核医学科 PET-CT 工作场所位于放射楼三层，其平面布置见图 2-4。

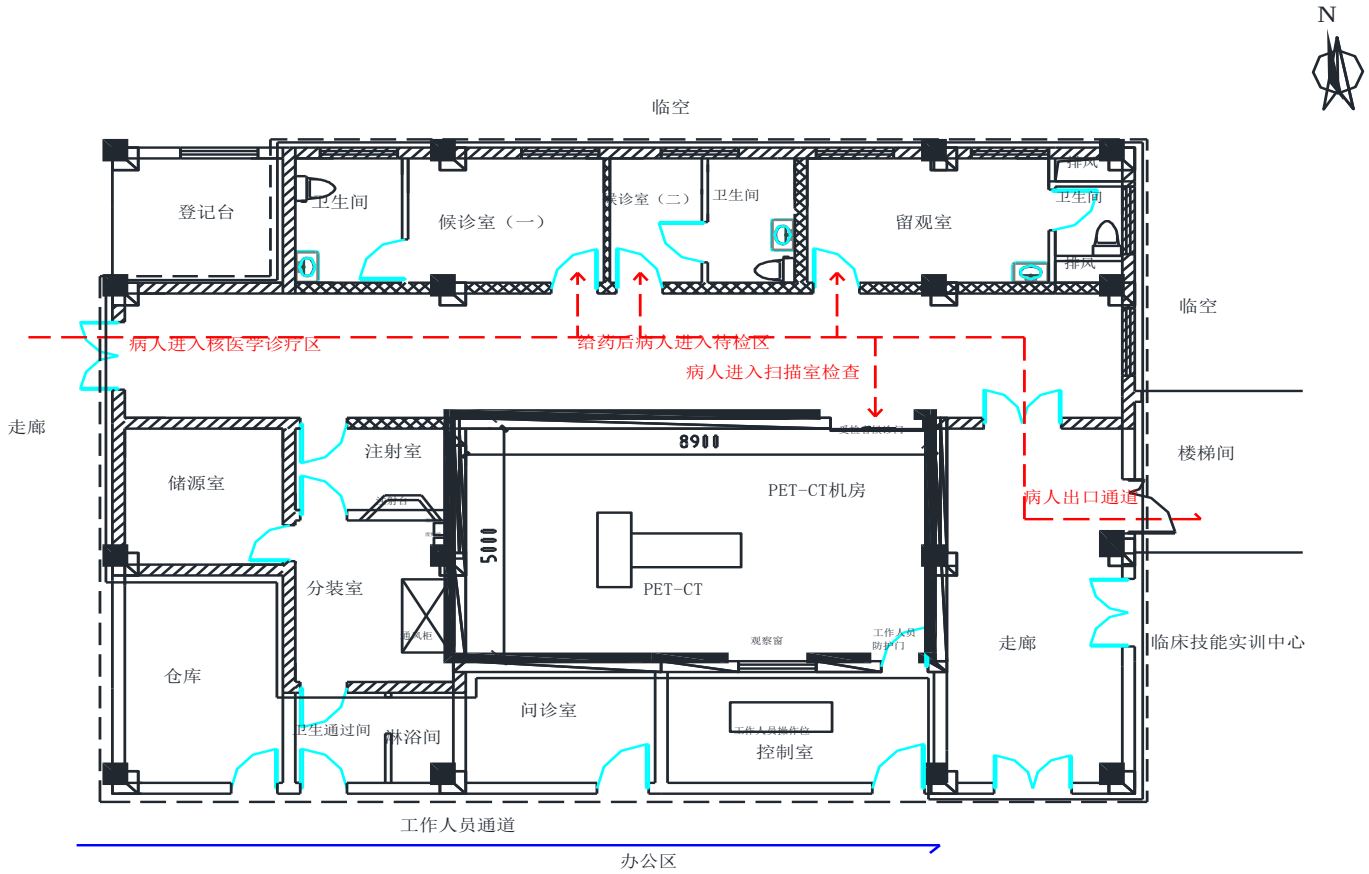
1 台电子直线加速器和 1 台 CT 分别位于放射楼一层放疗科加速器机房和 CT 机房，其平面布置见图 2-5。

1 台 CT、1 台 DR 和 1 台骨密度仪分别位于放射楼二层放射科 CT 机房、DR 机房和骨密度机房，其平面布置见图 2-6。

1 台 DSA 和 1 台 C 臂机分别位于门诊综合楼三层手术中心 3#和 5#手术室，其平面布置见图 2-7。

1 台移动 DR 在在门诊综合楼三层 ICU 移动使用。

续表 2 工程基本情况



备注： 控制区 监督区

图 2-4 放射楼三层核医学科 PET-CT 工作场所平面布置图

续表 2 工程基本情况

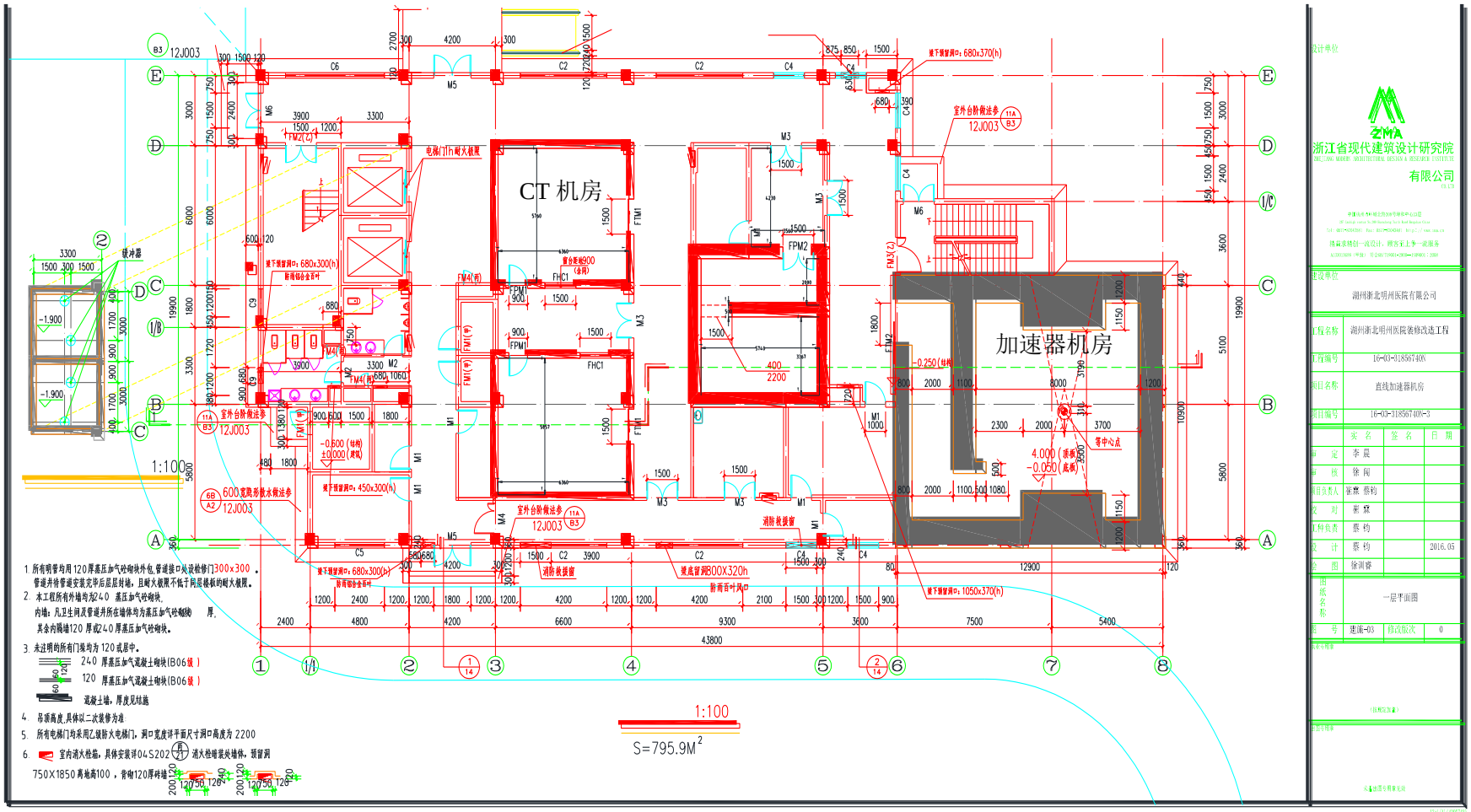


图 2-5　放射楼一层放疗科加速器机房和 CT 机房平面布置图

续表 2 工程基本情况

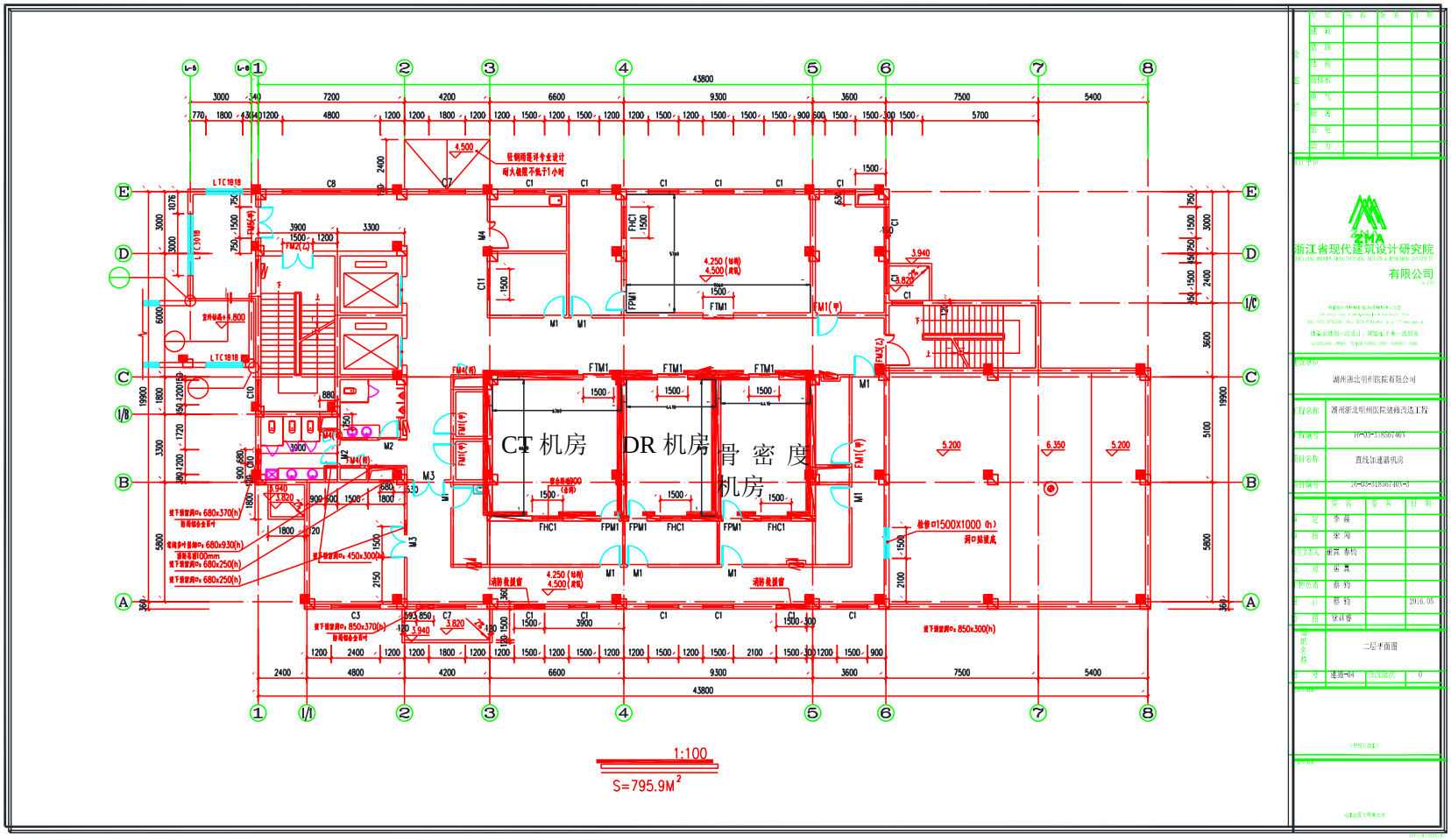


图 2-6　放射楼二层放射科 CT 机房、DR 机房和骨密度机房平面布置图

续表 2 工程基本情况

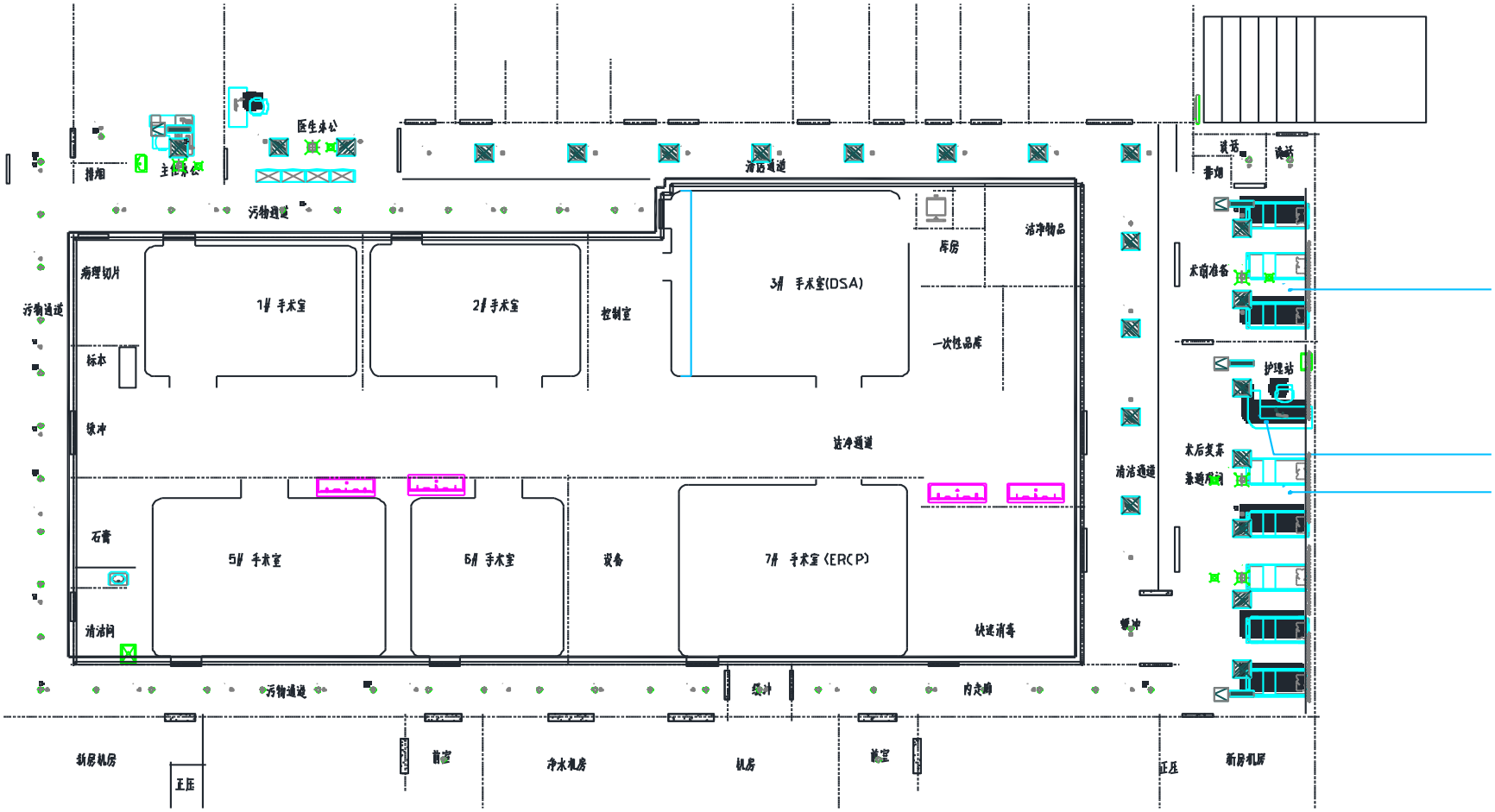


图 2-6　门诊综合楼三层手术中心 3#和 5#手术室平面布置图

表 3 污染源分析

3.1 放射性同位素性能参数

本项目核医学科使用的同位素包括：非密封放射性物质 ^{18}F 及放射源 ^{68}Ge。本项目的放射性药品视病人需要，直接外购供患者使用。本项目使用的放射性核素的性能参数见表 3-1 及 3-2。

表 3-1 非密封放射性物质 ^{18}F 性能参数

核素名称	半衰期	毒性	衰变方式	物理性态	年最大用量（Bq）	日最大用量（Bq）	用途
^{18}F	1.83h	低毒	IT	液态	2.22×10^{12}	7.4×10^{9}	PET-CT 显像检查

注：IT 表示同质异能跃迁。

表 3-2 放射源 ^{68}Ge 性能参数

核素名称	总活度（Bq）	数量（枚）	用途	源类别	使用场所	贮存方式与地点
^{68}Ge（桶源）	5.5×10^{7}	1	PET-CT 校准	Ⅴ类	放射楼三层核医学科 PET-CT 机房	存放在专用铅容器中，置于储源室内，PET-CT 校准时取出使用
^{68}Ge（模体源）	3.5×10^{6}	1	PET-CT 校准	Ⅴ类	放射楼三层核医学科 PET-CT 机房	存放在专用铅容器中，置于储源室内，PET-CT 校准时取出使用

3.2 PET-CT 诊断

3.2.1 工作原理

PET（Positron Emission Tomography，正电子发射型计算机断层显像）是利用 ^{18}F 等正电子核素标记或合成相应的显像剂，引入机体后定位于靶器官，这些核素在衰变过程中发射正电子，这种正电子在组织中运行很短距离后，即与周围物质中的负电子相互作用，发生湮没辐射，发射出方向相反、能量相等（511keV）的两个光子。PET 显像是采用一系列成对的互成 180°排列并与符合线路相连的探测器来探测湮没辐射光子，从而获得机体正电子核素的断层分布图及病变的位置、形态、大小、代谢和功能，对疾病进行诊断。

CT 是利用 X 射线对人体解剖结构的密度差异进行成像的断层显像技术。CT 提供的信息可显示机体组织脏器解剖结构的改变，发现病变并可以确定其范围及与周围组织脏器的毗邻关系。

续表 3 污染源分析

PET-CT 是将 PET 和 CT 两个已经相当成熟的影像技术相融合，实现了 PET 和 CT 图像的同机融合。使 PET 的功能影响与螺旋 CT 结构影像两种显像技术的优点融于一体，形成优势互补，一次成像即可获得 PET 图像，又可获得相应部位的 CT 图像及 PET-CT 的融合图像，即可准确地对病灶进行定性，又能准确定位，PET 和 CT 结果可以相互印证，相互补充，使 PET-CT 的诊断效能及临床实用价值更高。X 射线 CT 扫描数据还可用于 PET 图像的衰减校正，大大缩短了 PET 检查时间。

3.2.2 污染因子

为了降低工作人员可能接受的照射剂量，减少放射性表面污染及放射性“三废”排放量，本项目采用 ^{18}F-FDG 显像剂，药物由专业生产厂商根据医院订购计划，按每天病人用量定量供给。医院采用向外订购的方式开展 PET 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。

本项目 PET-CT 使用 2 枚 ^{68}Ge 校准源，活度分别为 5.5×10^{7}Bq 和 3.5×10^{6}Bq，存放在专用铅容器中，置于储源室内，PET-CT 校准时取出使用。

^{18}F 及 ^{68}Ge 均为非挥发性核素，因此，本项目核医学科应用的污染因子有：γ 射线，β 表面污染，废液、废水和固体废弃物中的 ^{18}F。

3.3 医用电子直线加速器

3.3.1 工作原理

根据治疗要求，直线加速器可以释放出不同能量的 X 射线或电子束，用以治疗不同部位的肿瘤疾患。模拟定位机是利用 X 射线成像技术对患者的肿瘤部位精确定位，为制订治疗计划提供重要信息。接受治疗的病员必须先经明确诊断，应具有加速器放疗的适应症，经模拟定位机根据肿瘤病灶部位形状及体积大小，精确划定靶区位置及范围，由放疗医师提出治疗方案，物理师核定照射剂量，再根据方案制订计划用加速器对病员靶区实施照射。

3.3.2 操作流程

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

续表 3 污染源分析

②制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间；

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

④开机治疗。

3.3.3 污染因子

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶阻止，产生高能X射线，以此对肿瘤患者病灶进行治疗，这种X射线是随机器的开关而产生和消失。因此，在开机期间，X射线成为加速器污染环境的主要因子。本加速器的X射线标称能量为10MV，需考虑感生放射性问题。高能X射线与周围空气等物质发生光核反应时会产生中子，需进行中子屏蔽防护。同时，X射线与空气中的氧分子发生电离还会产生的少量臭氧及氮氧化物，需进行排风换气。

3.3.4 辐射事故分析

a.工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离治疗室，加速器运行会造成误照射。

b.安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器机房。

3.4 医用 X 射线装置

3.4.1 工作原理

CT、DR、骨密度仪、DSA、C 臂机及移动 DR 均为采用 X 射线进行摄影或透视的辐射设备。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 3-1。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

续表 3 污染源分析

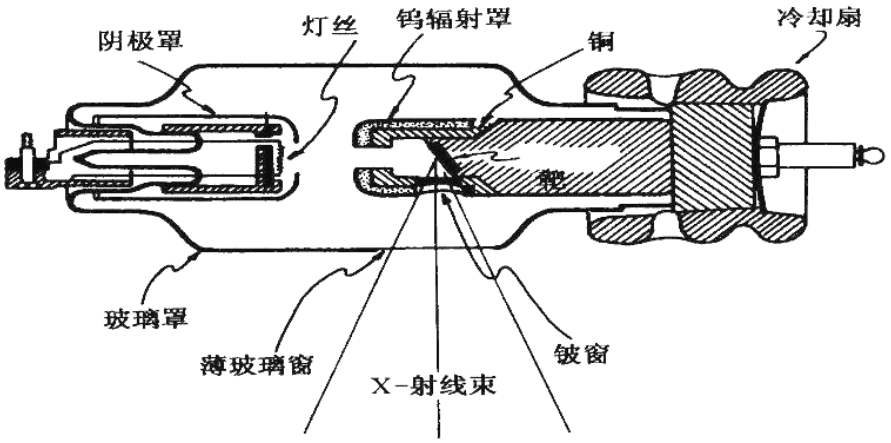


图 3-1 典型 X 射线管结构图

CT 是计算机断层 X 射线摄影术（Computed Tomography）的简称，它使用精确准直的 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。

DR和移动DR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。其中DR X光拍片机由于采用平面X线探测器，将X线直接转换成电信号，形成全数字化影像，因此具有图像质量高、成像速度快、曝光宽容度大、后处理功能强大、无胶片化、与PACS网络系统连接实现远程会诊等特点，但其对环境的要求较高。

骨密度仪是通过X射线球管经过一定的装置所获得两种能量，即低能和高能光子峰。此种光子峰穿透受检部位后，扫描系统将所接受的信号送至计算机进行数据处理，得出骨矿物质含量。本项目骨密度仪为局部骨密度仪，可测量局部部位的骨量，精确度高，对人体危害较小。

数字减影血管造影（Digital subtraction angiography）简称DSA，即血管造影的影像通过数字化处理，把不需要的组织影像删除掉，只保留血管影像，这种技术叫做数字减影技术，其特点是图像清晰，分辨率高，对观察血管病变、血管狭窄的定位测量、诊断及介入治疗提供了真实的立体图像，为各种介入治疗提供了必备条件。主要适用于全身血管性疾病及肿瘤的检查及治疗。应用DSA进行介入治疗为心血管疾病的诊断和治疗开辟了一个新的领域。主要应用于冠心病、心律失常、瓣膜病和先天性心脏病的诊断和治疗。

续表 3 污染源分析

C臂机是用于手术、创伤、小创伤手术及心脏手术的可移动X射线装置，供医疗单位进行X射线透视、摄影、数字摄影及数字减影摄影用，常用于术中胆道造影、钢钉内固定、骨显示、疼痛治疗X射线透视技术及导管和探针的插入定位。

3.4.2 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束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

3.4.3 辐射事故分析

a.工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离拍片室，射线装置运行可能产生误照射。

b.安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的射线装置拍片室。

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。并且，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，使其恢复正常使用。

表 4 环评及环评批复要求落实情况

4.1 环评要求落实情况

湖州浙北明州医院有限公司 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）环评文件要求落实情况见表 4-1。由表 4-1 可知，该项目环评文件要求已基本落实。

表 4-1 环评文件要求及落实情况

内容	环评文件要求	环评文件要求落实情况
污染防治措施	**1、核医学科 PET-CT 工作场所污染防治措施：** （1）为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。 （2）医院计划在 PET-CT 中心控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 PET-CT 机房受检者防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁。在 PET-CT 控制室，应设置紧急制动装置、操作警示装置、视频监控和对讲装置。在 PET-CT 中心受检者入口处和通道中设置专用门禁系统，对受检者的出入进行控制。 （3）本项目校准源 ^{68}Ge 密封源购买后存放于储源室的保险箱内，储源室必须实行双人双锁管理，并与当地公安系统联网，由专职人员进行登记出入库。 （4）放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；操作放射性药物时，须在有负压的通风橱内进行，防止放射性物质飞散。	**1、核医学科 PET-CT 工作场所污染防治措施：** （1）已落实。核医学科用房已按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，设置病人专用的进口与出口、专用厕所和衰变池，明确了工作场所的“三区”划分，并在项目运营期间采取分区管理措施。 （2）已落实。医院已在 PET-CT 中心控制区各房间防护门外设置有明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 PET-CT 机房受检者防护门上方设置有工作状态指示灯，并与防护门联锁。在 PET-CT 控制室，已设置有紧急制动装置、操作警示装置、视频监控和对讲装置。已在 PET-CT 中心受检者入口处和通道中设置有专用门禁系统，对受检者的出入进行控制。 （3）已落实。本项目 ^{68}Ge 校准源购买后已存放于储源室的保险箱内，储源室实行双人双锁管理，并与当地公安系统进行了联网，并由专职人员进行出入库登记。 （4）已落实。本项目核医学科 PET-CT 中心使用的 ^{18}F 溶液放置于药物供应商提供的防护铅罐（≥50mmPb）中，由供应单位派专人与第二天上班前直接送至通风柜中。在操作放射性药物时，均在有负压的通风柜内进行，防止放射性物质溅出。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

续表 4-1 环评文件要求及落实情况

内容	环评文件要求	环评文件要求落实情况
污染防治措施	（5）放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品。 （6）操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的标准值。 （7）放射性废水： a. 医院所修建放射性废水衰变池应保证放射性废水储存 10 个半衰期以上，为方便管理存储放射性废水至少一天以上（24 小时以上），方可排入医院废水处理系统。 b.严格要求核医学科受检者使用专用卫生间。 c.专用卫生间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。 d.在废水取样口设置标识。 （8）放射性固体废物： a.严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理。应力求控制和减少放射性废物产生量。	（5）已落实。放射性药物操作人员已定期参加了相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有铅衣、铅帽、铅围裙、表面污染监测仪和 γ 辐射监测仪等个人防护用品和监测设备。 （6）已落实。核医学科操作台、地面已选用易于清污的材质，并且每次操作完成后均使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并进行去污处理，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的限值要求。 （7）放射性废水： a.已落实。医院已设置 2 个衰变池和 1 个化粪沉淀池，化粪沉淀池与衰变池之间设置 1 个缓冲池，每个池子容积均为 2.88m^3，衰变池有效容积为 5.76 m^3，可确保放射性废水经衰变池存放 10 个半衰期后再排放（放射性废水按最大工作量每天排放 200L 放射性废水，需至少 29 个工作日衰变池才会装满，最后一个衰变池才会进行排放）。 b.已落实。已严格要求核医学科受检者使用专用卫生间。 c.已落实。受检者专用卫生间均具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且每天对便池周围进行清洁。 d.已落实。已在废水取样口设置标识。 （8）放射性固体废物： a.已落实。医院核医学科严格区分放射性废物与非放射性废物，进行分类处理，并力求控制和减少放射性废物产生量。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

续表 4-1 环评文件要求及落实情况

内容	环评文件要求	环评文件要求落实情况
污染防治措施	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放到正在使用的铅桶内。 c.在购 ^{68}Ge 源时，与售源单位签订废旧源回收协议。 d.放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号）的相关规定。 （9）放射性废气： 本项目在 PET-CT 中心的 PET-CT 机房、储源室、分装室、注射室、候诊室、留观室及受检者通道设置有集中排风系统，采取机械分机排风，保证排风系统内为负压，排风口位于放射楼顶部。在分装室内设通风橱 1 个，通风橱风管单独接入放射楼排风口，不与其他风管相通。 **2、加速器机房污染防治措施：** （1）在加速器机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志、工作状态指示灯和门机联锁装置，防止无关人员逗留和误入。 （2）在加速器机房内和控制室内均拟设置紧急停机开关，并配备电视监控和对讲系统，确保项目安全运行。	b.已落实。医院核医学科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分类收集到相应的铅桶内。 c.已落实。在购买 ^{68}Ge 校准源时，已与售源单位签订废源回收协议。 d.已落实。医院核医学科对分类收储的放射性固体废物在铅废物桶内暂存十个半衰期以上后，由医院后勤部集中处理，医院已与湖州市星鸿固体废物综合利用处置有限公司签订湖州市医疗固体废物集中处置协议书，满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号）的相关规定。 （9）放射性废气： 已落实。医院核医学 PET-CT 工作场所设置了分装通风柜，放射性药物分装、取药等都在负压通风柜内操作，通风柜风管单独接入放射楼排风口，不与其他风管相通。已采用机械通风系统，通风系统送、排风流向是从低放射性水平区域通向高放射性水平区域，排风机设置在楼顶管道末端，用抽排风形式，使整个管道处于负压状态，排风管道排出口位于放射楼顶部。 **2、加速器机房污染防治措施：** （1）已落实。在加速器机房入口处已设置“当心电离辐射”警告标志、工作状态指示灯和门机联锁装置，以防止无关人员逗留和误入。 （2）已落实。在加速器机房内和控制室内均已设置紧急停机开关，并配备有电视监控和对讲系统，以确保项目安全运行。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

续表 4-1 环评文件要求及落实情况

内容	环评文件要求	环评文件要求落实情况
污染防治措施	（3）配备必要的放射防护用品和放射性报警装置，辐射工作人员配备个人剂量计等监测设备。 （4）加速器机房电缆线布设采用“U”型管道（埋于地下约 500mm），电缆沟不会破坏主机室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。 （5）本项目加速器机房内设计有通风系统，包括进风系统和排风系统，进风系统的出风口位于治疗室顶部。治疗室内西侧设有“U”型穿墙排风管道（埋于地下约 320mm），排风系统的进风口位于治疗室内距地 20cm，排风管道的出风口位于放射楼顶部。送风系统与排风系统呈对流设置，且均未破坏治疗室屏蔽效果，能够有效促进室内气体流动。送风系统和排风系统各设有 1 台风机，通风量均不小于 2000m^3/h，加速器机房治疗室约为 351m^3，通风换气频率约为 5.70 次/h，能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。 **3、其他 X 射线装置机房污染防治措施：** （1）在 DSA、ERCP、CT、DR 等射线装置控制台处应设置观察窗，辐射工作人员通过观察窗观察机房内患者状态。 （2）在 DSA、ERCP、CT、DR 等射线装置机房内设置独立新风送风和排风装置，使机房保持良好的通风。	（3）已落实。医院已在加速器控制室配备了辐射在线监测设备，并为辐射工作人员配备了个人剂量报警仪和个人剂量计等监测设备。 （4）已落实。加速器机房电缆线布设已采用“U”型管道（埋于地下约 500mm），电缆沟不会破坏主机室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。 （5）已落实。本项目加速器机房内设计有通风系统，包括进风系统和排风系统，进风系统的出风口位于治疗室顶部。治疗室内西侧设有“U”型穿墙排风管道（埋于地下约 320mm），排风系统的进风口位于治疗室内距地 20cm，排风管道的出风口位于放射楼顶部。送风系统与排风系统呈对流设置，且均未破坏治疗室屏蔽效果，能够有效促进室内气体流动。送风系统和排风系统各设有 1 台风机，通风量均不小于 2000m^3/h，加速器机房治疗室约为 351m^3，通风换气频率约为 5.70 次/h，能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。 **3、其他 X 射线装置机房污染防治措施：** （1）已落实。医院在 DSA、CT、DR 等射线装置控制台处均已设置观察窗，辐射工作人员可通过观察窗观察机房内患者状态。 （2）已落实。医院在 DSA、CT、DR 等射线装置机房内均设置有独立新风送风和排风装置，可使机房保持良好的通风。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

续表 4-1 环评文件要求及落实情况

内容	环评文件要求	环评文件要求落实情况
污染防治措施	（3）在 DSA、ERCP、CT、DR 等射线装置机房入口处应设置符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房相通的门设置联锁装置；机房门设置闭门装置。 （4）医院应为每名参与介入治疗手术的辐射工作人员配备一套的铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等防护用品，为每台DSA及ERCP设备配备床侧防护帘、床侧防护屏等防护用品。 （5）为本项目每名辐射工作人员均配备个人剂量计，开展个人剂量监测和职业健康监护，并建立完整的个人剂量监测和职业健康防护档案。	（3）已落实。医院在 DSA、CT、DR 等射线装置机房入口处均设置有符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，且工作状态指示灯与候诊门有效联锁，候诊门均设置有闭门装置。 （4）已落实。医院已为参与介入治疗手术的所有辐射工作人员共配备 6 套的铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等防护用品，且 DSA 设备配备有床侧防护帘、床侧防护屏等防护用品。 （5）已落实。医院已为本项目每名辐射工作人员配备了个人剂量计，开展了个人剂量监测和职业健康监护，并已建立完整的个人剂量监测和职业健康监护档案。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

续表 4-1 环评文件要求及落实情况

内容	环评文件要求	环评文件要求落实情况
辐射环境管理要求	1、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。 2、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。 3、放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。 4、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。	1、已落实。医院已制定《关于成立湖州浙北明州医院辐射环境安全管理小组的通知》，已成立了辐射环境安全管理小组。指定王丹为组长，全面负责、落实医院的放射防护安全管理工作；沈志伟和陈明华为小组成员，具体负责医院放射防护安全的日常管理等工作。 2、已落实。医院共 21 名辐射工作人员均参加了有资质单位组织的辐射安全与防护知识培训，均取得了相应的上岗证。医院计划安排已取得上岗证辐射工作人员每四年进行一次复训，并安排新录用人员经培训合格取得上岗证后上岗。 3、已落实。医院放射性同位素与射线装置使用场所均设置有工作指示灯和电离辐射警告标志。 4、已落实。医院现配有铅衣 27 件、铅帽 21 件、铅围裙 6 件、铅眼镜 27 件、铅围脖 18 件、铅方巾 7 件、铅挡板 1 个、铅屏风 1 个、通风柜 1 个、活度计 1 个、放射源保险箱 1 个、嵌入式防护注射窗 1 个、铅废物桶 2 个、表面污染仪（带 X、γ 辐射剂量监测功能）1 台、个人剂量报警仪 3 台、固定式 X、γ 辐射个人剂量当量监测仪 1 台，基本能满足现有工作开展的要求。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

续表 4-1 环评文件要求及落实情况

内容	环评文件要求	环评文件要求落实情况
辐射环境管理要求	5、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、人员培训计划、监测方案等。 6、有完善的辐射事故应急措施。 7、使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当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。 8、医院应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射核素暂存库或设备。 9、产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液和固体废物达标排放的处理。	5、已落实。医院已制定《辐射安全防护和管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全防护制度》、《辐射防护监测制度》、《放射工作人员个人剂量监测工作方案》、《放射科岗位职责》、《放射作业操作程序》、《放射设备使用登记制度》、《设备检修维护制度》、《放射工作人员管理培训制度》、《放射工作人员岗位职责》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《自行检查和年度评估制度》、《X 射线机安全操作规程》、《辐射事故应急处理制度》、《辐射安全责任书》、《放射性药品安全监管工作制度》、《放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》、《仪器设备的质量控制制度》、《核医学科（PET/CT）防护制度》、《放射性废物处理制度》、《放射性药品污染的紧急处理制度及报告制度》、《放射性同位素配制、使用制度》、《核医学科岗位职责》、《放疗科岗位职责》、《Elekta Synergy 直线加速器操作规程》、《肿瘤放疗治疗常规照射操作基本规范》等规章制度。 6、已落实。医院已制定《辐射事故应急处理制度》及《放射性药品污染的紧急处理制度及报告制度》，具体包括目的、范围、定义、相关文件、内容及职责等。 7、已落实。医院已配备相应的质量控制检测设备，并制定了《辐射安全防护和管理制度》及相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，具体包括目的、范围、定义、相关法规和文件、质控内容等。 8、已落实。医院已按要求建立了储源室。 9、已落实。核医学科已设置有专门的通风柜、衰变池和专用铅废物桶。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

4.2 环评批复要求落实情况

湖州浙北明州医院有限公司 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）环评批复要求落实情况见表 4-2。由表 4-2 可知，该项目环评批复要求已基本落实。

表 4-2 环评批复要求及落实情况

环评批复要求	环评批复要求落实情况
1、建立健全各项规章制度、操作规程、辐射和防护安全保卫制度、辐射事故应急预案等，防止辐射事故的发生。 2、各辐射工作场所须按要求安装门-机联锁安全装置及工作警示灯，并保证其有效性，同时各辐射工作场所周围须设置电离辐射警告标志。	1、已落实。医院已制定《辐射安全防护和管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全防护制度》、《辐射防护监测制度》、《放射工作人员个人剂量监测工作方案》、《放射科岗位职责》、《放射作业操作程序》、《放射设备使用登记制度》、《设备检修维护制度》、《放射工作人员管理培训制度》、《放射工作人员岗位职责》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《自行检查和年度评估制度》、《X 射线机安全操作规程》、《辐射事故应急处理制度》、《辐射安全责任书》、《放射性药品安全监管工作制度》、《放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》、《仪器设备的质量控制制度》、《核医学科（PET/CT）防护制度》、《放射性废物处理制度》、《放射性药品污染的紧急处理制度及报告制度》、《放射性同位素配制、使用制度》、《核医学科岗位职责》、《放疗科岗位职责》、《Elekta Synergy 直线加速器操作规程》、《肿瘤放疗治疗常规照射操作基本规范》等规章制度，防止辐射事故的发生。 2、已落实。加速器机房已按要求安装有效的门-灯联锁装置及工作指示灯；其他各辐射工作场所已按要求安装有效的门-灯联锁安全装置及工作指示灯，同时各辐射工作场所周围均设置有电离辐射警告标志。

续表 4 环评及环评批复要求落实情况

续表 4-2 环评批复要求及落实情况

环评批复要求	环评批复要求落实情况
3、严格执行本项目显像剂（^{18}F-FDG）送入、存储和使用过程的管理措施，控制人流、物流通道，落实分区管理措施。 4、做好放射性废物的收集、暂存工作，自然衰变十个半衰期后方可处理。放射性废水排入衰变池，自然衰变十个半衰期后进入医院污水处理站处理。 5、企业应配备相应辐射防护用品及监测仪器，并制定监测方案，对操作人员建立个人剂量档案，定期做好辐射安全和防护知识及相关法律法规的培训和考核工作。每年年底向所属地环保部门上报年度辐射安全评估报告。 6、严格执行建设项目环境保护“三同时”制度，项目建成后应按法律法规要求及时进行辐射环保设施竣工验收，经验收合格后方可投入正式运行。 7、企业需按有关要求申领辐射安全许可证。	3、已落实。医院核医学科已严格执行本项目显像剂（^{18}F-FDG）送入、存储和使用过程的管理措施，控制人流、物流通道，落实分区管理措施。 4、已落实。医院核医学科已做好放射性废物的收集、暂存工作，自然衰变十个半衰期后再进行处理。放射性废水排入衰变池，等自然衰变十个半衰期后再进入医院污水处理站处理。 5、已落实。医院已配备相应的辐射防护用品及监测仪器，并制定了监测方案，已为操作人员建立个人剂量档案，并定期进行辐射安全和防护知识及相关法律法规的培训和考核工作。并在每年一月底向湖州市生态环境局上报上一年度辐射安全评估报告。 6、已落实。医院目前正按规定程序申请环保设施竣工验收。 7、已落实。医院在该项目投入试运行前，已申领了《辐射安全许可证》，种类和范围为：使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。领证日期为 2017 年 8 月 31 日，发证机关为浙江省环境保护厅，有效期至 2022 年 8 月 30 日；证书编号：浙环辐证[E2210]。已委托湖州环安检测有限公司进行竣工验收监测工作，目前正按规定程序申请环保设施竣工验收。辐射安全许可见附件 2。

表 5 辐射环境监测结果

5.1 监测因子及频次

医院为掌握射线装置使用场所周围辐射环境水平，委托湖州环安检测有限公司于 2019 年 8 月 27 日对医院各机房周围辐射环境进行了监测。

监测因子：X 射线剂量率、γ 射线剂量率、β 表面污染、中子剂量率。

5.2 监测布点

根据现场条件，进行全面、合理布点；重点考虑工作人员长时间工作的场所和其他公众可能到达的场所。监测点位图见图5-1～5-8。

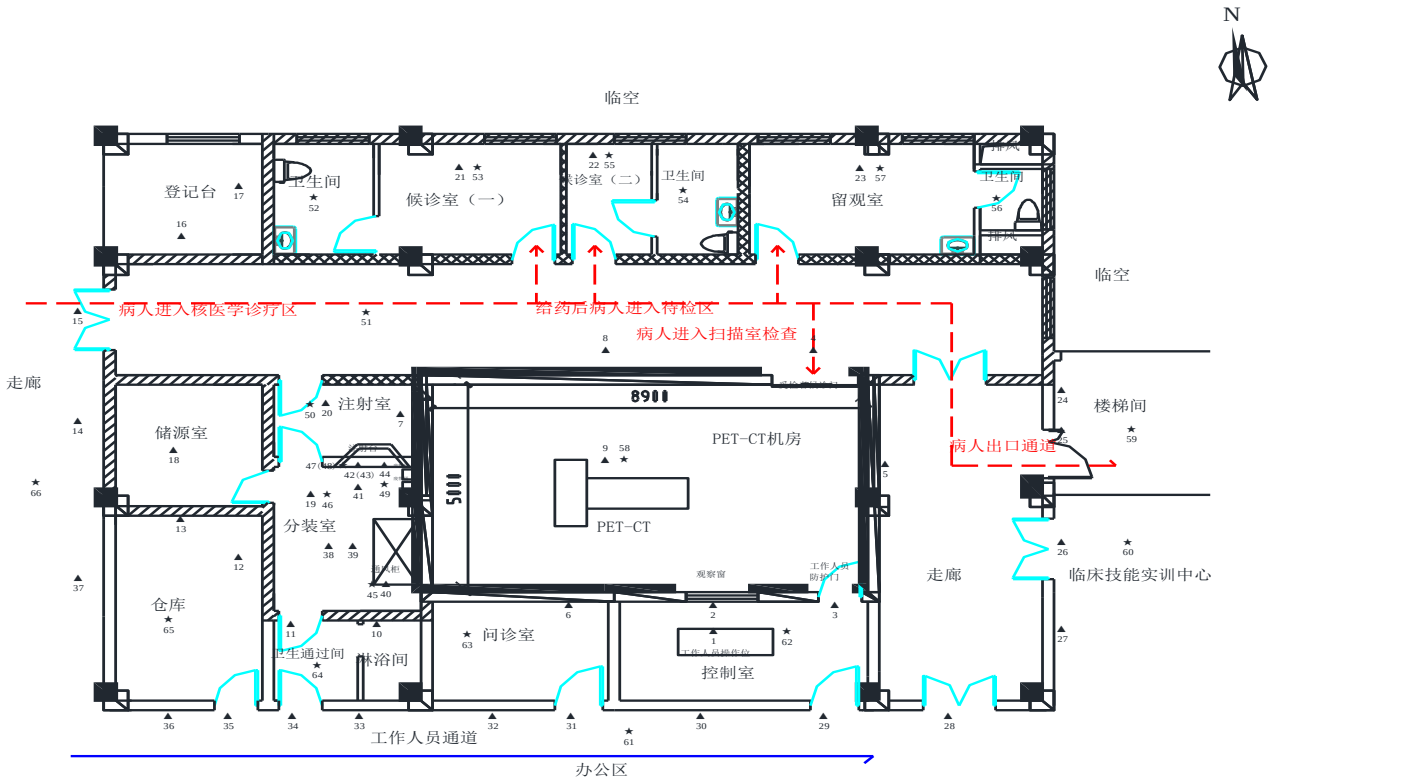
5.3 监测仪器

监测使用仪器情况见表 5-1。

表 5-1 辐射监测仪器参数与检定情况

仪器名称	仪器检定情况
X、γ 辐射剂量率仪	型号：AT1121 编号：2018003 检定/校准机构：中国计量科学研究院 检定/校准有效期：2018.10.29-2019.10.28/2018.11.26-2019.11.25 检定/校准证书号：DYjl2018-7485/DYjl2018-8203
α、β 表面污染测量仪	型号：CoMo170 编号：2018002 检定/校准机构：中国计量科学研究院 检定/校准有效期：2018.11.05-2019.11.04 检定/校准证书号：DYhd2018-3332
中子周围剂量当量率仪	型号：JC-XYZ500 编号：2018012 检定/校准机构：中国计量科学研究院 检定/校准有效期：2018.12.21-2019.12.20 检定/校准证书号：DYjs2018-1380

续表 5 辐射环境监测结果



备注：▲ ———— X、γ射线剂量率监测点　　- - - - - - → 病人路线

★ ———— β表面污染监测点　　———→ 工作人员路线

图 5-1　放射楼三层核医学科 PET-CT 工作场所辐射环境监测点布置平面图

续表 5 辐射环境监测结果

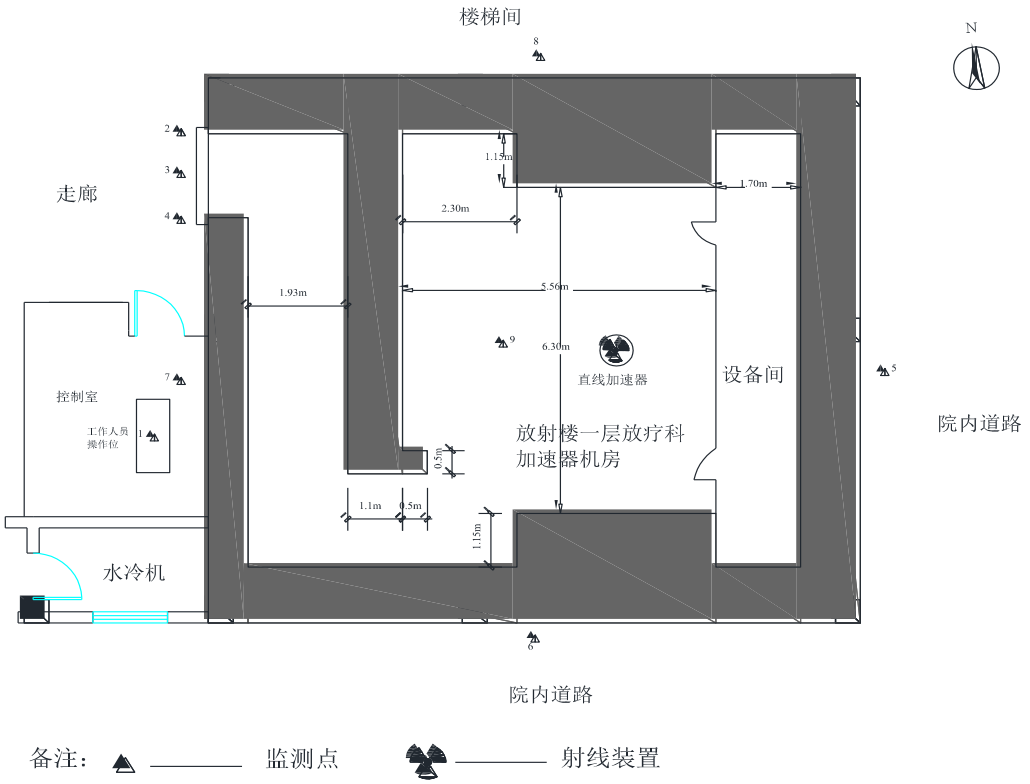


图 5-2 放射楼一层放疗科加速器机房辐射环境监测点布置平面图

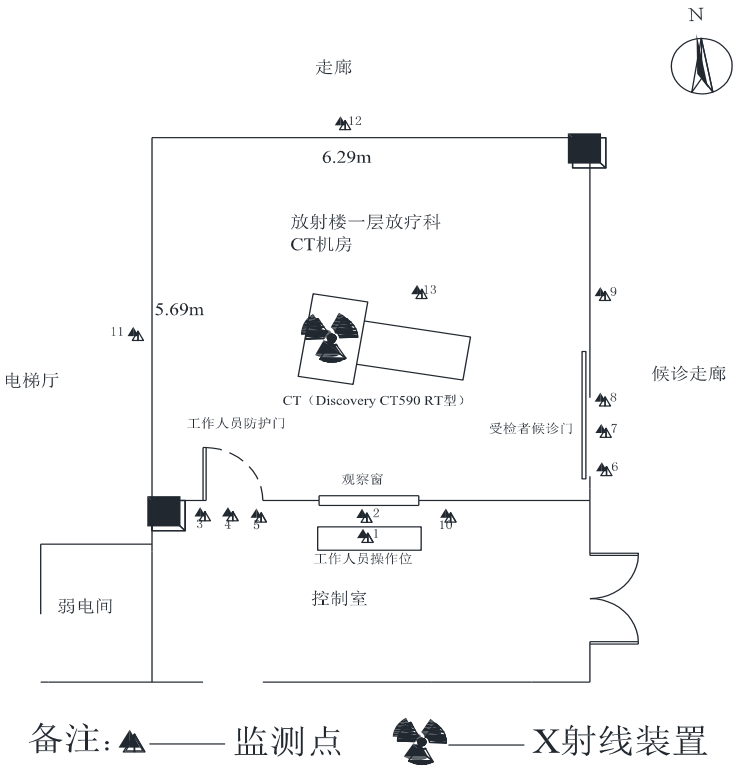


图 5-3 放射楼一层放疗科 CT 机房辐射环境监测点布置平面图

续表 5 辐射环境监测结果

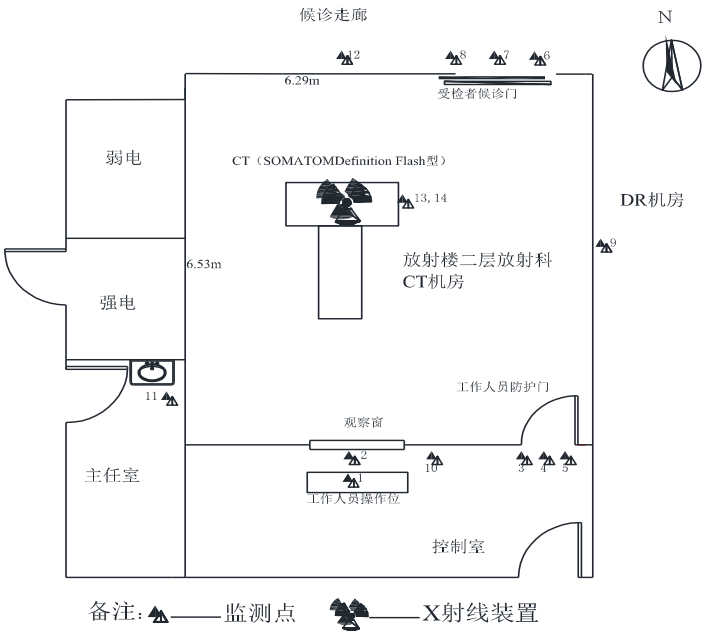


图 5-4 放射楼二层放射科 CT 机房辐射环境监测点布置平面图

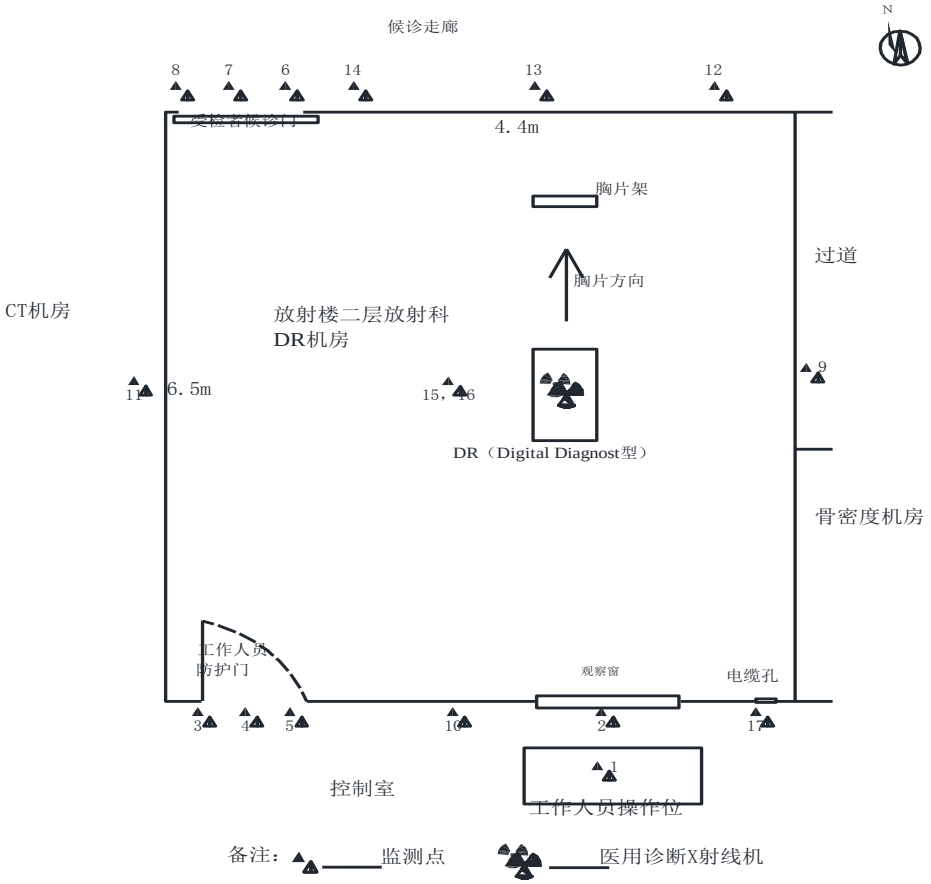
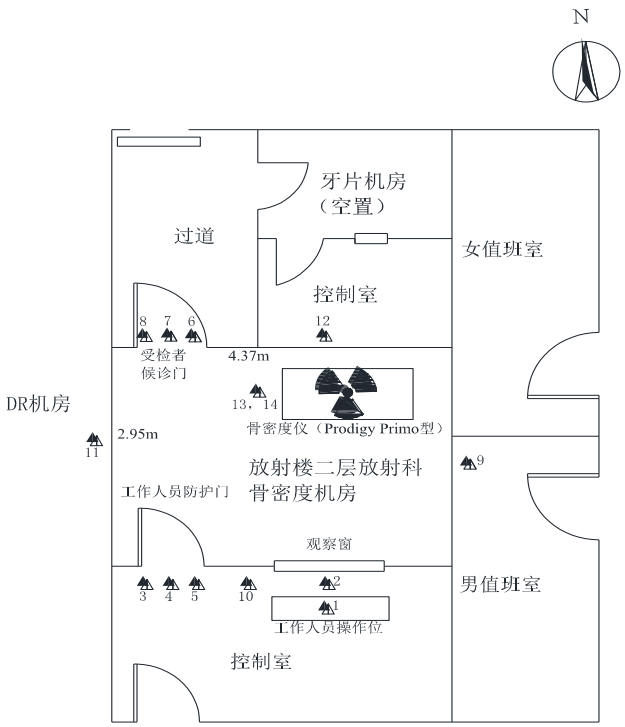


图 5-5 放射楼二层放射科 DR 机房辐射环境监测点布置平面图

续表 5 辐射环境监测结果



备注：▲——监测点 ——X射线装置

图 5-6 放射楼二层放射科骨密度机房辐射环境监测点布置平面图

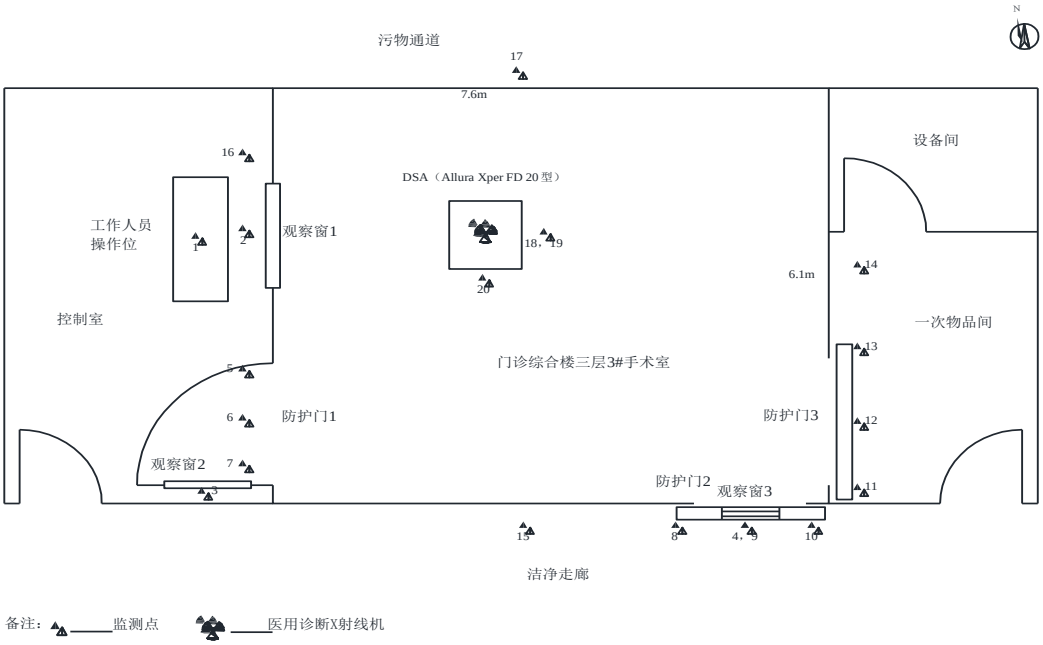


图 5-7 门诊综合楼三层 3#手术室辐射环境监测点布置平面图

续表 5 辐射环境监测结果

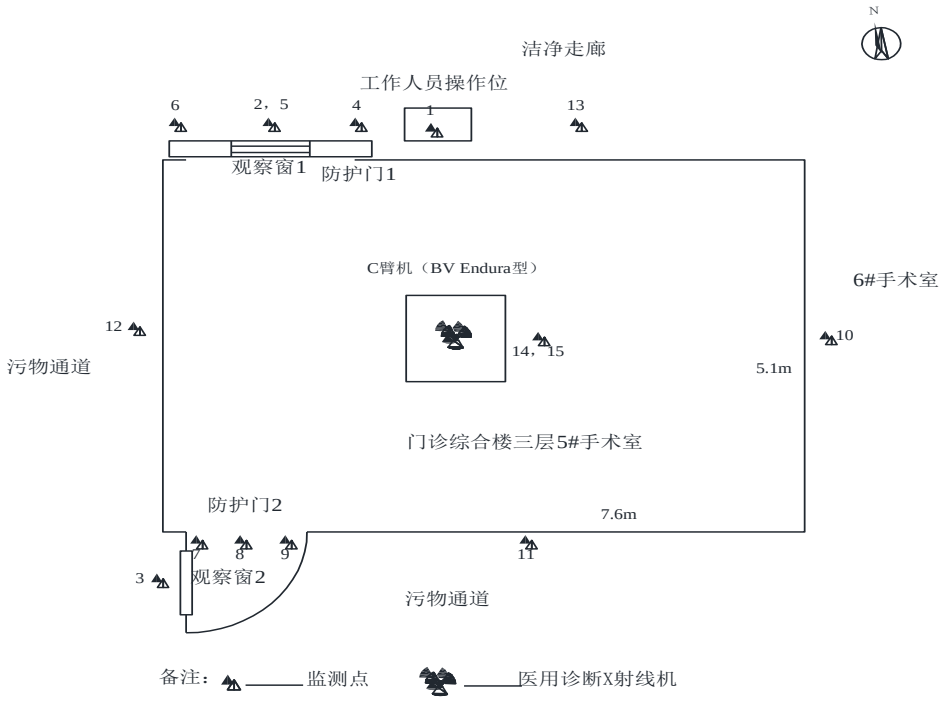


图 5-8 门诊综合楼三层 5#手术室辐射环境监测点布置平面图

续表 5 辐射环境监测结果

5.4 监测质量保证

（1）工况

在各射线装置正常工作工况条件下进行监测。

（2）监测仪器

监测使用的仪器经有相应资质的计量部门检定、并在有效使用期内；每次测量前、后，均对仪器的工作状态进行检查，确认仪器是否正常。

（3）监测点位和方法

监测布点和测量方法选用目前国家和行业有关规范和标准。

（4）监测人员资格

参加本次现场监测的人员，均经过辐射环境监测技术培训，并经考核合格，做到持证上岗。

（5）审核制度

监测报告实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

（6）认证制度

验收监测单位已通过了浙江省计量认证，本项目所涉监测项目在资质范围内。

续表 5 辐射环境监测结果

5.5 监测结果

5.5.1 放射楼三层核医学科 PET-CT 工作场所辐射水平监测结果

（1）PET-CT 机房辐射水平监测结果

PET-CT 机房辐射水平监测布点见图 5-1，辐射剂量当量率监测结果见表 5-2。根据表 5-2 可知：

PET-CT 机房在未作业时，机房工作场所及周围环境辐射剂量当量率为 156～170nSv/h；在作业时，机房工作场所及周围环境辐射剂量当量率为 159 nSv/h～0.65μSv/h。监测结果表明，该机房周围环境辐射剂量当量率小于《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）规定的 2.5μSv/h 控制目标值。

（2）^{18}F 放射性同位素应用工作场所辐射水平监测结果

^{18}F 放射性同位素应用工作场所辐射水平监测布点见图 5-1，辐射剂量当量率监测结果见表 5-3。根据表 5-3 可知：

^{18}F 放射性同位素应用工作场所在未作业时，控制区、监督区边界各监测点辐射剂量当量率分别为 157～171nSv/h、157～170nSv/h。在作业时，控制区、监督区边界各监测点辐射剂量当量率分别为 159 nSv/h～0.65μSv/h、158～216nSv/h。该场所控制区、监督区边界辐射剂量当量率均小于 2.5μSv/h。

（3）^{18}F 放射性同位素应用工作场所废物桶表面辐射水平监测结果

^{18}F 放射性同位素应用工作场所废物桶表面辐射水平监测布点见图 5-1，废物桶表面辐射水平监测结果见表 5-3。根据表 5-3 可知：

废物桶表面剂量当量率为 7.3μSv/h，小于 0.1mSv/h，符合《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）的规定要求。

（4）^{18}F 放射性同位素应用工作场所放射性表面污染监测结果

^{18}F 放射性同位素应用工作场所 β 表面污染监测布点见图 5-1，β 表面污染监测结果见表 5-4。根据表 5-4 可知：

该场所控制区和监督区地面、注射台观察窗表面、注射台表面、通风柜表面及废物桶表面表面 β 表面污染为 0.12～0.36Bq/cm^2，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的控制区 β 表面污染小于 40Bq/cm^2，监督区 β 表面污染小于 4Bq/cm^2 的要求，也符合《临床核医学放射卫生防护标准》

续表 5 辐射环境监测结果

（GBZ 120-2006）规定的放射性污染控制标准要求。

（5）核医学科衰变池放射性废水监测结果

核医学科衰变池放射性废水取水点位于医院北侧放射楼外衰变池废水排放口，衰变池外排废水总 β 放射性监测结果见表 5-5。根据表 5-5 可知：

衰变池外排废水中总 β 放射性活度浓度为 0.53Bq/L。监测结果表明，外排废水放射性小于《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466－2005）规定的 10Bq/L 限值标准。监测报告见附件 4。

5.5.2 放射楼一层放疗科加速器机房辐射水平监测结果

加速器机房辐射水平监测布点见图 5-2，辐射剂量当量率监测结果见表 5-6～表 5-7。根据表 5-6～表 5-7 可知：

在加速器未运行时，机房工作场所及周围环境 X、γ 射线剂量率为 155～169nSv/h，中子剂量率均为 0.0μSv/h；在加速器运行时，机房工作场所及周围环境 X、γ 射线剂量率为 156～173nSv/h，中子剂量率均为 0.0μSv/h。监测结果表明，该机房周围环境辐射剂量当量率小于《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）规定的 2.5μSv/h 控制目标值。

5.5.3 其他 X 射线装置机房辐射水平监测结果

其他 X 射线装置机房辐射水平监测布点见图 5-3～图 5-8，辐射剂量当量率监测结果见表 5-8～表 5-14。根据表 5-8～表 5-14 可知：

在射线装置未运行时，机房工作场所及周围环境辐射剂量当量率为 155～172nSv/h；在射线装置运行时，机房工作场所及周围环境辐射剂量当量率为 157～190nSv/h。监测结果表明，其他 X 射线装置机房周围环境辐射剂量当量率均小于《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）规定的 2.5μSv/h 控制目标值。

本项目共 1 台 DSA，DSA 室内操作为介入操作，在患者手术时，医生穿戴好铅衣、铅围脖、铅帽等辐射防护用品，由 1 名医生在近距离操作，在 DSA 正常运行工况下，DSA 室内医生操作位铅衣后辐射剂量当量率为 1.94μSv/h。

本项目 1 台移动 X 光机在开机运行时，工作人员使用遥控器曝光，操作位（铅屏风后）尽量远离射线装置，工作人员操作位辐射剂量当量率为 165nSv/h。

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-2　PET-CT 机房辐射水平监测结果

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
		未作业时		作业时		
		校正值	标准差	校正值	标准差	
1	工作人员操作位	156	4	0.37×10^{3}	0.03×10^{3}	作业时，注射 379.25MBq（10.25mCi）^{18}F 药物的 1 名受检者位于诊断床上，同时 CT 以 120kV、300mA 条件进行成人头部扫描
2	观察窗外表面 30cm	157	3	0.65×10^{3}	0.04×10^{3}	
3	工作人员防护门外表面 30cm	157	5	198	7	
4	受检者候诊门外表面 30cm	158	4	168	3	
5	东墙外表面 30cm	168	3	195	5	
6	南墙外表面 30cm	170	5	184	3	
7	西墙外表面 30cm	169	4	182	5	
8	北墙外表面 30cm	167	4	0.65×10^{3}	0.03×10^{3}	
9	机房楼下（二层）距地坪 170cm	157	4	159	4	

注：以上监测结果均未扣除宇宙射线的响应值，下同。

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-3 ^{18}F 放射性同位素应用工作场所辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			未作业时		作业时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
控制区边界	2	PET-CT 机房观察窗外表面 30cm	157	3	0.65×10^3	0.04×10^3	作业时，控制区内分别有 379.25MBq（10.25mCi）的 ^{18}F 药物、5.5×10^7Bq 的 ^{68}Ge 放射源及 3.5×10^6Bq 的 ^{68}Ge 放射源在各自作业区域正常使用
	3	PET-CT 机房工作人员防护门外表面 30cm	157	5	198	7	
	6	PET-CT 机房南墙外表面 30cm	170	5	184	3	
	9	PET-CT 机房楼下（二层）距地坪 170cm	157	4	159	4	
	10	分装室南墙外表面 30cm	169	5	183	4	
	11	分装室南墙防护门外表面 30cm	158	4	181	5	
	12	分装室西墙外表面 30cm	171	5	176	4	
	13	储源室南墙外表面 30cm	168	5	235	4	
	14	储源室西墙外表面 30cm	167	6	177	5	
	15	病人进入核医学诊疗区西门外表面 30cm	157	4	204	4	
	16	病人进入核医学诊疗区北墙外表面 30cm	166	4	213	4	
	17	候诊室（一）卫生间西墙外表面 30cm	170	5	216	4	
	18	储源室楼下（二层）距地坪 170cm	159	4	161	4	
	19	分装室楼下（二层）距地坪 170cm	157	6	162	4	
	20	注射室楼下（二层）距地坪 170cm	158	4	160	5	
	21	候诊室（一）楼下（二层）距地坪 170cm	157	5	159	5	
	22	候诊室（二）楼下（二层）距地坪 170cm	158	5	158	4	
	23	留观室楼下（二层）距地坪 170cm	157	4	159	4	
	24	病人出口通道（楼梯间）东墙外表面 30cm	166	5	205	4	
	25	病人出口通道（楼梯间）东墙防护门外表面 30cm	157	4	203	4	

续表 5 辐射环境监测结果

续表 5-3 ^{18}F 放射性同位素应用工作场所辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			未作业时		作业时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
控制区边界	26	病人出口通道（临床技能实训中心）东墙防护门外表面 30cm	156	5	203	5	
	27	病人出口通道（临床技能实训中心）东墙外表面 30cm	169	5	199	4	
	28	病人出口通道南墙防护门外表面 30cm	158	4	201	5	
监督区边界	9	PET-CT 机房楼下（二层）距地坪 170cm	157	4	159	4	作业时，控制区内分别有 379.25MBq（10.25mCi）的 ^{18}F 药物、$5.5\times10^{7}Bq$ 的 ^{68}Ge 放射源及 $3.5\times10^{6}Bq$ 的 ^{68}Ge 放射源在各自作业区域正常使用
	14	储源室西墙外表面 30cm	167	6	177	5	
	15	病人进入核医学诊疗区西门外表面 30cm	157	4	204	4	
	16	病人进入核医学诊疗区北墙外表面 30cm	166	4	213	4	
	17	候诊室（一）卫生间西墙外表面 30cm	170	5	216	4	
	18	储源室楼下（二层）距地坪 170cm	159	4	161	4	
	19	分装室楼下（二层）距地坪 170cm	157	6	162	4	
	20	注射室楼下（二层）距地坪 170cm	158	4	160	5	
	21	候诊室（一）楼下（二层）距地坪 170cm	157	5	159	5	
	22	候诊室（二）楼下（二层）距地坪 170cm	158	5	158	4	
	23	留观室楼下（二层）距地坪 170cm	157	4	159	4	
	24	病人出口通道（楼梯间）东墙外表面 30cm	166	5	205	4	
	25	病人出口通道（楼梯间）东墙防护门外表面 30cm	157	4	203	4	
	26	病人出口通道（临床技能实训中心）东墙防护门外表面 30cm	156	5	203	5	
	27	病人出口通道（临床技能实训中心）东墙外表面 30cm	169	5	199	4	

续表 5 辐射环境监测结果

续表 5-3 ^{18}F 放射性同位素应用工作场所辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			未作业时		作业时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
监督区边界	28	病人出口通道南墙防护门外表面 30cm	158	4	201	5	
	29	控制室南墙防护门外表面 30cm	158	4	160	4	
	30	控制室南墙外表面 30cm	169	5	170	5	
	31	问诊室南墙防护门外表面 30cm	159	4	162	3	
	32	问诊室南墙外表面 30cm	169	3	171	4	
	33	卫生通过间南墙外表面 30cm	168	5	169	5	
	34	卫生通过间南墙防护门外表面 30cm	157	5	161	5	
	35	仓库南墙防护门外表面 30cm	158	4	162	3	
	36	仓库南墙外表面 30cm	169	4	171	4	
	37	仓库西墙外表面 30cm	168	5	170	5	
控制区内	38	分装室通风柜前工作人员操作位	/	/	0.88×10^3	0.03×10^3	分装作业时
	39	分装室通风柜观察窗外表面 30cm	/	/	1.73×10^3	0.04×10^3	
	40	分装室通风柜四周外表面 30cm	/	/	181	4	
	41	分装室注射台前工作人员操作位	/	/	0.69×10^3	0.04×10^3	
	42	分装室注射台观察窗外表面 30cm	/	/	1.01×10^3	0.04×10^3	
	43	分装室注射台前表面手洞位置	/	/	56×10^3	1×10^3	
废物桶表面	44	分装室废物桶表面	/	/	7.3×10^3	0.2×10^3	工作结束后进行监测

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-4 ^{18}F 放射性同位素应用工作场所放射性表面污染监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果(Bq/cm^2)
控制区	45	分装室通风柜表面	0.16
	46	分装室地面	0.13
	47	分装室注射台观察窗表面	0.12
	48	分装室注射台表面	0.21
	49	分装室废物桶表面	0.36
	50	注射室地面	0.14
	51	控制区病人通道地面	0.12
	52	候诊室（一）卫生间地面	0.16
	53	候诊室（一）地面	0.13
	54	候诊室（二）卫生间地面	0.17
	55	候诊室（二）地面	0.13
	56	留观室卫生间地面	0.18
	57	留观室地面	0.13
	58	PET-CT 机房地面	0.12
监督区	59	楼梯间地面	0.13
	60	临床技能实训中心地面	0.12
	61	工作人员通道地面	0.13
	62	控制室地面	0.14
	63	问诊室地面	0.13
	64	卫生通过间地面	0.13
	65	仓库地面	0.12

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-5　核医学科衰变池放射性废水监测结果

监测场所	点号	样品名称	监测项目	监测结果（Bq/L）
衰变池废水排放口	/	核医学衰变池废水	总 β 放射性	0.53

表 5-6　放射楼一层放疗科加速器机房 X、γ 射线剂量率监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
放射楼一层放疗科加速器机房	1	工作人员操作位	155	4	156	3	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝下
	2	防护门（左侧）外表面 30cm	158	4	160	5	
	3	防护门（中部）外表面 30cm	157	4	159	4	
	4	防护门（右侧）外表面 30cm	160	4	161	3	
	5	东墙外表面 30cm	168	4	172	4	
	6	南墙外表面 30cm	166	5	169	4	
	7	西墙外表面 30cm	167	4	170	4	
	8	北墙外表面 30cm	169	4	171	4	
	9	机房楼上（二层）距地坪 30cm	160	5	161	4	
	6	南墙外表面 30cm	166	5	171	5	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝南
	8	北墙外表面 30cm	169	4	173	5	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝北
	9	机房楼上（二层）距地坪 30cm	160	5	162	4	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝上

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-7　放射楼一层放疗科加速器机房中子剂量率监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（μSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
放射楼一层放疗科加速器机房	1	工作人员操作位	未检出	-	未检出	-	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝下
	2	防护门（左侧）外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	
	3	防护门（中部）外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	
	4	防护门（右侧）外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	
	5	东墙外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	
	6	南墙外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	
	7	西墙外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	
	8	北墙外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	
	9	机房楼上（二层）距地坪 30cm	未检出	-	未检出	-	
	6	南墙外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝南
	8	北墙外表面 30cm	未检出	-	未检出	-	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝北
	9	机房楼上（二层）距地坪 30cm	未检出	-	未检出	-	射线装置运行时监测条件：10MV X 射线，射野 40cm×40cm，剂量率 600MU/min，机头朝上

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-8　放射楼一层放疗科 CT 机房辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
放射楼一层放疗科CT机房	1	工作人员操作位	156	5	162	4	射线装置运行时监测条件：120kV、200mA、1.0s，水模，成人头部扫描
	2	观察窗外表面 30cm	158	4	163	5	
	3	工作人员防护门（左侧）外表面 30cm	157	4	166	4	
	4	工作人员防护门（中部）外表面 30cm	156	5	164	4	
	5	工作人员防护门（右侧）外表面 30cm	159	4	167	5	
	6	受检者候诊门（左侧）外表面 30cm	158	6	168	4	
	7	受检者候诊门（中部）外表面 30cm	157	4	165	3	
	8	受检者候诊门（右侧）外表面 30cm	159	4	167	4	
	9	东墙外表面 30cm	165	5	176	5	
	10	南墙外表面 30cm	167	5	174	5	
	11	西墙外表面 30cm	166	6	177	4	
	12	北墙外表面 30cm	168	4	175	5	
	13	机房楼上（二层）距地坪 30cm	159	4	164	5	

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-9　放射楼二层放射科 CT 机房辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
放射楼二层放射科CT机房	1	工作人员操作位	157	4	163	4	射线装置运行时监测条件：120kV、250mAs、1.0s，水模，成人头部扫描
	2	观察窗外表面 30cm	159	4	165	5	
	3	工作人员防护门（左侧）外表面 30cm	159	4	166	6	
	4	工作人员防护门（中部）外表面 30cm	157	3	164	5	
	5	工作人员防护门（右侧）外表面 30cm	158	4	165	5	
	6	受检者候诊门（左侧）外表面 30cm	158	5	167	5	
	7	受检者候诊门（中部）外表面 30cm	157	6	163	4	
	8	受检者候诊门（右侧）外表面 30cm	160	4	166	6	
	9	东墙外表面 30cm	167	5	177	5	
	10	南墙外表面 30cm	169	5	174	4	
	11	西墙外表面 30cm	166	6	175	5	
	12	北墙外表面 30cm	165	3	176	5	
	13	机房楼上（三层）距地坪 30cm	159	4	166	4	
	14	机房楼下（一层）距地坪 170cm	158	5	164	6	

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-10　放射楼二层放射科 DR 机房辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
放射楼二层放射科 DR 机房	1	工作人员操作位	155	4	163	5	射线装置运行时监测条件：120kV、100mA、500ms，水模，照射野（20cm×25cm），球管朝下
	2	观察窗外表面 30cm	157	5	164	4	
	3	工作人员防护门（左侧）外表面 30cm	157	4	168	4	
	4	工作人员防护门（中部）外表面 30cm	156	6	163	5	
	5	工作人员防护门（右侧）外表面 30cm	158	5	167	5	
	9	东墙外表面 30cm	167	4	178	4	
	10	南墙外表面 30cm	165	4	175	3	
	11	西墙外表面 30cm	169	5	177	4	
	16	机房楼下（一层）距地坪 170cm	156	4	165	5	
	17	电缆孔外表面 30cm	164	4	174	4	
	6	受检者候诊门（左侧）外表面 30cm	158	6	168	4	射线装置运行时监测条件：120kV、100mA、500ms，水模，照射野（20cm×25cm），球管朝北
	7	受检者候诊门（中部）外表面 30cm	155	4	164	5	
	8	受检者候诊门（右侧）外表面 30cm	159	3	166	6	
	12	北墙（左侧）外表面 30cm	166	4	174	5	
	13	北墙（中部）外表面 30cm	168	4	178	4	
	14	北墙（右侧）外表面 30cm	165	5	176	4	
	15	机房楼上（三层）距地坪 30cm	159	4	167	4	

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-11　放射楼二层放射科骨密度机房辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
放射楼二层放射科骨密度机房	1	工作人员操作位	156	4	157	4	射线装置运行时监测条件：76kV、1.5mA，水模，球管朝下
	2	观察窗外表面 30cm	157	5	159	4	
	3	工作人员防护门（左侧）外表面 30cm	158	6	159	4	
	4	工作人员防护门（中部）外表面 30cm	157	6	157	5	
	5	工作人员防护门（右侧）外表面 30cm	159	4	160	4	
	6	受检者候诊门（左侧）外表面 30cm	159	4	161	3	
	7	受检者候诊门（中部）外表面 30cm	156	5	158	4	
	8	受检者候诊门（右侧）外表面 30cm	157	5	159	4	
	9	东墙外表面 30cm	167	6	171	5	
	10	南墙外表面 30cm	168	4	169	5	
	11	西墙外表面 30cm	166	4	168	3	
	12	北墙外表面 30cm	169	5	170	4	
	13	机房楼上（三层）距地坪 30cm	159	4	160	4	
	14	机房楼下（一层）距地坪 170cm	156	5	158	5	

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-12　门诊综合楼三层 3#手术室辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
门诊综合楼三层 3#手术室	1	工作人员操作位	158	5	174	4	射线装置运行时监测条件：98kV、12.4mA，水模，球管朝上
	2	观察窗 1 外表面 30cm	160	4	175	4	
	3	观察窗 2 外表面 30cm	158	5	175	5	
	4	观察窗 3 外表面 30cm	159	4	176	4	
	5	防护门 1（左侧）外表面 30cm	161	4	179	4	
	6	防护门 1（中部）外表面 30cm	158	4	176	6	
	7	防护门 1（右侧）外表面 30cm	159	4	177	5	
	8	防护门 2（左侧）外表面 30cm	159	6	177	4	
	9	防护门 2（中部）外表面 30cm	158	4	175	5	
	10	防护门 2（右侧）外表面 30cm	160	6	178	3	
	11	防护门 3（左侧）外表面 30cm	160	5	178	4	
	12	防护门 3（中部）外表面 30cm	158	5	176	4	
	13	防护门 3（右侧）外表面 30cm	162	3	177	5	
	14	东墙外表面 30cm	169	5	189	4	
	15	南墙外表面 30cm	165	6	186	5	
	16	西墙外表面 30cm	167	4	188	5	
	17	北墙外表面 30cm	166	6	185	6	
	18	机房楼上（四层）距地坪 30cm	160	4	178	4	
	19	机房楼下（二层）距地坪 170cm	159	5	176	3	
	20	术者位铅衣后	159	4	1.94×10^{3}	0.04×10^{3}	

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-13　门诊综合楼三层 5#手术室辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
门诊综合楼三层 5#手术室	1	工作人员操作位	157	5	174	4	射线装置运行时监测条件：90kV、2.87mA，水模，球管朝上
	2	观察窗 1 外表面 30cm	159	5	175	4	
	3	观察窗 2 外表面 30cm	158	5	174	4	
	4	防护门 1（左侧）外表面 30cm	159	5	177	5	
	5	防护门 1（中部）外表面 30cm	157	5	176	4	
	6	防护门 1（右侧）外表面 30cm	160	5	178	5	
	7	防护门 2（左侧）外表面 30cm	161	3	180	3	
	8	防护门 2（中部）外表面 30cm	158	4	177	4	
	9	防护门 2（右侧）外表面 30cm	159	3	178	4	
	10	东墙外表面 30cm	168	6	187	4	
	11	南墙外表面 30cm	172	5	185	6	
	12	西墙外表面 30cm	167	5	186	5	
	13	北墙外表面 30cm	171	5	190	3	
	14	机房楼上（四层）距地坪 30cm	159	5	176	6	
	15	机房楼下（二层）距地坪 170cm	158	5	174	5	

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-14　门诊综合楼三层 ICU 辐射水平监测结果

监测场所	点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）				备注
			射线装置未运行时		射线装置运行时		
			校正值	标准差	校正值	标准差	
门诊综合楼三层 ICU	1	工作人员操作位	158	4	165	5	射线装置运行时监测条件：120kV、100mA、500ms，水模，照射野（20cm×25cm），球管朝下

续表 5 辐射环境监测结果

5.6 剂量估算公式

按照 UNSCEAR--2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算

$$H_{E\cdot r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \qquad （1）$$

其中：

H_{Er}：X-γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

Dr：X-γ 射线空气吸收剂量当量率，nGy/h；

t：X-γ 照射时间，小时；

0.7：剂量换算系数，Sv/Gy。

由于 AT1121 仪器已经通过其内置的测量常数将 X-γ 射线空气吸收剂量率 Dr 转化为光子剂量当量率 H*(10)的显示读数，因此计量评估公式（1）可以简化为运行实用量 H*(10)来保守评估计算 H_{E-r}：

$$H_{E-r}=H^*(10)\times t\times 10^{-6}(mSv) \qquad （2）$$

其中：

H*(10)：周围剂量当量率，nSv/h。

5.7 辐射工作人员附加剂量

医院辐射工作人员个人剂量由浙江中一检测研究院股份有限公司监测，每 90 天为一个测量周期。根据医院 2018 年 5 月-2019 年 4 月的个人剂量监测报告，医院辐射工作人员剂量监测结果见表 5-15。

由表 5-15 可知，医院 2018 年 5 月-2019 年 4 月辐射工作人员年有效剂量最高为 0.50mSv（该人员为放射科主治医师），远低于医院辐射工作人员职业照射的年剂量管理限值（5mSv），也符合《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。

续表 5 辐射环境监测结果

表 5-15 辐射工作人员个人剂量监测结果

序号	姓名	个人剂量仪佩戴时段及个人剂量监测结果（mSv）				合计（mSv）
		2018 年 5 月-2018 年 8 月	2018 年 8 月-2018 年 10 月	2018 年 10 月-2019 年 1 月	2019 年 1 月-2019 年 4 月	
1	俞根华	0.02	0.05	0.01	0.04	0.12
2	胡海丽	0.05	0.01	0.11	0.03	0.20
3	毛艳丽	0.03	0.01	0.01	0.02	0.07
4	陈舒	-	0.01	0.20	0.05	0.26
5	陈宇航	-	0.01	0.07	0.01	0.09
6	黄小妹	-	0.01	0.15	0.01	0.17
7	朱杭炜	-	0.03	0.01	0.08	0.12
8	王岩	-	0.03	0.01	0.07	0.11
9	龚旭锋	-	0.01	0.19	0.09	0.29
10	刘波	-	0.07	0.01	0.04	0.12
11	赵峰	-	0.01	0.01	0.05	0.07
12	周彩萍	-	0.03	0.01	0.01	0.05
13	陈明华	-	0.02	0.05	0.06	0.13
14	杨滔	0.03	0.04	0.06	0.01	0.14
15	柏松	0.01	0.02	0.43	0.04	0.50
16	孙妮	0.04	0.03	0.03	0.02	0.12
17	龙军	0.02	0.01	0.09	0.02	0.14
18	章模媚		0.04	0.01	0.05	0.10
19	张太文		0.05	0.01	0.01	0.07
20	张骞		0.06	0.01	0.01	0.08
21	唐灵		-	0.01	0.02	0.03
22	孙孟杰		-	0.01	0.01	0.02
23	赖鑫		-	-	0.01	0.01
24	顾琪		-	-	0.01	0.01

注：最低探测水平 MDL 为 0.019mSv，当检测数据小于 MDL 时，记录为 1/2MDL，即 0.01mSv。个人剂量监测结果取值选用深部个人剂量当量 Hp（10），应用于全身外照射。本项目共 21 名辐射工作人员，其余人员为医院内其他从事相关辐射工作人员（包括护理人员）。

续表 5 辐射环境监测结果

5.8 公众附加剂量

以各辐射工作场所公众可能到达边界辐射水平增量最大值为 216nSv/h（放射楼三层核医学科 PET-CT 中心候诊室(一)卫生间西墙外表面 30cm 处 17 号监测点）偏保守估算公众受照剂量。假设公众一年当中在辐射水平增量最大值处滞留的时间为 250 天，每天受照时间为 1h，则估算公众附加剂量为 0.05mSv，小于公众 0.25mSv 的个人剂量约束值。

普通 X 光机运行时，公众成员所受的照射来自病人出入门处的射线泄漏，但由于公众停留时间较短，所受附加剂量可忽略不计，因此，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”的相关要求。

表 6 环保检查结果

6.1 辐射安全防护管理机构

医院已制定《关于成立湖州浙北明州医院辐射环境安全管理小组的通知》，已成立了辐射环境安全管理小组。指定王丹为组长，全面负责、落实医院的放射防护安全管理工作；沈志伟和陈明华为小组成员，具体负责医院放射防护安全的日常管理等工作。

6.2 辐射安全防护管理制度

医院已制定《辐射安全防护和管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《使用场所安全防护制度》、《辐射防护监测制度》、《放射工作人员个人剂量监测工作方案》、《放射科岗位职责》、《放射作业操作程序》、《放射设备使用登记制度》、《设备检修维护制度》、《放射工作人员管理培训制度》、《放射工作人员岗位职责》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《自行检查和年度评估制度》、《X射线机安全操作规程》、《辐射事故应急处理制度》、《辐射安全责任书》、《放射性药品安全监管工作制度》、《放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》、《仪器设备的质量控制制度》、《核医学科（PET/CT）防护制度》、《放射性废物处理制度》、《放射性药品污染的紧急处理制度及报告制度》、《放射性同位素配制、使用制度》、《核医学科岗位职责》、《放疗科岗位职责》、《Elekta Synergy直线加速器操作规程》、《肿瘤放疗治疗常规照射操作基本规范》等规章制度。

6.3 管理制度落实情况

（1）本项目21名辐射工作人员均已参加了有资质单位组织的上岗培训。

（2）医院现有的21名辐射工作人员均配备了个人剂量仪，个人剂量仪每90天到相关部门检测一次，并建立了个人剂量档案。

（3）医院现有的21名辐射工作人员每两年进行一次职业健康体检，并建立了个人健康监护档案。

医院要求所有从事辐射操作的工作人员及今后新上岗的辐射工作人员均参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，同时建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

续表 6 环保检查结果

6.4 辐射安全防护措施落实情况

（1）医院各辐射工作场所屏蔽情况均满足环评要求；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。各射线装置机房面积及最小单边长度均能满足相关标准的要求。

（2）医院已在各操作室张贴了相应的操作规程。

（3）医院配备有符合防护要求的辅助防护用品，具体为配有铅衣27件、铅帽21件、铅围裙6件、铅眼镜27件、铅围脖18件、铅方巾7件、铅挡板1个、铅屏风1个、通风柜1个、活度计1个、放射源保险箱1个、嵌入式防护注射窗1个、铅废物桶2个、表面污染仪（带X、γ 辐射剂量监测功能）1台、个人剂量报警仪3台、固定式X、γ 辐射个人剂量当量监测仪1台，已能满足正常工作使用要求。

（4）所有射线装置机房均已设置有效的工作指示灯，各辐射工作场所周围均已张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明。

（5）各射线装置机房门口已设置 1m 警戒线，告知公众成员在警戒线外等待。

续表 6 环保检查结果

6.5 应急预案

医院根据可能发生的辐射事故的风险，已制定《辐射事故应急处理制度》及《放射性药品污染的紧急处理制度及报告制度》，预案主要内容包括：

（1）目的、范围、定义及相关文件；

（2）应急机构和职责分工；

（3）应急状态的监测、预警和报告；

（4）重大突发事件的应急响应和终止；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

6.6 安全评估制度的落实情况

医院已在制度中明确辐射工作场所每年需委托有资质的单位进行监测，并在每年1月底向湖州市生态环境局上报上一年度辐射安全评估报告。

年度评估报告包括射线装置台账、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。

6.7 辐射安全许可

医院在该项目投入试运行前，已申领了《辐射安全许可证》，种类和范围为：使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。领证日期为2017年8月31日，发证机关为浙江省环境保护厅，有效期至2022年8月30日；证书编号：浙环辐证[E2210]。已委托湖州环安检测有限公司进行竣工验收监测工作，目前正按规定程序申请环保设施竣工验收。辐射安全许可见附件2。

6.8 环境保护档案管理情况

该项目环境保护资料均已成册归档。

续表 6 环保检查结果

图6-1 分装室通风柜

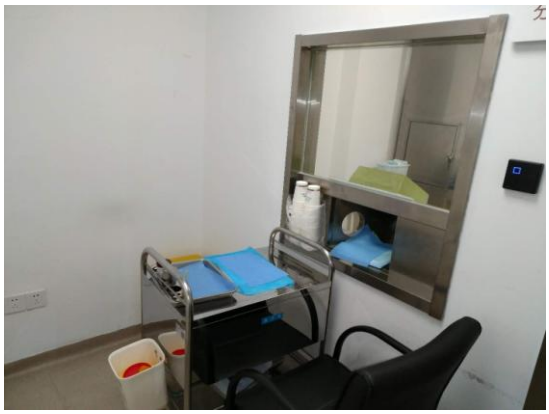


图6-2 注射室注射台及注射窗

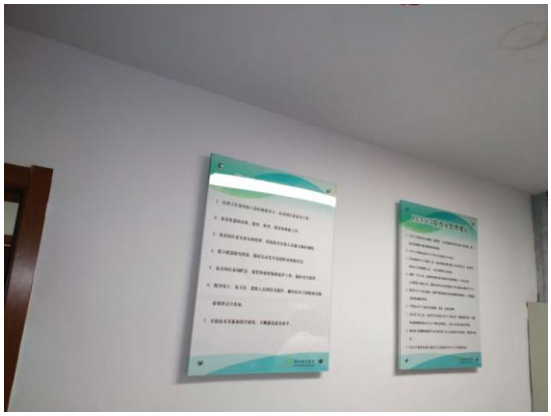


图6-3 核医学科规章制度上墙

图6-4 分装室废物铅桶

图6-5 表面污染仪及个人剂量报警仪

图6-6 加速器监视设备

续表 6 环保检查结果

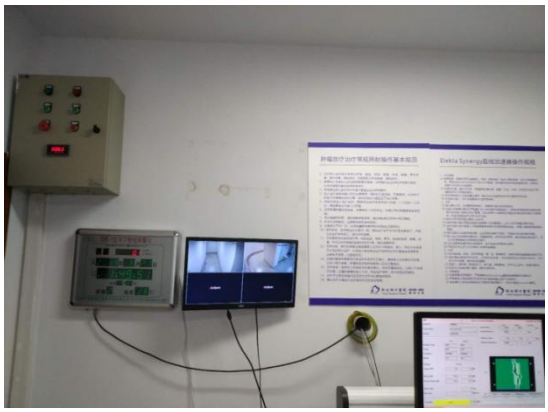


图 6-7 固定式 X、γ 辐射个人剂量当量监测仪

图 6-8 个人剂量报警仪

图 6-9 加速器机房候诊门

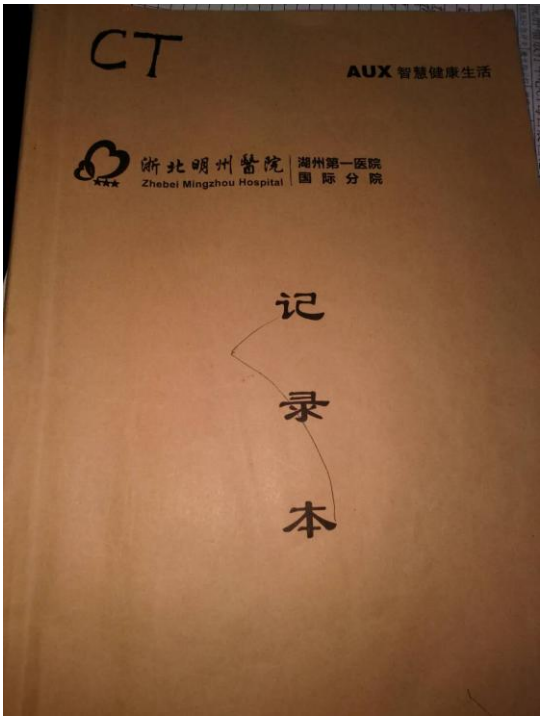


图 6-10 设备使用登记台账

图 6-11 PET-CT（Discovery IQ 型）

图 6-12 电子直线加速器（Synergy 型）

续表 6 环保检查结果

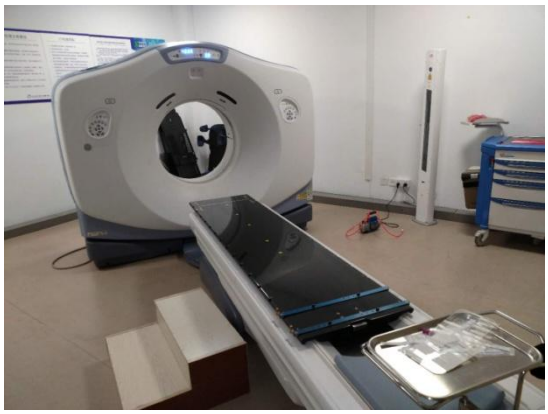


图 6-13 CT（Discovery CT590 RT 型

图 6-14 CT（SOMATOM Definition Flash 型）

图 6-15 DR（Digital Diagnost 型）

图 6-16 骨密度仪（Prodigy Primo 型）

图 6-17 DSA（Allura Xper FD 20 型）

图 6-18 C 臂机（BV Endura 型）

续表 6 环保检查结果

图 6-19　移动 DR（MobileDiagnost wDR 型）

表 7 验收监测结论及要求

7.1 验收监测结论

（1）医院落实了 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）环境影响评价制度，该项目环评报告及其批复中的要求已基本落实。

（2）据现场监测和检查结果，该项目在正常运行工况下，辐射工作人员接受的附加年有效剂量远低于医院辐射工作人员职业照射的剂量管理限值（5mSv），公众所受辐射照射可忽略不计，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

（3）医院各射线装置均运行正常，各射线机房面积、最小单边长度和防护屏蔽能力均符合要求。电离辐射标志和中文警示说明均已张贴于防护门外，防护门上方已安装工作指示灯且经验证有效，机房内无堆放杂物；医院已配备符合防护要求的辅助防护用品。

（4）现场检查结果表明：医院落实了辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康检查，建立了个人剂量档案和职业健康监护档案。

（5）医院已成立了辐射环境安全管理小组，管理组织机构健全，并制定了相应的各项辐射防护管理制度和操作规程，辐射事故应急预案基本完善。同时，医院已落实了辐射环境监测和年度评估工作。

综上所述，湖州浙北明州医院有限公司 PET-CT 等辐射装置建设项目（新建）符合相关法规、标准要求，具备竣工验收条件。

7.2 建议

（1）医院应加强核医学科病人陪护人员防护知识教育，尽可能降低陪护人员受照剂量。

（2）医院应及时安排新上岗员工进行辐射工作人员培训、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。

（3）医院应严格落实环评文件及环保行政部门的相关要求，切实执行辐射安全管理制度和操作规程，加强日常辐射安全防护设施的检查与维护，确保其有效。