

核技术利用建设项目

浙江省人民医院改建一台 TOMO  
项目环境影响报告表  
(公示稿)

浙江省人民医院

2023 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江省人民医院改建一台 TOMO  
项目环境影响报告表  
(公示稿)

建设单位名称：浙江省人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市拱墅区上塘路 158 号

邮政编码：310014 联系人：吴\*\*

电子邮箱：—— 联系电话：

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	13
表 3 非密封放射性物质.....	14
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	16
表 6 评价依据.....	17
表 7 保护目标与评价标准.....	19
表 8 环境质量和辐射现状.....	29
表 9 项目工程分析与源项.....	32
表 10 辐射安全与防护.....	39
表 11 环境影响分析.....	49
表 12 辐射安全管理.....	65
表 13 结论与建议.....	70
表 14 审批.....	73

## 附件

附件 1：事业单位法人证书

附件 2：医疗机构执业许可证

附件 3：辐射安全许可证

附件 4：2022 年年度评估报告

附件 5：环境本底检测报告

附件 6：个人剂量检测报告

附件 7：培训合格证书

附件 8：体检报告

附件 9：直线加速器机房 2 放射工作场所环境检测报告

附件 10：环评批复文件

附件 11：竣工环境保护验收文件

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		浙江省人民医院改建一台 TOMO 项目			
建设单位		浙江省人民医院			
法人代表	葛**	联系人	吴**	联系电话	
注册地址		浙江省杭州市下城区上塘路 158 号			
项目建设地点		浙江省杭州市拱墅区上塘路 158 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	650	项目环保投资（万元）	50	投资比例（环保投资/总投资）	7.7%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其它	/				
<p><b>1.1 建设单位情况</b></p> <p>浙江省人民医院（以下称“医院”）是集医疗、科研、教学、预防、保健、康复于一体的大型综合性三级甲等医院。医院设立于浙江省杭州市下城区上塘路 158 号，成立于 1984 年，目前有朝晖、望江山两个院区，其中朝晖院区为总院区，富阳、临安两个筹建院区，在职职工 3282 人，高级职称 586 人，拥有国家临床重点专科、省级重点学科群、省级一流学科以及省级重点学科等一批实力雄厚的优势学科。医院核定床位 2200 张（其中朝晖院区 1700 张，望江山院区 500 张），实际开放床位 2530 张（其中朝晖院区 1955 张，望江山院区 575 张），年门急诊人次、出院病人和手术台次分别超过 219 万、9.95 万和 7.38 万。同时全面托管海宁市中心医院、淳安县第一人民医院、天台县人民医院、桐乡市第一人民医院和湖州市南浔区人民医院共五家县级医院。朝晖院区总建筑面积约 17.1 万平方米。（《事业</p>					

单位法人证书》见附件 1、《医疗机构执业许可证》见附件 2）。浙江省人民医院门急诊楼改扩建工程建设项目于 2006 年取得环评批复（文号：杭环评批〔2006〕0462 号，见附件 10），于 2010 年通过竣工环境保护验收（文号：〔2010〕006 号，见附件 11）。

## 1.2 项目建设目的和任务由来

本项目原有直线加速器机房位于医院放疗科，配置的设备为 1 台西门子 ONCOR Impress 型 10MV 直线加速器，该设备于 2014 年投入运行，设备参数详见表 1.2.1。

现为了提高医院服务质量及服务水平，满足广大患者就医的需要，医院计划购置 1 台 TOMO 替换原有的直线加速器用于开展医疗、教学、科研等工作。原有直线加速器机房（机房 1）辐射防护屏蔽、布局，均按 10MeV X 射线最高能量进行设计施工，该项目于 2007 年取得环评批复（文号：浙环辐〔2007〕13 号），于 2011 年通过竣工环境保护验收（文号：浙环辐验收〔2011〕13 号）。本次改建项目不涉及机房改建，仅涉及设备更换，由原来西门子 ONCOR Impress 型 10MeV 直线加速器更换为 6MeV TOMO。

计划购置设备参数详见表 1.2.1。

表 1.2.1 本项目射线装置基本情况

序号	射线装置	型号	数量	类别	最大能量	使用场所	备注
1	直线加速器	西门子 ONCOR Impress	1	II 类	X 射线最高能量： 10MeV	TOMO 机房（原直线加速器机房 1）	报废
2	TOMO	待定	1	II 类	治疗束：X 射线≤6MV CT 扫描射线束：X 射线≤3.5MV		拟购

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版）：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）可知，TOMO 属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，故应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，医院委托杭州旭辐检测技术有限公司对本项目进

行辐射环境影响评价。评价单位在对辐射场所进行辐射环境影响分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016），编制该项目的辐射环境影响报告表。

### 1.3 原有核技术应用项目许可情况

医院现有《辐射安全许可证》内容为“使用 I 类、II 类、III 类、V 类放射源；使用 II、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、甲级非密封放射性物质工作场所”，证书编号为“浙环辐证[01021]”（见附件 3）。医院核技术应用项目许可情况见表 1.3.1~表 1.3.3。

**表 1.3.1 现有放射源情况一览表**

序号	核素	类别	总活度（贝克）/活度（贝克） ×枚数	环评情况	验收情况
1	<sup>60</sup> Co	I 类	$7.3 \times 10^{12}$ (Bq) *30 (聚集源)	浙环辐（2012）72 号	浙环辐验【2011】13 号
2	<sup>68</sup> Ge	V 类	$4.6 \times 10^7$ (Bq) *2	杭环辐评批[2011]7 号	浙环辐验【2016】22 号
3	<sup>68</sup> Ge	V 类	$9.3 \times 10^7$ (Bq) *1	杭环辐评批[2011]7 号	浙环辐验【2016】22 号
4	<sup>192</sup> Ir	III 类	$3.7 \times 10^{11}$ (Bq) *1	杭环辐评批[2017]18 号	自主验收

**表 1.3.2 现有非密封放射性物质**

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量	年最大用量	环评情况	验收情况
1	核医学科	乙级	<sup>18</sup> F	$4.0 \times 10^9$ Bq	$2.0 \times 10^{13}$ Bq	杭环辐评批 [2011]7 号	浙环辐验【2016】22 号
2	核医学科	乙级	<sup>99m</sup> Tc	$3.6 \times 10^9$ Bq	$9.0 \times 10^{13}$ Bq	杭环辐评批 [2011]7 号	浙环辐验【2016】22 号
3	甲癌病房	乙级	<sup>131</sup> I	$8.8 \times 10^8$ Bq	$2.0 \times 10^{12}$ Bq	杭环辐评批 [2011]7 号	浙环辐验 (2016) 22 号
4	核医学科	乙级	<sup>89</sup> Sr	$1.2 \times 10^8$ Bq	$3.0 \times 10^{11}$ Bq	杭环辐评批 [2011]7 号	浙环辐验 (2016) 22 号
5	核医学科	乙级	<sup>153</sup> Sm	$4.4 \times 10^8$ Bq	$2.5 \times 10^{11}$ Bq	杭环辐评批 [2011]7 号	浙环辐验 (2016) 22 号
6	核医学科	丙级	<sup>125</sup> I	$1.036 \times 10^7$ Bq	$7.77 \times 10^{10}$ Bq	杭环辐评批 [2017]18 号	杭环辐验【2017】15 号
7	核医学科	丙级	<sup>125</sup> I	$1.036 \times 10^7$ Bq	$2.07 \times 10^{11}$ Bq	杭环辐评批 [2017]18 号	自主验收
8	核医学科	乙级	<sup>188</sup> Re	$1.85 \times 10^8$ Bq	$2.22 \times 10^{11}$ Bq	杭环辐评批 [2017]18 号	自主验收
9	核医学科	乙级	<sup>32</sup> P	$1.48 \times 10^7$ Bq	$1.776 \times 10^{10}$ Bq	杭环辐评批 [2017]18 号	自主验收

**表 1.3.3 现有射线装置情况一览表**

序号	装置名称	规格型号	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作场所	备注
1	口腔CT	ORTHOPHOSSL3D	Ⅲ类	100	15	口腔CT室：6号楼保健中心	已领证
2	口腔CT	SS-X9010DPro-3DE	Ⅲ类	90	10	望江山院区放射科机房	
3	CT	Optima CT540	Ⅲ类	140	380	6号楼体检机房	
4	CT	Brilliance	Ⅲ类	120	340	发热门诊CT机房：发热门诊CT机房	
5	CT	AS128	Ⅲ类	140	666	放疗科	
6	多排CT	DISCOVERYCT590RT	Ⅲ类	150	800	放疗科：放疗科	
7	CT	AQUILION/ONE TSX-301A	Ⅲ类	140	550	放射科1楼机房	
8	CT	西门子 Incisive	Ⅲ类	140	667	放射科1楼机房：8号机房	
9	CT	SOMATOM	Ⅲ类	150	1300	放射科1楼机房：7号机房	
10	CT	AS40	Ⅲ类	140	666	放射科1楼机房	
11	PET-CT	MCT64	Ⅲ类	140	800	核医学科	
12	CT	BrightSpeed Elite	Ⅲ类	140	440	望江山院区放射科机房	
13	骨密度仪	LUNARProdigy	Ⅲ类	30	2	6号楼体检机房	
14	DR	Digital Diagnost	Ⅲ类	125	500	6号楼体检机房	
15	CT	Optima CT540	Ⅲ类	140	380	6号楼体检机房	
16	骨密度仪	Prodigy	Ⅲ类	76	3	6号楼体检机房：6号楼2楼体检机房	
17	高频移动式C臂机	XHX500	Ⅲ类	110	5	放疗科	
18	DR	Digital Diagnost	Ⅲ类	150	900	放射科1楼机房	
19	DR	DigiEye680p	Ⅲ类	150	640	放射科1楼机房：4号机房	
20	医用诊断X射线机	Definium6000	Ⅲ类	120	500	放射科1楼机房	
21	CT	SOMATOMDefinitionAs	Ⅲ类	140	800	放射科1楼机房：9号机房	
22	移动式X射线机	XR220amx	Ⅲ类	140	800	放射科1楼机房	
23	移动式X射线机	MobiEye700T	Ⅲ类	150	500	放射科1楼机房	
24	移动DR机	MobiEye700T	Ⅲ类	150	800	放射科1楼机房：放射科	
25	移动X光机	MOBILETTP Digital	Ⅲ类	133	450	放射科1楼机房	
26	移动X光机	MUX-100DJ	Ⅲ类	100	100	放射科1楼机房	

27	移动X光机	MUX-100J	III类	100	100	放射科1楼机房		
28	DR	Digital Diagnost	III类	150	900	放射科2楼机房		
29	数字胃肠机	Luminos Fusion	III类	150	800	放射科2楼机房：11号机房		
30	乳腺钼靶机	senographeEssential	III类	28	40	放射科2楼机房：12号机房		
31	骨密度仪	LunarIDXA	III类	750	5	骨密度室		
32	SPECT	Infinia VG3	III类	140	2.5	核医学科		
33	牙片机	PlanmecaProX	III类	100	50	口腔CT室		
34	口腔CT	PlanmecaPromax3D	III类	90	16	口腔CT室		
35	移动X光机	OEC9900	III类	150	500	内镜中心		
36	移动式C臂X光机	BVLibra	III类	120	30	手术室机房		
37	移动式C臂X光机	CiosSelectS3	III类	110	8.4	手术室机房		
38	移动式C臂X光机	BVLibra	III类	120	30	手术室机房		
39	碎石机	DuetMagna	III类	150	800	碎石机房		
40	DR	DR-F	III类	150	800	望江山院区放射科机房		
41	DR	DigiEye680p	III类	150	1000	望江山院区放射科机房：望江山DR机房		
42	骨密度仪	LunarProdigy	III类	75	3	望江山院区放射科机房		
43	移动DR机	MobiEye700T	III类	150	640	望江山院区放射科机房：望江山放射科		
44	骨密度仪	Lunar IDXA	III类	76	3	骨密度室		
45	直线加速器	西门子 ONCORImpress	II类	-	-	放疗科	浙环辐(2007)13号	浙环辐验收(2011)13号
46	直线加速器	Elekta Infinity	II类	-	-	放疗科：直线加速器机房	杭环辐评批(2017)18号	自主验收
47	DSA	UNIQFD10	II类	150	1000	6号楼DSA机房	杭环辐评批(2019)12号	自主验收
48	DSA	ArtiszeeIII ceiling	II类	150	1000	6号楼DSA机房：DSA1	杭环辐评批(2019)12号	自主验收
49	DSA	IGS520	II类	150	1000	6号楼DSA机房	杭环辐评批(2019)12号	自主验收
50	DSA	AlluraXperFD20	II类	150	1000	放射科2楼机房	杭环辐评批(2020)17号	自主验收
51	DSA	AXIOM Artis	II类	125	1000	放射科2楼机房	浙环辐(2007)13号	浙环辐验收(2011)13号
52	DSA	UNIQFD20	II类	125	1000	放射科2楼机房：放射科DSA机房1	浙环辐(2007)13号	浙环辐验收(2011)13号
53	DSA	Discovery IGS70R	II类	125	1000	手术室机房	杭环辐评批(2020)17号	设备未安装
54	回旋加速器	-	II类	-	-	核医学科	浙环辐(2011)7号	设备未安装



#### 1.4 原有核技术应用项目辐射安全管理及防护情况

(1) 医院已成立了辐射安全管理委员会，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《放射科质量与安全管理制度》《核医学科辐射管理制度》《核医学科辐射事件报告制度》《核医学科放射性药品管理制度》《核医学科放射性药品管理制度》《核医学科辐射危害告知制度》《核医学科各室辐射监测制度》《核医学科仪器管理、操作、保养和维修制度》《核医学科放射性药品不良反应、放射性污染的紧急处理及报告制度》《核医学科<sup>131</sup>I室制度》《辐射事故应急预案》《辐射安全与防护保卫制度》等。医院原有管理制度内容较为全面，符合相关要求，原有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

(2) 医院已组织现有 369 名辐射工作人员在浙江卫生计生微信公众号上进行放射防护知识培训并考核合格。

(3) 辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立个人剂量档案并终生存档保存，个人剂量计每三个月送检一次，由浙江省疾病预防控制中心检测。医院开展了 2022 年度辐射工作人员剂量监测。由结果可以看出：医院核医学科现有辐射工作人员年度个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。

(4) 医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

(5) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

(6) 辐射应急演练和年度评估医院已制定《辐射事故应急预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。医院每年编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射性同位素和射

线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射性同位素和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况、监测仪器情况等年度总结和评估，并及时提交至发证机关。2022 年年度评估报告详见附件 4。

(7) 现直线加速器机房（机房 1）配备 12 名辐射工作人员，职业健康体检、个人剂量检测情况见表 1.4.1。

表 1.4.1 辐射工作人员职业健康体检、个人剂量检测情况一览表

序号	姓名	培训合格证 书编号	体检日期及体检结论	个人剂量当量 Hp (10) (mSv)	备注
1	陈* 军		2021-12-28 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 131)	本项目拟配备的辐射工作人员
2	韩*		2021-11-23 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 130)	
3	胡* 照		2021-09-28 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 123)	
4	张* 浩		2021-11-01 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 116)	
5	李* 栋		2021-11-16 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 119)	
6	李*		2021-10-26 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 114)	
7	刘* 新		2021-11-02 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 117)	
8	张* 萍		2021-11-08 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 110)	
9	马*		2021-12-21 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 126)	
10	唐* 红		2021-10-26 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 121)	
11	贾* 士		2021-10-19 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 106)	-
12	罗* 民		2021-11-08 可继续原放射工作	0.024 (附件 6: 序号 111)	-

注:2022 年 11 月 10 日-2022 年 11 月 24 日, 辐射工作人员佩戴个人剂量计的检测结果。

## 1.5 项目地理位置和周边概况

### 1.5.1 项目地理位置

医院位于浙江省杭州市拱墅区上塘路 158 号, 东面、北面东侧与朝晖四小区紧

邻，北面西侧紧邻杭州整形医院，南邻南应家河，西邻上塘路和上塘高架，医院地理位置见图 1.5.1 所示。

### 1.5.2 辐射工作场所地理位置

本项目 1 台 TOMO 机拟设置于门急诊楼地下 1 层 TOMO 机房（原直线加速器机房 1）内。机房顶棚上方区域为医院室外绿化，地坪下方、南侧、东侧均为地下室土层，北侧为直线加速器机房 2，西侧为控制室。本项目 TOMO 项目评价范围及保护目标图见图 1.5.2，门急诊楼地下 1 层局部平面图见图 1.5.3。

### 1.6 选址合法性、合理性分析

本项目拟建的辐射项目位于浙江省人民医院门急诊楼地下 1 层，项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。本项目拟建辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围无居民区、学校等环境敏感区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后不会对周围环境与公众造成危害。

根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录(2019 年本)》、《浙江省淘汰落后生产能力指导目录(2012 年本)》，本项目不属于以上文件规定的限制和淘汰类项目。

综上所述，本项目的选址是合法、合理的。

### 1.7 与“三线一单”的符合性分析

表 1.7.1 “三线一单”符合性分析总汇

“三线一单”	符合性
生态保护红线	本项目所在区域属于下城区城镇生活重点管控单元（ZH33010320001），本项目所在环境管控单元的环境准入清单见表 1.7.2，杭州市市辖区环境管控单元分类图详见图 1.5.4。
环境质量底线	本项目改建 1 台 TOMO 项目位于门急诊楼地下 1 层 TOMO 机房（原直线加速器机房 1），不新占土地，本工程的实施不会改变所在地土壤性质。本项目的实施不会对周边水、大气、土壤等环境产生明显的不利影响。因此，工程建设符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目为核技术利用项目，利用原有的房间进行改造，不新增土地指标，不涉及水资源利用，工程建设符合资源利用上线的要求。
负面清单	本项目为配套诊疗项目，不属于二类、三类工业项目，不属于负面清单内工业项目。

表 1.7.2 杭州市市辖区环境管控单元准入清单

“三线一单”环境管控单元-单元管控空间属性			管控要求				
环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元分类	空间布局引导	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求	重点管控对象
ZH33010320001	下城区城镇生活重点管控单元	重点管控单元	除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定	推进生活小区“零直排”区建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管。	合理布局商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。	全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水。	下城区（武林街道、天水街道、朝晖街道、潮鸣街道、长庆街道、石桥街道、东新街道、文晖街道）城镇生活区。（一）产业集聚点：下城区数字产业园；（二）小微园区：杭州经纬国际创意产业园、博济滨江智谷、长城 F317 创意产业园、下城区电子商务产业园。

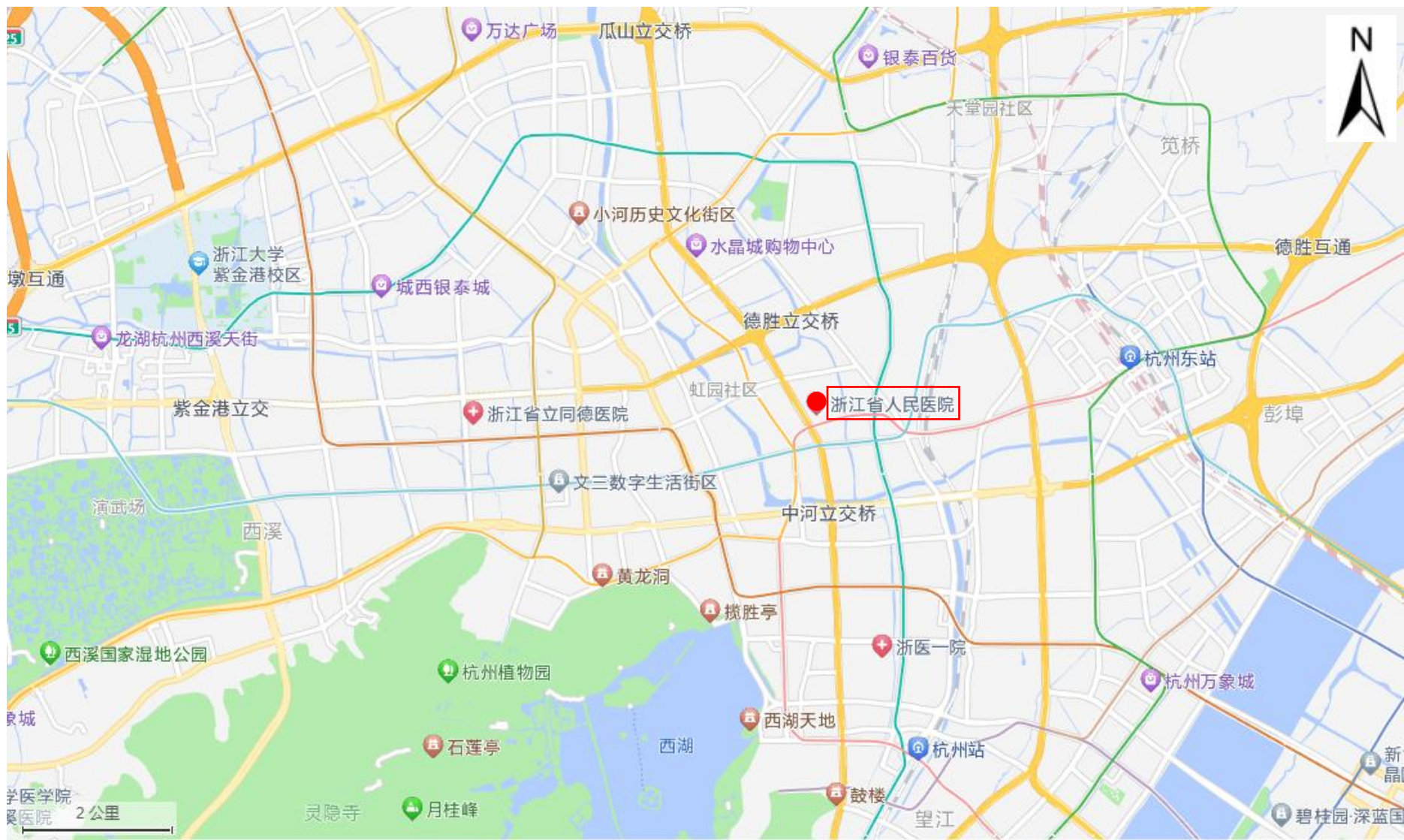


图 1.5.1 医院地理位置图

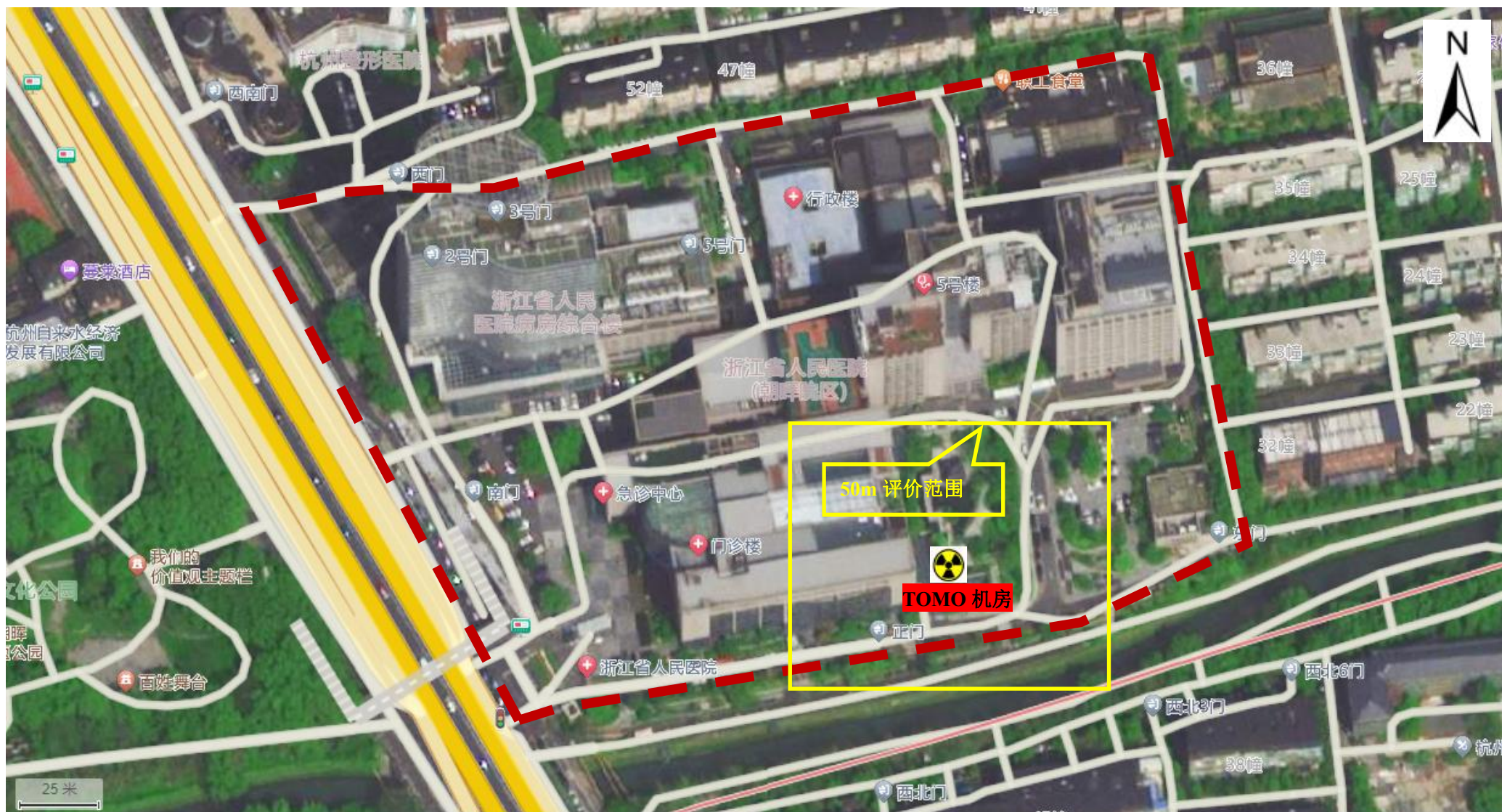
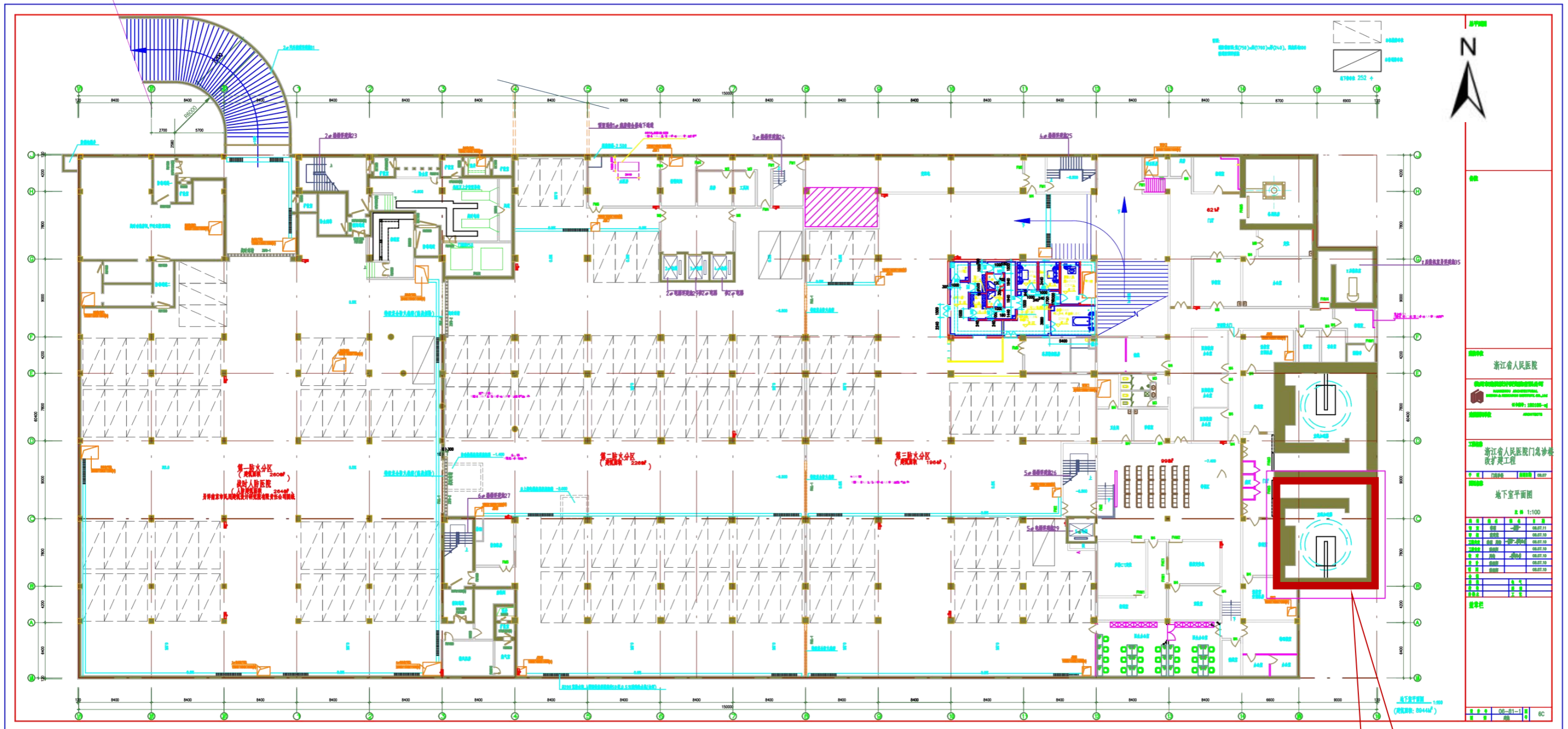


图 1.5.2 本项目 TOMO 项目评价范围及保护目标图



TOMO 机房（原直线  
加速器机房1）

图 1.5.3 门诊楼地下 1 层局部平面图

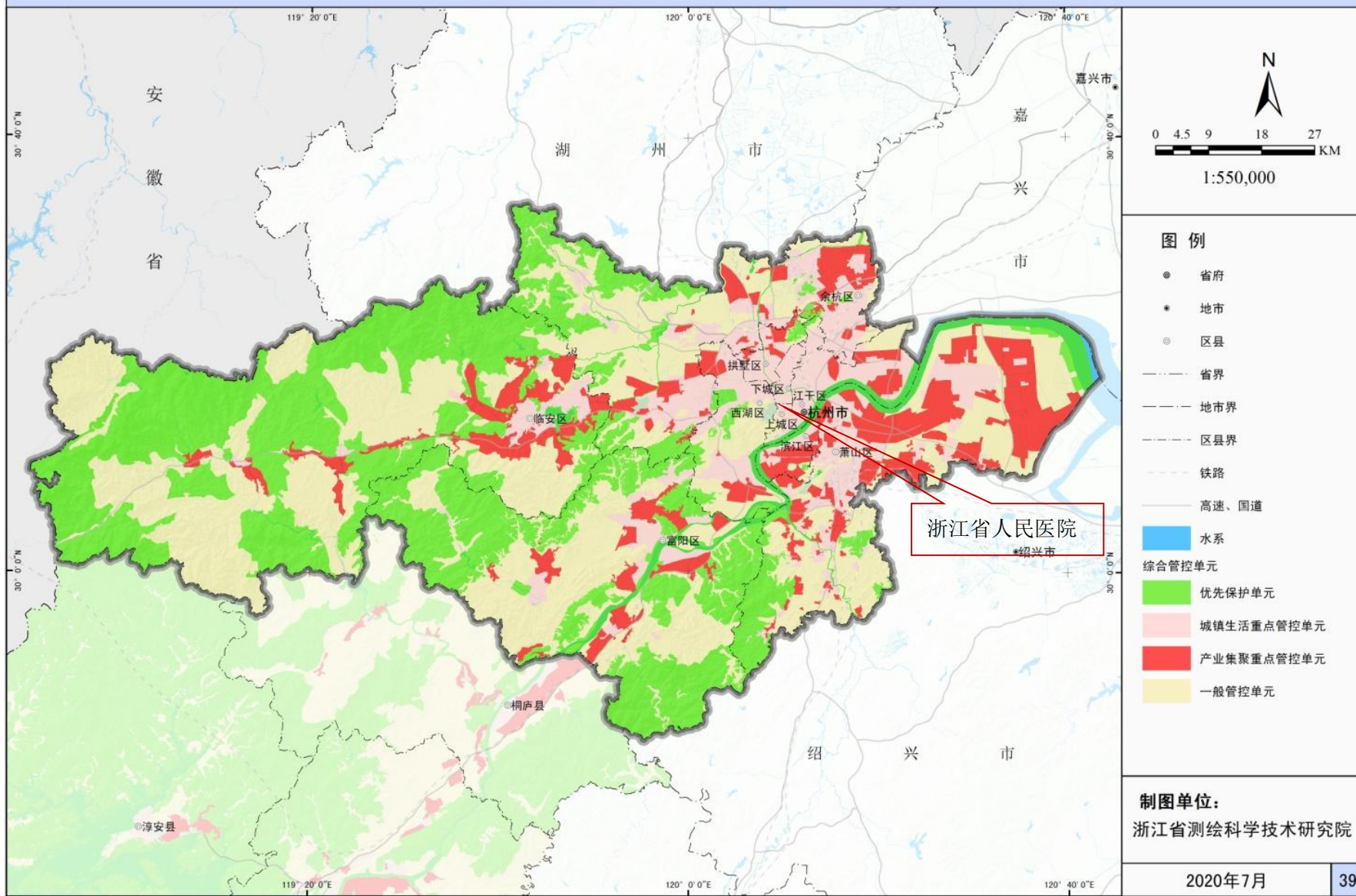


图 1.5.4 杭州市市辖区环境管控单元分类图



**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

**表 3 非密封放射性物质**

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），非密封放射性工作场所已验收。

**表 4 射线装置**

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	TOMO	II类	1	待定	电子	治疗束：X 射线 ≤ 6MV CT 扫描射线束：X 射线 ≤ 3.5MV	治疗束：850cGy/min CT 扫描射线束：45cGy/min	放射治疗	TOMO 机房（原直线加速器机房 1）	/

(二) X射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 ( $\mu\text{A}$ )	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	通过机房排风系统排入大气	排入大气,臭氧在20~30分钟左右可自动分解
现有直线加速器报废(含加速器废靶等部件)	固态	/	/	/	/	/	置于固体废物暂存间内	送交有资质的单位收贮
TOMO 退役期(含加速器废靶等部件)	固体	/	/	/	/	/		

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量为 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 6 评价依据**

<p style="text-align: center;"><b>法规文件</b></p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年；</p> <p>(4) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修订），国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 11 月 4 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（第二次修正）》，国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日修正；</p> <p>(8) 《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，于 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 浙江省环保厅关于发布《省环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）》及《设区市环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发〔2015〕38 号，2015 年 9 月 23 日；</p> <p>(10) 《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年修正），浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日；</p> <p>(11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021 年修正），浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日；</p> <p>(12) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日；</p>
<p style="text-align: center;"><b>技术标准</b></p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>(3) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</p> <p>(4) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p>

	<p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(6) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）；</p> <p>(8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）；</p> <p>(9) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(10) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）；</p> <p>(11) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130—2020）。</p>
其它	<p>(1) 医疗机构执业许可证、辐射安全许可证等；</p> <p>(2) TOMO 机房屏蔽防护图纸、医院平面图纸等。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目使用 II 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T 10.1-2016）中，“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）……”，根据本项目特点，本项目评价范围确定为：TOMO 机房实体屏蔽物外 50m 范围内，见图 1.5.2。

### 7.2 保护目标

本项目环境保护目标为 TOMO 机房周围活动的辐射工作人员及非辐射工作人员和公众成员。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

保护目标	方位	距离	人数
控制室职业人员	西侧控制室	紧邻	约 10 人
	北侧直线加速器机房 2	紧邻	约 5 人
机房四周的公众（其他医护人员、其他工作人员、病人及病人家属）	西侧门厅	紧邻	约 10 人
	上层绿化	10	流动人群约 100 人
	医院内部道路	10-50	流动人群约 200 人
	医院外部公园	45-50	流动人群约 20 人

### 7.3 评价标准

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

4.3.2.1 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。

##### 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职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

## 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：

年有效剂量，1mSv；

## 7.3.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

### 4 一般要求

4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB 18871-2002 中剂量限值相关规定。

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

### 5 选址、布局与分区要求

#### 5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

#### 5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如……和治疗室，直线加速器机房……等。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治

疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等)。

## 6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

### 6.1 屏蔽要求

6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。

6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

#### 6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（ $\dot{H}_c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c, d$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c, max$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

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

人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所： $\dot{H}_c, max \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250  $\mu\text{Sv}$  加以控制。

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



置辐射告示牌)。

## 6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，……；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 ……、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全连锁措施：

a) 放射治疗室……应设置门—机/源连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。……；

b) 放射治疗室和……应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、……设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；

f) 安全连锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何连锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行连锁恢复及功能测试。

## 8 放射性废物管理要求

### 8.1 总体要求

医疗机构应尽量减少放射性废物的产生。

### 8.2 固体废物管理要求

#### 8.2.2 其他固体废物管理要求

8.2.2.1 ……、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如……加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

8.2.2.3 建立放射性固体废物台账，存放及处置前进行监测，记录部件名称、质量、辐射类别、监测设备、监测结果（剂量当量率）、监测日期、去向等相关信息，低于清洁解控水平的可作为一般固体废物处置，并做好存档记录。

#### 8.4 气态废物管理要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

### 9 辐射监测要求

#### 9.1 监测管理

9.1.1 开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

9.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括但不限于测量对象、条件、方法、仪器、时间和人员等信息。

9.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并报告，同时进行整改。

#### 9.2 放射治疗工作场所监测

9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X- $\gamma$  辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。

9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X- $\gamma$  辐射周围剂量当量率监测。

9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。

#### 9.3 环境监测

9.3.1 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。

#### 9.4 个人剂量监测

9.4.1 放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。

9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。

### 7.3.3 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）

#### 6 工作场所放射防护要求

##### 6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房……，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.6 X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； $\gamma$ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

##### 6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h。

##### 6.3 屏蔽要求

##### 6.3.3 屏蔽材料

屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建 机房一般选用普通混凝土。

#### 6.4 安全装置和警示标志要求

##### 6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

##### 6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

##### 6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

- a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；
- b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

##### 6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

##### 6.4.6 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

#### 7.3.4 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》

##### (1)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)

关于治疗机房一般屏蔽要求，医院电子直线加速器机房设计应满足如下要求：

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

2) 治疗装置控制室与治疗机房分离；

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

4) 治疗机房以混凝土为屏蔽体时, 应一次整体浇筑并有充分的震捣, 以防出现裂缝和过大的气孔;

5) 穿过治疗机房墙的管线孔(包括通风、电器、水管等)应避开控制台等人员高驻留区, 并采用多折曲路, 有效控制管线孔的辐射泄漏。

## (2) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机》(GBZ/T 201.2-2011)

### 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平:

治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量参考控制水平应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ :

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子, 可以依照附录 A(标准中的附录), 由下列周剂量参考控制水平  $H_c$  求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

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

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

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

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

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

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

### 附录 A.2.1 单一辐射

有用线束在关注点的周剂量参考控制水平为  $H_c$  时, 该关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 见下式:

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

式中:  $t$  ——治疗装置周治疗照射时间, h;

$U$  ——有用线束向关注点位置的方向照射的使用因子;

$T$ ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

#### 4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制：

a) 在治疗机房正上方有建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自放射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量参考控制水平  $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$  和最高剂量率  $\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

b) 除 4.1.2 中 a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿透机房墙壁辐射在相应处的剂量率的总和，应按 4.1.2 中的 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制；

2) 穿透治疗机房屋顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量  $250 \mu\text{Sv}$  加以控制；

3) 对无人员停留并只有借助工具才能进入的机房顶，考虑上述 1) 和 2) 之后，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按  $100 \mu\text{Sv/h}$  加以控制（可在相应处设置辐射告示牌）。

### 7.3.5 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130—2020）

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> /m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> /m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
双管头或多管头 X 射线设备 <sup>a</sup> （含 C 形臂）	30	4.5
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
透视专用机 <sup>c</sup> 、碎石定位机、口腔 CBCT 卧位扫描	15	3.0
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口	5	2.0

腔 CBCT 坐位扫描/站位扫描		
口内牙片机	3	1.5
<p><sup>a</sup> 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。</p> <p><sup>b</sup> 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。</p> <p><sup>c</sup> 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线设备。</p> <p><sup>d</sup> 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。</p> <p><sup>e</sup> 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。</p>		

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

**表 3 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 mmPb	非有用线束方向 铅当量 mmPb
标称 125 kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125 kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
口腔 CBCT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2.0	1.0
透视机房、骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、碎石机房、模拟定位机房、乳腺摄影机房、乳腺 CBCT 机房	1.0	1.0
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

医院位于浙江省杭州市拱墅区上塘路 158 号，东面、北面东侧与朝晖四小区紧邻，北面西侧紧邻杭州整形医院，南邻南应家河，西邻上塘路和上塘高架，医院地理位置见图 1.5.1 所示。

本项目 1 台 TOMO 机拟设置于门急诊楼地下 1 层 TOMO 机房(原直线加速器机房 1)内。机房顶棚上方区域为医院室外绿化，地坪下方、南侧、东侧均为地下室土层，北侧为直线加速器机房 2，西侧为控制室。本项目 TOMO 项目评价范围及保护目标图见图 1.5.2，门急诊楼地下 1 层局部平面图见图 1.5.3。

### 8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位及结果

#### (1) 环境现状评价的对象

本项目辐射工作场所周围。

#### (2) 监测因子

$\gamma$  辐射剂量率

#### (3) 监测点位

监测点位布点详见图 8-1。

#### (4) 监测方案

- 1、监测单位：杭州旭辐检测技术有限公司
- 2、监测日期：2023 年 2 月 22 日
- 3、监测方式：现场检测
- 4、监测依据：《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021
- 5、监测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定
- 6、监测工况：辐射环境本底
- 7、天气环境条件：温度：9℃；相对湿度：59%；天气状况：晴。
- 8、监测设备

表 8-1  $\gamma$ 辐射剂量当量率仪参数与规范

仪器名称	便携式 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	451P
仪器编号	JC90-05-2020



能量响应	>25keV
量程	0~50mSv/h
检定机构	上海市计量测试技术研究院
检定证书号	2022H21-10-4000285001
有效期	2022年07月20日-2023年07月19日

(5) 质量保证措施

- a 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- b 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 检测仪器每年定期经有相应资质的计量部门检定，并在有效期使用期内。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，确保仪器正常后方可进行监测。
- e 检测人员经过省级培训机构的监测技术培训，并经考核合格，做到持证上岗。
- f 检测人员按操作规程操作仪器，测量方法选用质量手册有关本次检测项目的检测实施细则，并做好记录。
- g 检测单位已通过了浙江省质量技术监督局计量认证。

(6) 监测结果

本项目辐射工作场所周围的 $\gamma$ 辐射剂量率背景水平检测结果见表8-2(环境本底检测报告见附件5)。

表8-2 本项目辐射工作场所周围的 $\gamma$ 辐射剂量率背景水平检测结果

检测点位	检测点位描述	辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	
		平均值	标准差
▲1	TOMO 机房拟建址北侧	0.12	0.01
▲2	TOMO 机房拟建址西侧 (过道)	0.13	0.01
▲3	TOMO 机房拟建址西侧 (控制室)	0.12	0.01
▲4	TOMO 机房拟建址上层 (绿化区域)	0.11	0.01

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。

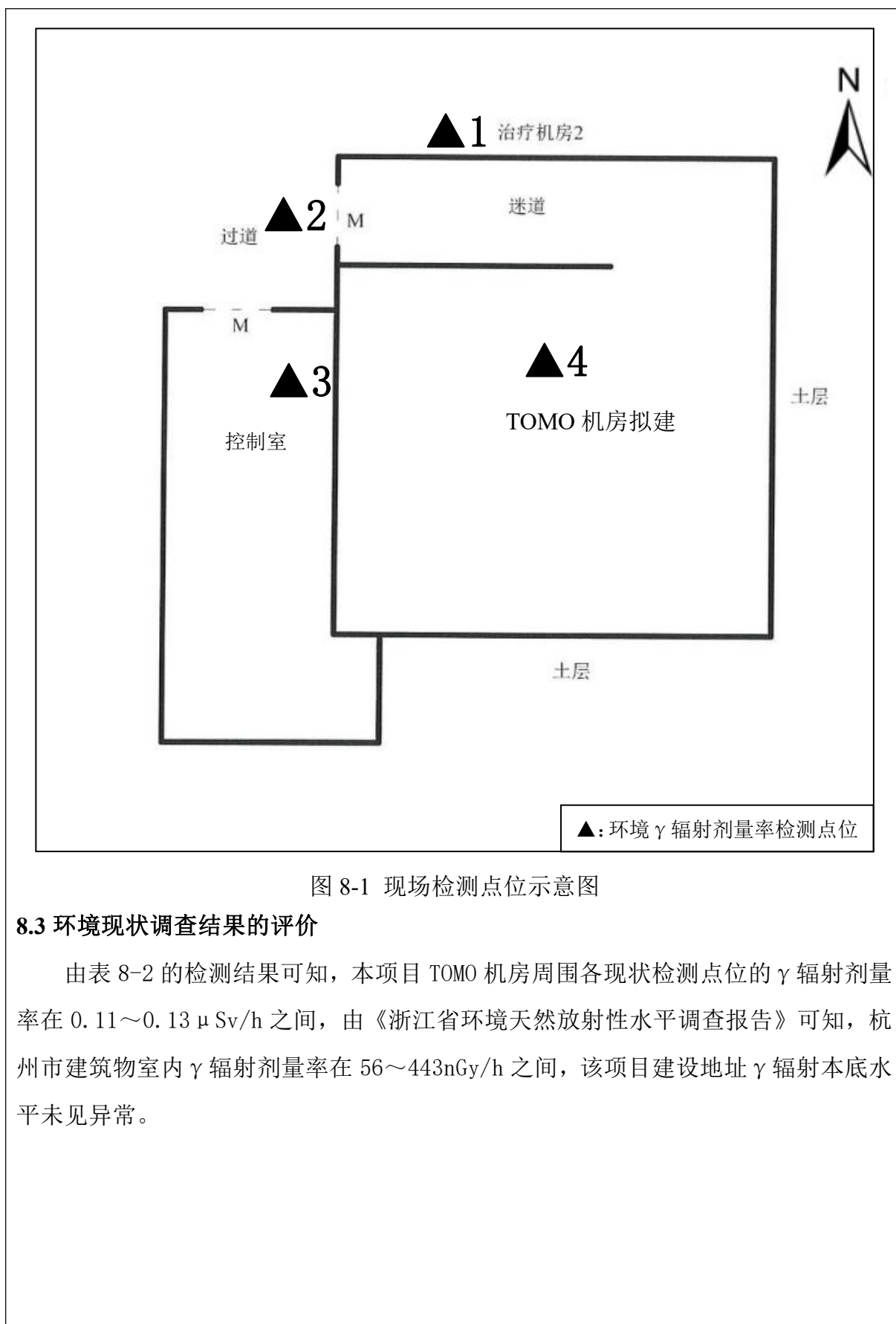


图 8-1 现场检测点位示意图

### 8.3 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 的检测结果显示，本项目 TOMO 机房周围各现状检测点位的  $\gamma$  辐射剂量率在  $0.11 \sim 0.13 \mu\text{Sv/h}$  之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，杭州市建筑物室内  $\gamma$  辐射剂量率在  $56 \sim 443 \text{nGy/h}$  之间，该项目建设地址  $\gamma$  辐射本底水平未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 TOMO 工作原理、工艺流程

#### (1) 工作原理

螺旋断层放射治疗系统（TOMO）是将一台 6MV 医用直线加速器的主要部件安装在 CT 的滑环机架上一个综合的放射治疗系统，集成了计划、剂量计算、CT 扫描定位和螺旋治疗等功能调强放疗治疗。TOMO 系统采用类似 CT 的模式，从 360° 聚焦断层照射肿瘤，靶区适形性佳，剂量分布均匀，使正常组织及器官得到最大限度的保护；TOMO 的设计目的是实行图像引导下的调强适形放疗（IMRT），治疗开始前进行兆伏级 CT 成像扫描，重建靶区的三维影像，与治疗计划 CT 的影像进行比较，从三维方向上修正摆位误差，实现图像引导下的 IMRT 治疗，从而保证了治疗的精确性。

这一系统的主要特点在于：高能 X 射线束 360° 旋转聚焦注射肿瘤，靶区适形性佳，剂量分布均匀，使正常组织及器官得到最大限度的保护；具有图像引导功能，每次治疗前在治疗机上进行 MVCT 成像，确认治疗体位在三维空间上与治疗计划一致后再进行放疗，从而保证了治疗的精确性。TOMO 系统结构示意图见图 9.1.1。

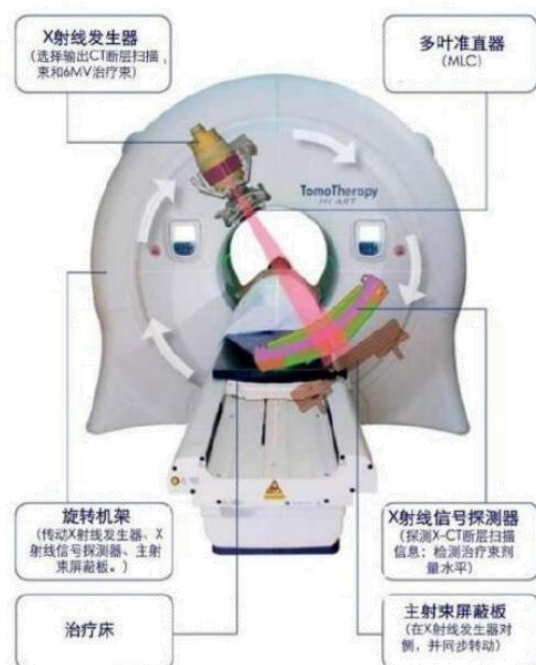


图 9.1.1 TOMO 系统结构示意图

#### (2) 工作流程及产污环节

### 1) 工作流程

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

②制订治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间；

③固定患者体位：在利用 TOMO 进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及照射野；

④确认治疗计划：在 TOMO 机房内，通过兆伏级 CT 扫描结果确认患者治疗体位在三维空间上与治疗计划一致；

⑤启动治疗：确认完毕且机房内联锁条件建立后，工作人员在控制室内启动 TOMO 治疗束部分开始照射治疗，治疗时工作人员隔室操作；

⑥治疗完毕后，工作人员协助病人离开机房。工作流程见图 9.1.2。

### 2) 产污环节

TOMO 的 X 射线发生器产生高能 X 射线，贯穿能力极强，运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。空气中的  $O_2$  和  $N_2$  分别在 X 射线的作用下，生成自由基，与空气中的  $O_2$  和  $N_2$  结合，生成  $O_3$  和  $NO_x$ 。产污环节见图 9.1.2。

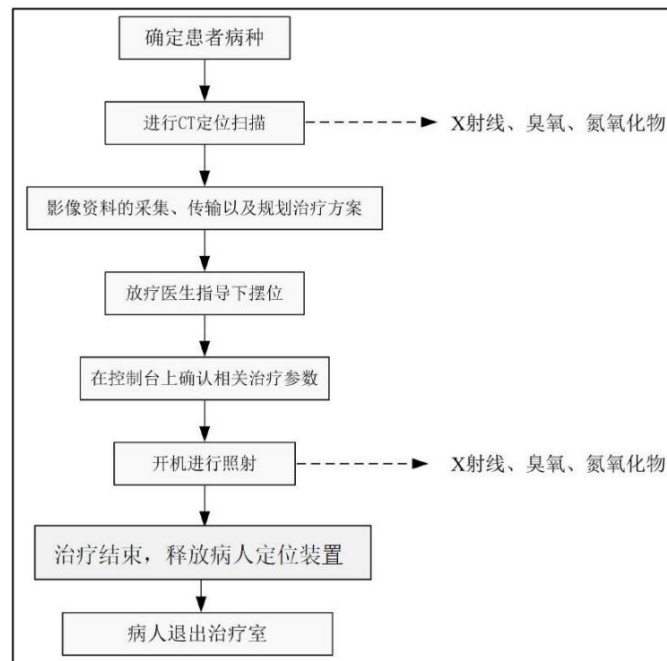


图 9.1.2 TOMO 放射治疗工作流程及产污环节

### (3) 本项目 TOMO 工况

## 1) 设备参数

表 9.1.1 本项目 TOMO 主要技术参数

项目	指标
X 射线治疗能量	6MV
CT 成像能量	3.5MV
射线源到中心轴距离 (SAD)	85cm
最大单次治疗体积	直径 40cm, 长 135cm 圆柱体积
治疗剂量率	850cGy/min(0.85m 处)
成像剂量率	45cGy/min(0.85m 处)
CT 成像患者剂量	0.5~3cGy
等中心点相对水平地面高度	113cm
系统等中心处最大照射尺寸	5cm×40cm
系统自带主束挡铅厚度	12.5cm

## 2) 工作负荷

本项目 TOMO 每周工作 5 天, 平均每周治疗 50 人次, 年工作 50 周, TOMO 模式下平均每人出束时间 10min/次, 则周最大治疗时间为 8.33h。

### 9.1.2 CT 模拟定位机工艺流程及产污环节

#### (1) 设备组成

医院拟配置的 CT 模拟定位机为大孔径 CT, 主要由扫描床、扫描架、高压发生器、控制台、计算机系统和激光定位系统等组成。典型 CT 模拟定位机见图 9.1.3, 其主要结构见图 9.1.4。



图 9.1.3 CT 模拟定位机 (示例图)

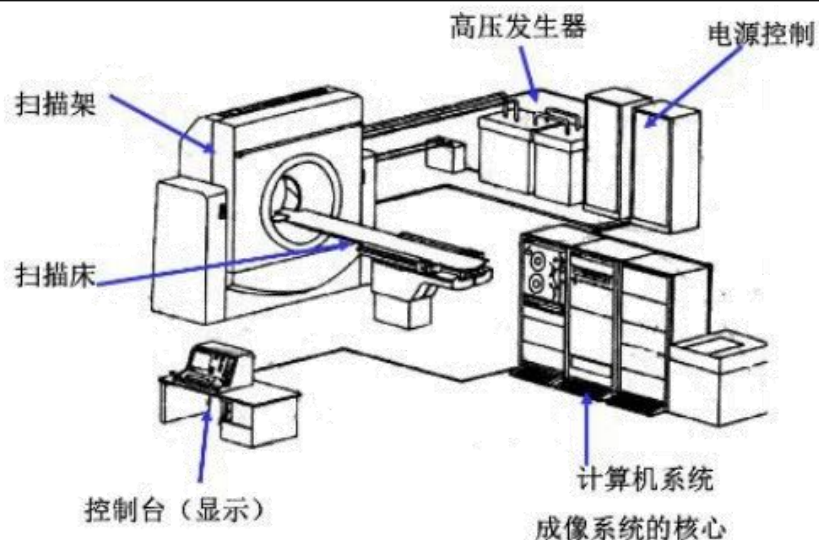


图 9.1.4 CT 模拟定位机主要组成结构示意图

## (2) 设备参数

医院拟配置的 CT 模拟定位机主要性能指标见表 9.1.2。

表 9.1.2 CT 模拟定位机设备参数

设备名称	CT 模拟定位机
型号	待定
射线装置类别	III类射线装置
主要技术参数	额定管电压：500kV 额定管电流：125mA

CT 模拟机可以看作是诊断性 CT 机与传统模拟定位机的有机结合。CT 模拟机不仅可以像诊断性 CT 机一样为治疗计划系统提供高质量的横断面 CT 影像资料，帮助临床医生精确勾画出肿瘤靶区及危险器官的轮廓，进而帮助计算机计划系统进行组织不均匀性校正，提高剂量计算的准确性。还能够借助复杂的计算机软件，将计划设计的照射野三维空间分布结果重叠在 CT 重建的病人解剖资料之上，在相应的激光定位系统的辅助下，实现对治疗条件的虚拟模拟。

## (4) 工艺流程及产污环节

模拟定位机工作流程如下：

- ①患者在候诊区等候，做相应准备工作，等待工作人员叫号。
- ②工作人员通知患者进入机房，为受检者摆位、固定并标记受检者。
- ③工作人员退出机房回到控制室设置参数并曝光，图像传至物理师办公室，确

定初始坐标系统，确定靶区及等中心。工作人员根据等中心坐标标记受检者及固定装置，勾选出关键器官与靶区，设计照射野。

④将受检者材料数据传至 TPS 进行剂量计算。工作人员对 TPS 计划进行评估优化，实施计划验证（检查体位和射野设置、设备几何参数和靶区）。

⑤定位结束，工作人员引导受检者退出机房。

CT 模拟定位机工作流程及产污环节见图 9.1.5 所示。

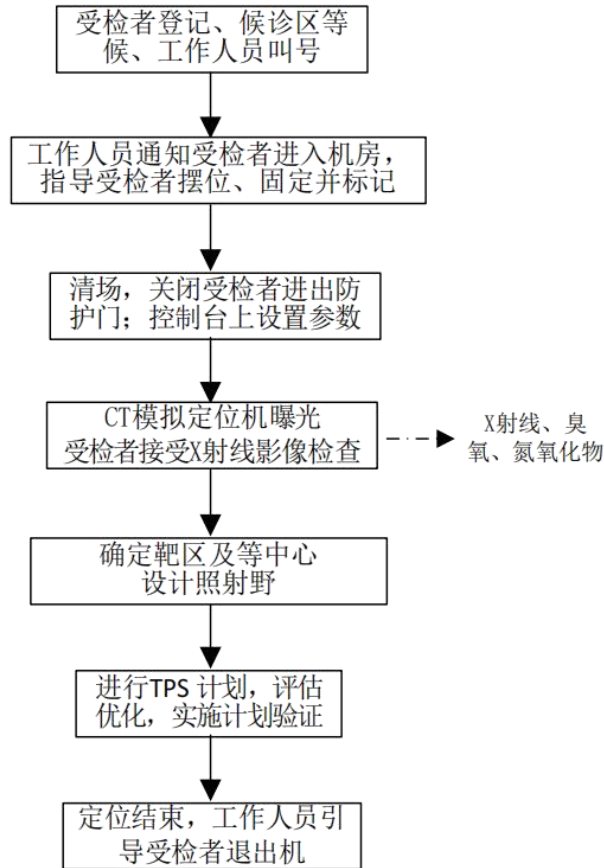


图 9.1.5 CT 模拟定位机工作流程及产污环节示意图

### (5) 工作负荷

拟配置的 CT 模拟定位机用于肿瘤中心 TOMO 放疗设备治疗前的肿瘤定位和治疗后的复查，平均每人定位 2 次。则 CT 模拟定位机年最多接待 5000 人次，单个患者 CT 模拟定位扫描时间不超过 2min，则全年有效开机时间不超过 166.7h。

## 9.2 污染源项描述

### (1) 电离辐射

TOMO 电子枪产生的电子经过加速后撞击金属靶产生高能 X 射线，其最大能量为 6MV、最大剂量率为 850cGy/min，其贯穿能力极强。因此，在 TOMO 运行期间，X 射

线为主要污染因子。此外，X射线成像系统运行时也将产生X射线，但其能量远低于加速器产生的X射线。

### (2) 放射性固体废物

TOMO项目运行过程中产生的放射性固体废物为TOMO在退役时产生的加速器废靶等部件等。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中的规定：“质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮”，本项目直线加速器活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，作为放射性固体废物处理，拆卸后放置固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

### (3) 固体废物

TOMO项目固废主要为工作人员产生的少量生活垃圾，生活垃圾分类收集后，与医院其它固体废物统一处置。

### (4) 废气

根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》(王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994年4月第14卷第2期)中给出的扩展射线束所致O<sub>3</sub>产额的公式进行估算，其计算公式如下：

$$P = 0.39 \times D_0 S_0 R G \quad (\text{公式 9-1})$$

式中： $P$ ：扩展射线束单位时间内产生的O<sub>3</sub>的总质量，mg/h；

$D_0$ ：距射线束原点1m处的空气比释动能率，Gy·m<sup>2</sup>/min；

$S_0$ ：距源点1m处的照射野面积，m<sup>2</sup>。

$R$ ：射线束中心轴上源点至治疗室墙壁的距离，m；

$G$ ：空气吸收100eV辐射能量产生的O<sub>3</sub>分子数，取值为10；

各参数的取值和计算结果见表9.2.1。

表9.2.1 TOMO的O<sub>3</sub>产额的计算参数和计算结果

治疗室	$D_0$ (Gy·m <sup>2</sup> /min)	$S_0$ (m <sup>2</sup> )	R (m)	G	P (mg/h)
TOMO 机房	8.5	0.02	4	10	2.65



根据《三种电子加速器产生的臭氧危害分析》（中国辐射卫生 2020 年 6 月第 29 卷第 3 期），氮氧化物（主要为二氧化氮）产额考虑为  $O_3$  产额的一半，则 TOMO 运行时，TOMO 机房氮氧化物产额分别为 1.33mg/h。

#### （5）废水

本项目不产生医疗废水，废水主要为工作人员的生活污水，本项目工作人员为医院原有工作人员，因此无新增生活污水量，生活污水依托医院污水处理设施，处理达标后排入市政污水处理管网，统一纳入污水处理厂处理。

#### （6）事故工况

TOMO 项目辐射工作场所可能发生的辐射事故为：

1) 工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，TOMO 运行可能产生误照射。

2) 工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。

3) 安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的 TOMO 机房，造成额外的照射。

4) TOMO 控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射。

5) TOMO 维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

通过对可能发生的辐射事故分析，在事故工况下 X 射线及电子束是 TOMO 项目主要污染因子。

**表 10 辐射安全与防护**

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 工作场所布局和分局

#### (1) 机房布局

本项目位于医院门急诊楼地下 1 层 TOMO 机房（原直线加速器机房 1）内，机房顶棚上方区域为医院室外绿化，地坪下方、南侧、东侧均为地下室土层，北侧为直线加速器机房 2，西侧为控制室。治疗室内（含迷路）使用面积 93.5m<sup>2</sup>，治疗室入口处设置防护门和迷路。

#### (2) 工作场所分区

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，应对项目划定控制区和监督区进行分区管理。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“6.4 辐射工作场所的分区：应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。”的要求。其定义为“控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。”结合定义与现场实际，对本项目的控制区和监督区进行划分：

(1) 控制区：本项目 TOMO 治疗机房内（含迷路）；

(2) 监督区：病人更衣室、门厅、控制室、温控室、空调机房，辐射工作场所分区示意图 10.1.1。

本项目 TOMO 机房防护门上方安装射线装置工作状态指示灯，监督区和控制区外设置明显的放射性警告标识，机房、控制室采用钥匙和密码进出，以保证控制区内只有工作人员可以进入，监督区内限制无关人员进入，避免不必要的照射。

本项目 TOMO 机房与医院其他各单元间分隔明确，不相互穿插、干扰。机房内设有迷路，射线通过有效屏蔽，对外环境人员影响很小。从满足安全诊疗和辐射安全与防护的角度来看，本项目辐射工作场所的平面布局和分区是合理的。

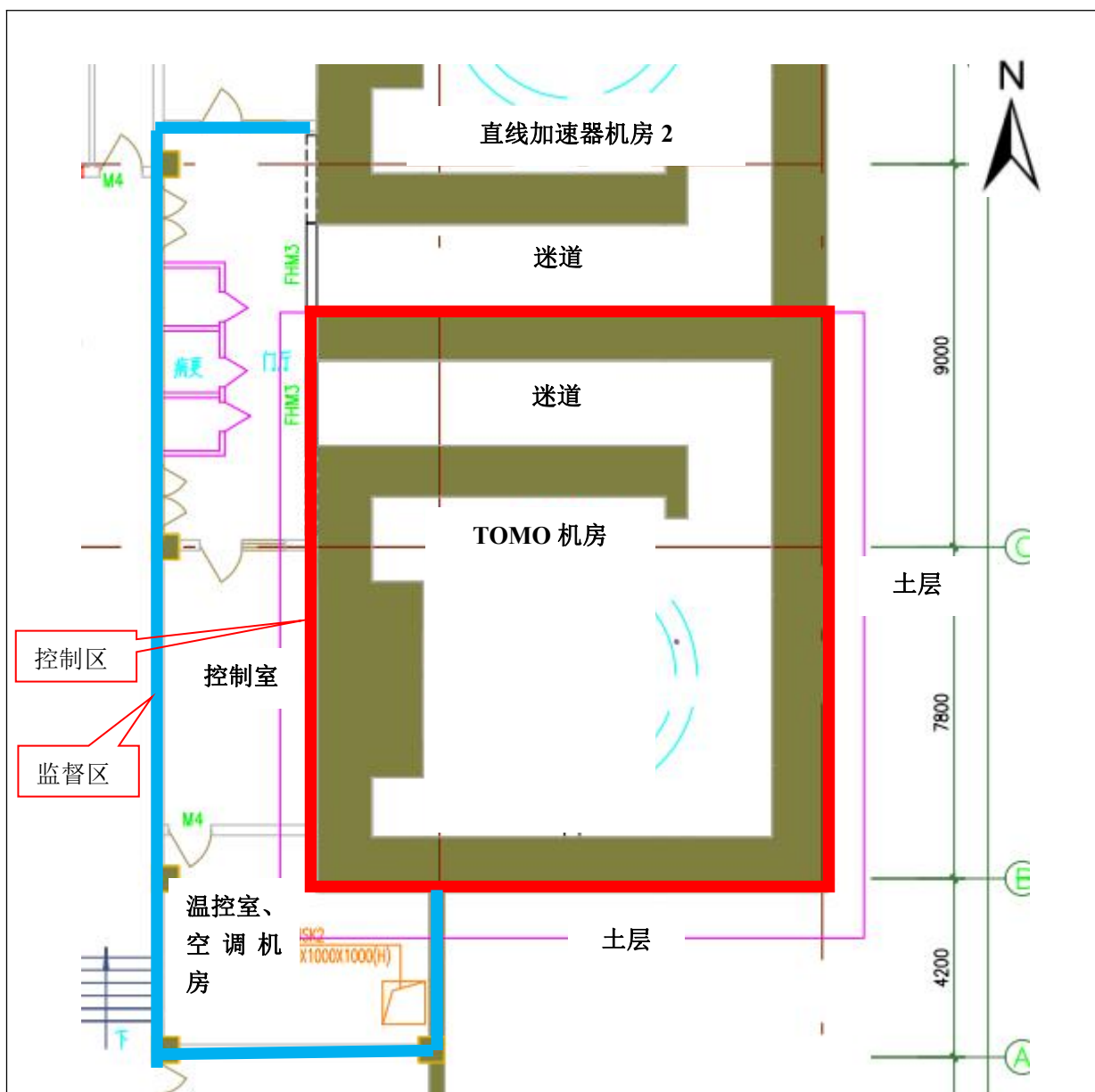


图 10.1.1 本项目分区情况示意图及机房平面图

## 10.2 工作场所辐射安全和防护

### 10.2.1 机房结构

本项目 TOMO 机房面积  $93.5\text{m}^2$ ，高  $5.2\text{m}$ ，在迷路设置送风系统，西墙主屏蔽墙体面积为  $23.92\text{m}^2$ 、顶棚主屏蔽墙体为  $37.72\text{m}^2$ 。在 TOMO 机房顶部靠近西侧（偏北）、西侧（偏南）各布置 1 个送风装置，在机房东侧（偏北）、东侧（偏南）各布置 1 个排风装置，均距地面  $0.3\text{m}$ ，送风口与排风口位置对角设置。本项目 TOMO 机房的屏蔽防护设计详见表 10.2.1。

表 10.2.1 TOMO 机房的辐射防护屏蔽设计一览表

辐射项目	屏蔽主体	屏蔽防护情况
------	------	--------

TOMO 机房	北墙	迷道内墙	1200mm 重晶石混凝土
		迷道外墙	1200mm 重晶石混凝土
	西墙	中心	2500mm 重晶石混凝土
		其余	1300mm 重晶石混凝土
	顶棚	中心	2500mm 重晶石混凝土
		其余	1300mm 重晶石混凝土
	南墙		1300mm 重晶石混凝土
	东墙		1300mm 重晶石混凝土
	防护门		100mm 铅板，硼砂 100mm

### 10.2.2 TOMO 机房辐射安全防护措施

为保障各机房的安全运行，以及对工作人员和病人的辐射防护，本项目 TOMO 机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

(1) 机房防护门上方设置工作状态指示灯，本项目 TOMO 开机使用时指示灯亮起，并伴有音响提示，以警示人员注意安全；机房防护门上显著位置张贴电离辐射警示标志并附“射线有害，灯亮勿入”等说明。

(2) 机房设置门—灯联动装置、门—机联动装置，只有在防护门关闭状态下且警示灯亮时才可进行治疗，当防护门未关闭或工作状态指示灯损坏时设备均无法出束/出源照射。项目机房的设计充分考虑防护门与墙的搭接，以确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

(3) 机房及其控制室内安装紧急停机按钮，分别设置在控制室的操作台上(1个)、设备表面(1个)、治疗机房墙面(5个)和迷道出入口及防护门内侧(各1个)，并有明显的标志，在人员误入机房或遇紧急情况时，按动紧急停机开关设备立即停止出束。紧急停止开关必须采用手动方式才能复位。控制室采用钥匙和密码进出，机房的钥匙开关仅能控制本项目 TOMO 的运行，且当钥匙开关为未闭合状态时，TOMO 将无法开机。机房的钥匙开关是唯一的，且只能由院方授权的当班辐射工作人员使用，以防止非工作人员进入操作。

(4) 机房内安装视频监控系统，在实施治疗过程中，便于控制台前工作人员观察患者状态、治疗床和迷路区域情况。

(5) 控制室与各机房之间设置语音对讲装置，便于工作人员与机房内人员沟通。

(6) 机房内均设置了排风和送风装置，通风量可达  $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时通风量 4.1 次。TOMO 机房内采用机械通风，采用“上进风，下出风”的布置方式，在 TOMO 机房顶部靠近西侧（偏北）、西侧（偏南）各布置 1 个送风装置，在机房东侧（偏北）、东侧（偏南）各布置 1 个排风装置，均距地面 0.3m，送风口与排风口位置对角设置。

机房内的管道包括送风排风管道以及电缆沟等，所有管道均设计为“斜 45 度”或“U”形管道进入治疗机房，并采用与同侧墙体防护铅当量相同的材料进行封堵。对于在机房内、外墙上嵌入式安装的电器（如配电箱、激光定位灯等）部位，嵌入式安装与同侧墙具有同等屏蔽效果的材料进行屏蔽补偿。

(7) 本项目治疗室内安装 1 台固定式剂量报警仪，探头安装于迷路入口，显示器安装于控制室内。同时，医院沿用原先防护用品和监测仪器，为本项目配备 1 台便携式辐射监测仪和 1 台个人剂量报警仪。剂量报警装置可对监测点辐射空气吸收剂量率进行实时监测，且报警仪设置安全阈值，阈值为  $10\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，当监测点的辐射空气吸收剂量率监测值超过设置阈值时进行报警。

(8) 机房防护门内侧设置紧急开门按钮，且防护门具有防夹人功能，停电时能够手动开启，使病人安全转移；机房内安装应急照明装置、火灾自动报警装置和干粉灭火器等。

安全联锁逻辑关系图见图 10.2.3，防护措施示意图见图 10.2.4，机房风管布置示意图见图 10.2.5。

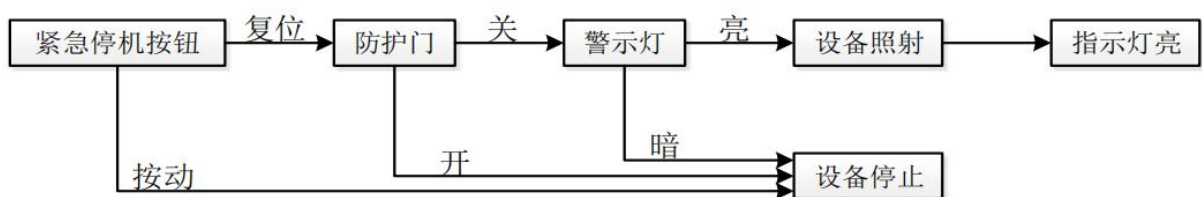


图 10.2.3 安全联锁逻辑关系图

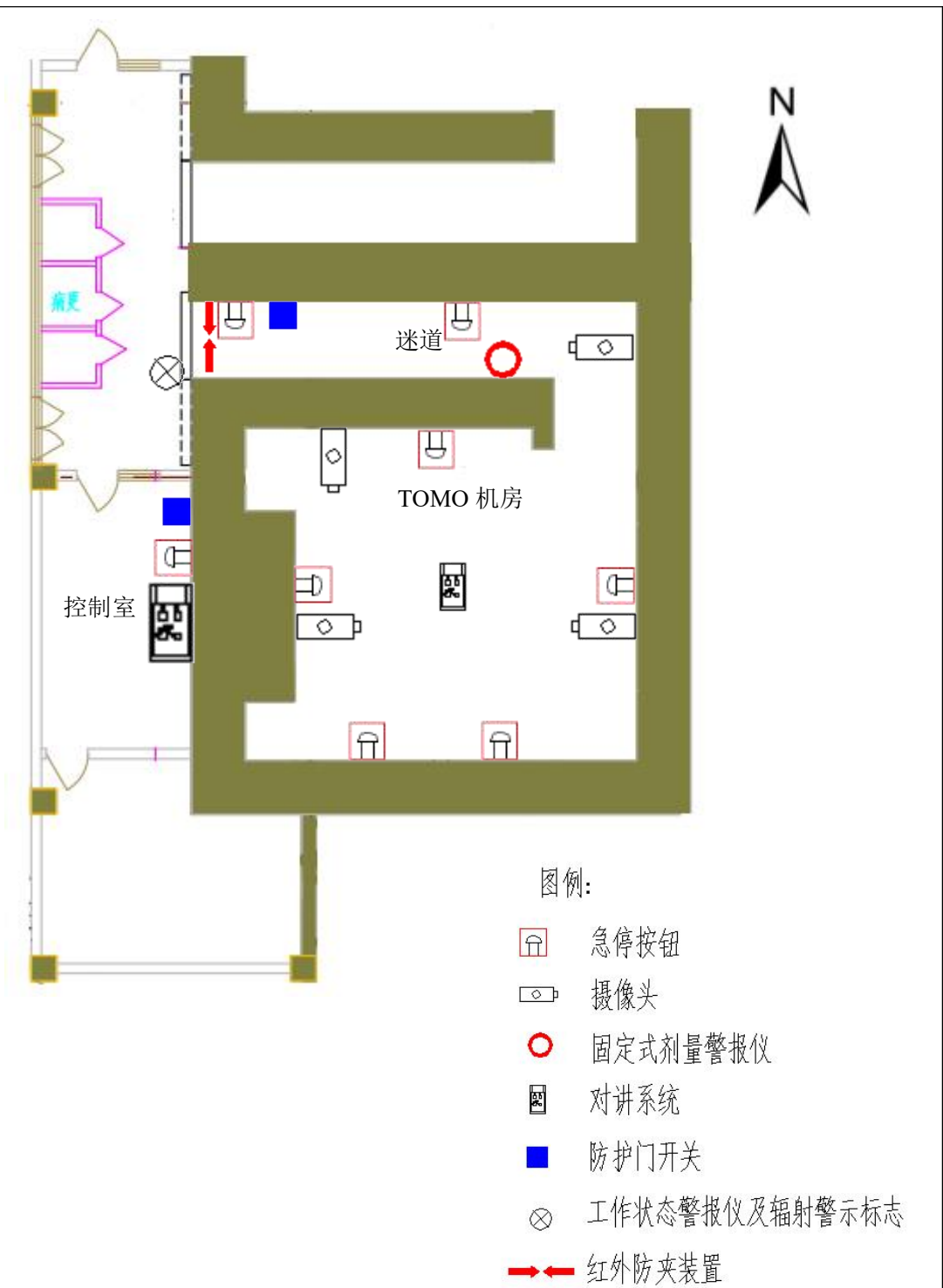
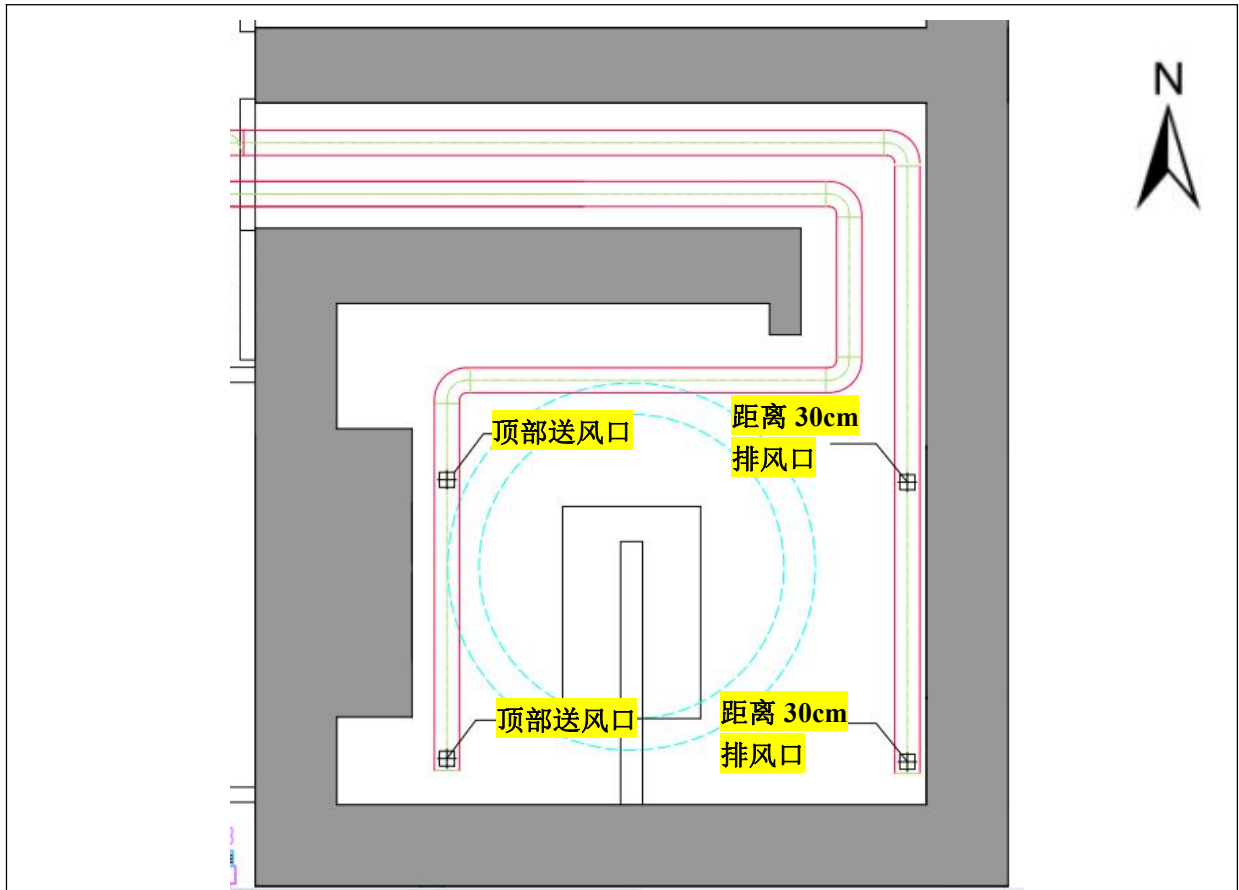


图 10.2.4 防护措施示意图



10.2.5 机房风管布置示意图见图

### 10.2.3 人员的辐射安全和防护

#### (1) 时间防护

本项目控制室内操作人员采取隔室操作方式，医务人员以及公众要尽可能的减少与辐射源的接触时间，对辐射工作人员限定工作时间，轮岗工作，降低在辐射场所的停留时间，减少不必要的辐射照射。

加强辐射工作人员的培训，严格按照治疗计划对病患进行照射，避免患者受到不必要的辐射照射。

#### (2) 配备防护用品

医院沿用原先防护用品和监测仪器，为本项目拟配置 1 台便携式辐射监测仪、10 台个人剂量报警仪（兼具报警功能）、10 枚个人剂量计，辐射工作人员进入机房及控制室将佩戴个人剂量计，并携带个人剂量报警仪。此外，医院为本项目工作人员及患者配备个人防护用品，配备铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅背心等辐射防护用品各 2 套、儿童用个人防护用品 1 套。医院配备的各类防护用品实际铅当量均有 0.5mm，能

够有效降低工作人员和患者的吸收剂量。

(3) 管理制度

医院已制定相关操作规程及防护制度，必须参加有资质单位组织的辐射安全与防护培训，持证上岗，并要求严格遵守操作规程进行操作。

10.3 辐射防护措施符合性分析

本项目 TOMO 机房辐射防护措施，按环保部辐射安全与防护监督检查技术程序进行分析，并与《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中对 TOMO 机房的防护设施的技术要求对照，均符合该标准要求，符合性分析情况见表 10.3.1 和表 10.3.2。

表 10.3.1 本项目 TOMO 机房安全与防护设施设计要求

序号	项目	检测内容	实际情况	备注
1*	A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	√	钥匙和密码
2*		控制台有紧急停机按钮	√	1 个
3*		电视监控与对讲系统	√	1 套
4*		治疗室门与束流联锁	√	门机联锁
5		治疗室内准备出束音响提示	√	蜂鸣音
6*	B 警示装置	入口电离辐射警告标志	√	标准电离辐射警告标志
7*		入口有加速器工作状态显示	√	工作状态指示灯
8	C 照射室 紧急设施	紧急开门按钮	√	防护门内侧
9		紧急照明或独立通道照明系统	√	应急照明
10*		治疗室内有紧急停机按钮	√	机房墙壁内设 5 个、迷道设 1 个
11*		设备表面有紧急停机按钮	√	设备表面 1 个
12	D 监测设备	治疗室内有固定式剂量率仪	√	配置 1 台固定式剂量率仪
13*		便携式辐射监测仪器	√	配置 1 台便携式辐射监测仪
14*		个人剂量报警仪	√	配置 1 台个人剂量报警仪
15*		个人剂量计	√	每人 1 个
16	E	治疗室内防夹人装置	√	电动防护门具有防夹功能



17	其它	通风系统	√	设置了动力排风装置
18		火灾报警仪	√	火灾自动报警装置
19		灭火器材	√	干粉灭火器

表 10.3.2 本项目 TOMO 机房辐射防护措施符合性分析

标准防护要求		本项目方案	符合性
选址、布局 and 分区要求	放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	<p>本项目 TOMO 机房建设于负一楼放疗科，避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。</p> <p>原有直线加速器机房 1 辐射防护屏蔽、布局，均按 10MeVX 射线最高能量进行设计施工，该项目于 2007 年取得环评批复（文号：浙环辐〔2007〕13 号），于 2011 年通过竣工环境保护验收（文号：浙环辐验收〔2011〕13 号）。本次改建项目不涉及机房改建，仅涉及设备更换，由原来西门子 ONCOR Impress 型 10MeV 直线加速器更换为 6MeV TOMO。</p>	符合
	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如……和治疗室，直线加速器机房、……等。与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。	<p>本项目 TOMO 治疗机房内（含迷路）设置为控制区；病人更衣室、门厅、控制室、温温室及空调机房设置为监督区。</p>	符合
	放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。治疗机房……，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路；γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	<p>本项目机房设计按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，且所有初、次级辐射方向的防护屏蔽符 GBZT201.1 的相关要求。</p> <p>机房内的所有管道均设计为“斜 45 度”或“U”形管道进入治疗机房，并采用与同侧墙体防护铅当量相同的材料进行封堵。项目机房的设计充分考虑防护门与墙的搭接，并设有迷路，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。</p>	符合
空间、通风要求	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。	<p>本项目治疗机房有足够的有效使用空间，满足放射治疗设备的临床</p>	符合

		应用需要。	
	放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h。	机房内设置了排风和新风装置，位置呈对角设置，上送下排。机房的排风量可达2000m <sup>3</sup> /h，每小时换气约4次。	符合
治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平	在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面30cm处，或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同7.3.2。	理论估算表明，TOMO机房运行后，机房周边墙外30cm处的剂量率最高值为0.47μSv/h，低于标准2.5μSv/h的要求。	符合
安全装置和警示标志要求	……、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。	本项目治疗室内安装1台固定式剂量报警仪，探头安装于迷路入口，显示器安装于控制室内。	符合
	放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	本项目治疗机房防护门外设置电离辐射警告标志和工作指示灯。	符合
	放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全连锁措施；a)放射治疗室……应设置门-机/源连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。……；b)放射治疗室和……应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；c)应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、……设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；f)安全连锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何连锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行连锁恢复及功能测试。	本项目机房及其控制室内均安装紧急停机按钮，分别设置在控制室的操作台上（1个）、设备表面（1个）、治疗机房墙面（5个）和迷道出入口及防护门内侧（各1个），并有明显的标志，在人员误入机房或遇紧急情况时，按动紧急停机开关设备立即停止出束。紧急停止开关必须采用手动方式才能复位。控制室采用钥匙和密码进出，以防止非工作人员进入操作。	符合
	控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。	机房内安装视频监控系统，在实施治疗过程中，便于控制台前工作人员观察患者状态、治疗床和迷路区域情况。控制室与机房之间设置语音对讲装置，便于工作人员与机房内人员沟通。	符合

10.4 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》符合性

医院已设立放射事件应急处置领导小组，负责医院日常辐射安全防护管理工作，并已制定《辐射事故应急预案》。医院沿用原先防护用品和监测仪器，为本项目配置1台便携式辐射监测仪、10台个人剂量报警仪（兼具报警功能）、10枚个人剂量计以及铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅背心等辐射防护用品各2套、儿童用个人防护用品1套。项目运行后医院将更新射线装置台账，定期对本项目 TOMO 机房周围的环境辐射水平进行监测，做好监测记录，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。本项目调用的辐射工作人员已取得杭州市放射工作人员放射防护培训合格证书，均为考核合格上岗。医院已建立个人剂量档案，所有从事辐射工作的人员均需佩戴个人剂量计，按每季度1次的频率送相关单位进行个人剂量监测。因此，本项目基本符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关规定。

## 10.5 三废的治理

### 10.5.1 放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要为 TOMO 的加速器废靶等部件，其使用寿命与 TOMO 的寿命相当。TOMO 的加速器废靶等部件先置于固体废物暂存间（为本项目机房）内，经衰变低于清洁解控水平后，作为一般固体废物交由有资质的单位处置。

### 10.5.2 固体废物

本项目固废主要为工作人员产生的少量生活垃圾，经医院垃圾桶分类收集后与医院其它固体废物统一处置。

### 10.5.3 氮氧化物及臭氧等废气

当 TOMO 运行时会产生少量的废气，其主要成分为臭氧  $O_3$  和氮氧化物  $NO_x$ ，为了防止机房内的臭氧  $O_3$  和氮氧化物  $NO_x$  超标，建设单位在治疗室内设置通风系统，通风量为  $2000m^3/h$ 。机房的有效容积约  $486.2m^3$ ，机房内的通风次数为  $4.1$  次/h，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“治疗室通风换气次数应不小于  $4$  次/h”的要求。产生的臭氧  $O_3$  和氮氧化物  $NO_x$  通过机房的通风系统引至出风口设置在一层地下车库通道的侧壁排出，避开人员经常活动的区域。

### 10.5.4 废水治理措施

本项目不产生医疗废水。

**表 11 环境影响分析**

### **11.1 建设阶段对环境的影响**

由于 TOMO 机只有在开机曝光过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在 DSA 装置配备过程中，TOMO 机未通电运行，故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。

### **11.2 运行阶段对环境的影响**

#### **11.2.1 TOMO 辐射环境影响分析**

##### **(1) 机房屏蔽情况**

TOMO 机房四周墙体、顶棚辐射屏蔽防护材料主要为混凝土，设置直迷路。西墙中间区域及顶棚中心区域为 2500mm 重晶石混凝土，其余为 1200mm 重晶石混凝土，防护门设有 100mm 铅板+100mm 硼砂。

##### **(2) TOMO 机房屏蔽能力估算要点**

根据 GBZ/T 201.2-2011 附录 D.2 给出的 TOMO 机房屏蔽示例，TOMO 机房屏蔽能力估算要点如下：

①拟建项目配置的 TOMO 还带有 3.5MV 的 X 射线低辐射输出剂量的 CT 影像引导设备，其所至患者剂量约 0.5~3cGy，6MV 的 X 射线治疗机房能满足对该 CT 的辐射屏蔽要求。因此，TOMO 治疗室以 TOMO 治疗状态下 6MV 的 X 射线相关参数作为屏蔽计算依据。

②在 TOMO 机架旋转治疗筒内，有用线束对应的筒壁区带有 12.5cm 的铅板，由于其和治疗筒件的总屏蔽效能，使有用束对应的治疗筒外的辐射剂量与泄漏辐射相当。因此，忽略被照射物件的散射辐射，按屏蔽泄漏辐射考虑机治疗室屏蔽，对有用线束直接投射的区域，也按屏蔽泄漏辐射考虑。

③拟建项目配置的 TOMO 的 X 射线最大能量为 6MV，按照加速器（≤10MV）机房的迷路散射辐射公式进行机房迷路及防护门屏蔽计算。

##### **(3) 辐射屏蔽的剂量参考控制水平估算**

###### **①估算公式**

估算公式使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198

—2021) 中估算公式。

周剂量参考控制水平  $H_c$  ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ) :

职业工作人员:  $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众:  $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$   $\mu\text{Sv}/\text{h}$

单一泄漏辐射:

$$\dot{H}_{c,d} = \frac{H_e}{N \cdot t \cdot T} \quad (\text{公式 11-1})$$

式中:  $N$ —调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子, 取 1。

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子;

$t$ —治疗装置周治疗时间, h。

复合辐射: 与主屏蔽直接相连的次屏蔽区需要考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射:

A、以 4.2.1b)、4.2.2a) 或 4.2.2b) 中的  $\dot{H}_{c,\text{max}}$  的一半, 作为关注点的导出剂量率参考控制水平, 依 5.2.2 估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度;

B、将公式 11-1 式中的  $H_c$  以  $0.5H_c$  代替, 作为关注点的导出剂量率参考控制水平, 依 5.2.1 估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度;

C、取上述 a) 和 b) 中屏蔽厚度较厚者为该关注点的屏蔽设计。相应屏蔽下, 泄漏辐射和有用线束患者散射辐射在关注点的剂量率之和为该处的剂量率控制值。

### ②估算参数

根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007) 中附表 A.1 不同场所的居留因子的描述, 确定项目不同场所的居留因子。本项目不同场所的居留因子详见表 11-1 所示。

表 11-1 不同场所的居留因子

场所	居留因子		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗机房门外 30cm 处, 相邻的(共用屏蔽墙)

			放射诊疗机房 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯
--	--	--	--

本项目 TOMO 每周工作 5 天，平均每周治疗 50 人次，年工作 50 周，TOMO 模式下平均每人每次出束时间 10min/次，则周最大治疗时间为 8.33h。TOMO 治疗本身为调强治疗，故调强因子取 1；机架旋转调强治疗中，机架向墙或顶照射的使用因子 U 为 0.1。

### ③估算结果

TOMO 机房屏蔽体外的剂量率参考控制水平见表 11-2。

表 11-2 剂量率参考控制水平核算表 单位：μSv/h

治疗室名称	屏蔽体外关注点		H <sub>e</sub> (μSv/周)	辐射类型	T	N	H <sub>c,d</sub>		周围剂量率参考控制水平 H <sub>e</sub>
	方位	紧邻环境情况							
TOMO 机房	南墙	土层	5	泄漏辐射	1/40	1	24		2.5
	东墙	土层	5	泄漏辐射	1/40	1	24		2.5
	北墙	直线加速器机房 2	5	泄漏辐射	1/8	1	4.8		2.5
	西墙	控制室	100	泄漏辐射	1	1	12		2.5
	顶棚	绿化	5	泄漏辐射	1/20	1	12		2.5
	防护门	门厅	5	泄漏辐射 散射辐射	1/20	1	0.5* 5	5.5	2.5

备注\*：根据 GBZ/T 201.2-2011 的 4.3.2.5.1b) 可知，机房迷路入口处的加速器泄漏辐射剂量率参考控制水平应小于其 1/4。因此，防护门泄漏辐射剂量率考虑剂量率参考控制水平按其 1/5 即 2.5×1/5=0.5 取值，与正常核算结果 0.5\*12=6.0 μSv/h 比较，取其中的较小值即 0.5 作为防护门外泄漏辐射剂量控制值。本次评价按照考虑，各屏蔽体外 30cm 的剂量率参考控制水平取 2.5 μSv/h 严格控制。

### (4) TOMO 机房屏蔽效能核算

#### ①计算公式

1) 屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系：

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{公式 11-2})$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (\text{公式 11-3})$$

式中：B—辐射屏蔽透射因子；

TVL<sub>1</sub>—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

2) 泄漏辐射的屏蔽与剂量估算:

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_0 \cdot f} \quad (\text{公式 11-4})$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{公式 11-5})$$

式中:  $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$  (以  $\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{min}$  为单位的值乘以  $6\times 10^7$ )。本项目 TOMO 治疗剂量率为  $850\text{cGy}/\text{min}$ , 则 1m 处剂量率为  $3.57\times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

f—对有用束为 1; 对泄漏辐射为泄漏辐射比率, 取 0.001。

3) 加速器 ( $\leq 10\text{MV}$ ) 机房的迷路散射辐射计算

机房入口处的散射辐射剂量率:

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \dot{H}_0 \quad (\text{公式 11-6})$$

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

$\alpha_{ph}$ —患者  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子;

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ ;

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射 (能量见附录 B 表 B.6) 的散射因子;

A—散射面积,  $\text{m}^2$ ;

R1、R2—折射距离, m;

$\dot{H}_0$ —加速器距靶处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

防护门需要的屏蔽透射因子:

$$B = \frac{\dot{H} - \dot{H}_{\text{og}}}{\dot{H}_g} \quad (\text{公式 11-7})$$

式中： $\dot{H}_{og}$ —入口处的漏射辐射剂量率， $\mu\text{ Sv/h}$ ；

$\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平， $\mu\text{ Sv/h}$ ；

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

防护门外的辐射剂量率：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad (\text{公式 11-8})$$

式中： $\dot{H}_{og}$ —入口处的漏射辐射剂量率， $\mu\text{ Sv/h}$ ；

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

X—屏蔽厚度，cm；

TVL—什值层，cm。

## ②计算参数

TOMO 机房核算点位示意图见图 11-1、11-2。



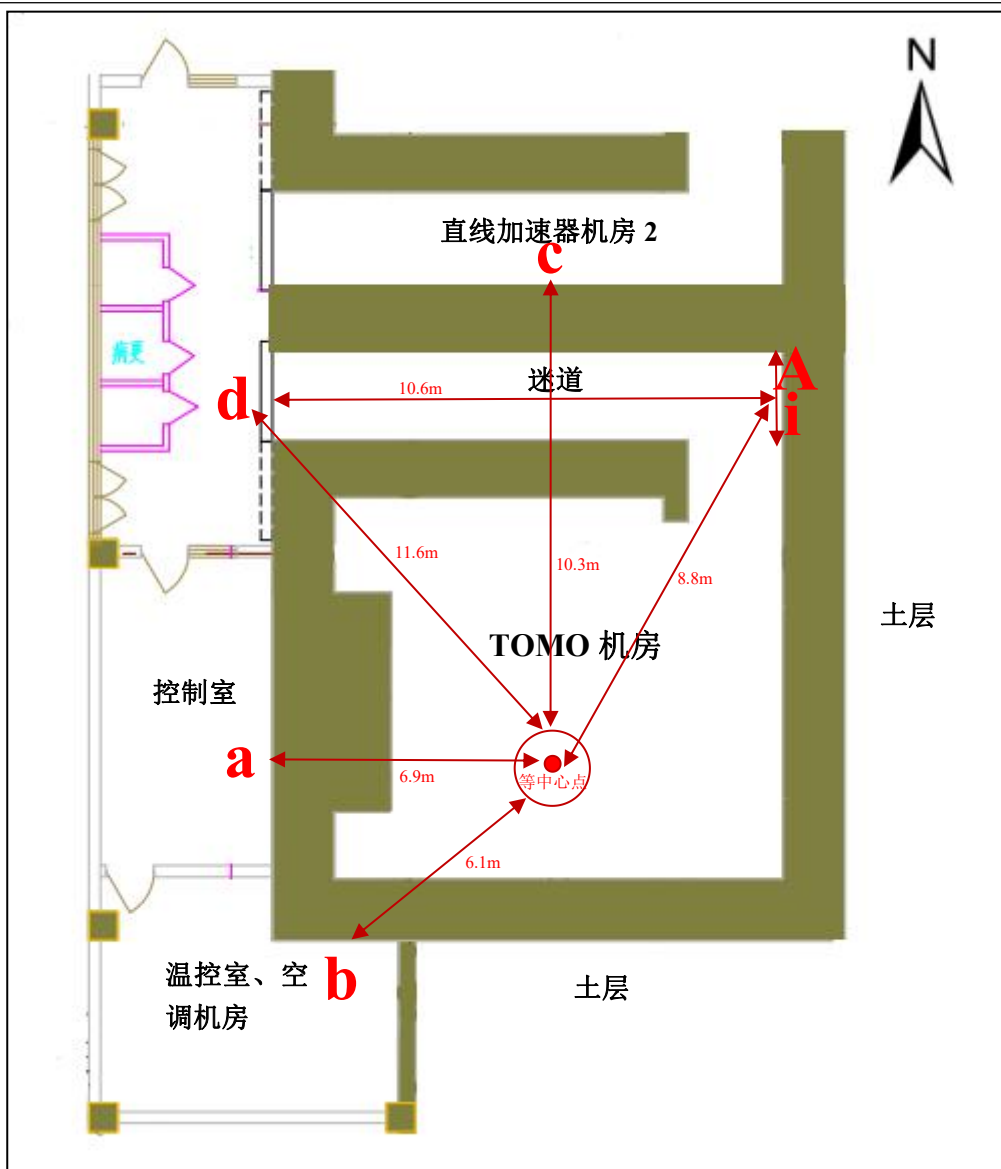


图 11-1 TOMO 机房平面参考点图

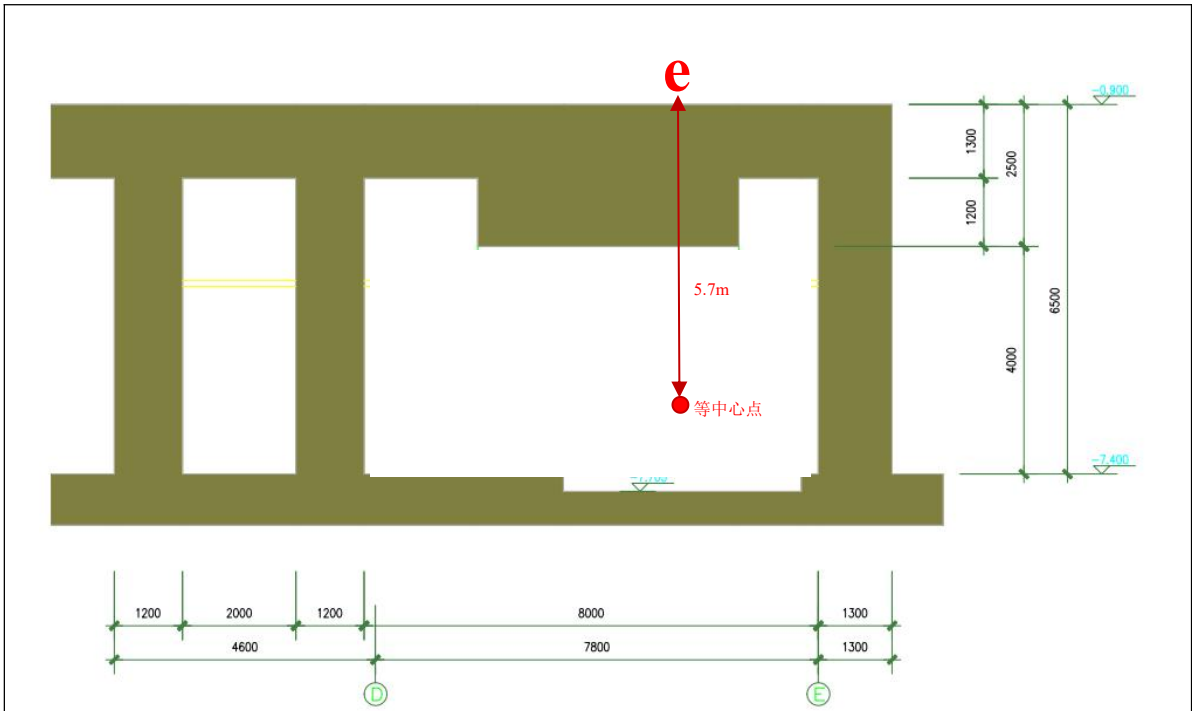


图 11-2 TOMO 机房剖面参考点图

TOMO 机房计算参数见表 11-3。

参数		单位	取值	取值依据
$\dot{H}_0$		$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$	$3.57 \times 10^8$	最高剂量率, 850cGy/min
f		/	0.001	漏射线束
R		m	10.3	辐射源点到关注点 c 的距离 (北墙外 30cm)
			11.6	辐射源点到关注点 d 的距离 (防护门外 30cm)
			6.1	辐射源点到关注点 b 的距离 (南墙外 30cm)
			6.9	辐射源点到关注点 a 的距离 (西墙外 30cm)
			5.7	辐射源点到关注点 e 的距离 (顶棚外 30cm)
			$R_1=8.8$	辐射源点到关注点 i 的距离
			$R_2=10.6$	关注点 i 到关注点 d 的距离
混凝土	90° 泄漏辐射 TVL	cm	34	取自 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.1 查出
	90° 泄漏辐射 TVL	cm	29	取自 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.1 查出
铅	散射 TVL	cm	0.5	取自 GBZ/T201.2-2011
F		$\text{cm}^2$	$5 \times 40$	最大对称野面积

$\alpha_{ph}$	$\text{cm}^2$	$1.39 \times 10^{-3}$	取自附录 B 表 B.2
A	$\text{m}^2$	$2.0 \times 5.2 = 10.4$	共同可视见面积
$\alpha_2$	/	$6.4 \times 10^{-3}$	取自附录 B 表 B.6

### (5) TOMO 治疗室辐射防护核算结果

计算结果见表 11-4。

表 11-4 TOMO 机房屏蔽效能核算结果表

墙体名称		计算参数 (m)	设计厚度及其估算			是否满足标准要求
			设计屏蔽厚度 (cm)	瞬时剂量估算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
北墙	漏射 c 点	10.3 $H_0=3.57 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=0.001$	120+120	$2.65 \times 10^{-5}$	2.5	是
西墙	漏射 a 点	6.9 $H_0=3.57 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=0.001$	250	$2.67 \times 10^{-5}$	2.5	是
南墙	漏射 b 点	6.1 $H_0=3.57 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=0.001$	130	0.47	2.5	是
防护门	散射 0-i-d 点 漏射 0-d 点	$R_1=8.8$ $R_2=10.6$ $A=10.4\text{m}^2$ $H_0=3.57 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=0.001$	100mmPb	0.14	2.5	是
顶棚	漏射 e 点	5.7	250	$3.91 \times 10^{-5}$	2.5	是

### (6) TOMO 机房 (CT 模拟定位及所在机房) 屏蔽情况

根据医院提供的屏蔽防护情况及设备参数, TOMO 机房 (CT 模拟定位及所在机房) 屏蔽体的铅当量情况见表 11-5。

表 11-5 CT 模拟定位机机房屏蔽厚度核算对比表

机房名称	屏蔽防护体		屏蔽防护情况	折合铅当量	标准要求	评价结果
TOMO 机房	北墙	迷道内墙	1200mm 重晶石混凝土	约 70mmPb	2.5mmPb	满足要求
		迷道外墙	1200mm 重晶石混凝土	约 70mmPb		

CT 模拟 定位 及所 在机 房)	西 墙	中心	2500mm 重晶石混凝土	约 147mmPb		
		其余	1300mm 重晶石混凝土	约 76mmPb		
	顶 棚	中心	2500mm 重晶石混凝土	约 147mmPb		
		其余	1300mm 重晶石混凝土	约 76mmPb		
	南墙		1300mm 重晶石混凝土	约 76mmPb		
	东墙		1300mm 重晶石混凝土	约 76mmPb		
	防护门		100mm 铅板, 硼砂 100mm	100mmPb		

根据上表对比分析, 本项目 TOMO 机房 (CT 模拟定位及所在机房) 屏蔽体的屏蔽能力远远高于标准规定的要求 (28 倍以上), 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的 CT 机房防护屏蔽要求; 同时根据机房的屏蔽能力, 本项目配套的 CT 机在 TOMO 机房内工作运行时对机房外的辐射影响可忽略不计。

### 11.2.2 剂量估算

X- $\gamma$  射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算:

$$H_{Er} = \dot{H}_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (\text{公式 11-10})$$

式中:  $H_{Er}$ : X 或  $\gamma$  射线外照射人均年有效剂量, mSv;

$\dot{H}_{(10)}$ : X 或  $\gamma$  射线周围剂量当量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

t: X 或  $\gamma$  射线照射时间, h。

#### (1) TOMO

根据前文评价分析, CT 机运行对机房外的辐射影响可忽略不计, 故仅需考虑 TOMO 运行对机房外工作人员、公众成员的附加剂量, 根据机房外剂量当量率理论计算结果, TOMO 机房外人员年有效剂量估算结果见表 11-6。

表 11-6 TOMO 机房外人员年有效剂量估算表

分类	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年最大工作时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
控制室放射工作人员	$2.67 \times 10^{-5}$	458	1	<0.01
公众成员	门厅	458	1/20	<0.01
	顶棚上方绿化	$3.91 \times 10^{-5}$	458	1/20

根据表 11-6 可知, TOMO 机房技师及机房外公众成员受到的年有效剂量均 < 0.01mSv/a, 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和建设单位制定的放射工作人员年有效剂量管理目标 5.0mSv/a, 公众成员 0.1mSv/a。

(2) 直线加速器机房 2

医院提供的直线加速器机房 2 放射工作场所环境检测结果见表 11-7，直线加速器机房 2 周围检测点布置示意图见图 11-3，检测报告见附件 9。

表 11-7 直线加速器机房 2 放射工作场所环境检测结果

序号	检测点	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	标准要求	单项判定
机架偏转 0°，放置水模体				
2	防护门外表面正中 30cm	0.48	$\leq 2.5$	合格
3	防护门外表面左侧 30cm	0.27	$\leq 2.5$	合格
4	防护门外表面右侧 30cm	0.34	$\leq 2.5$	合格
5	防护门外表面上侧 30cm	0.33	$\leq 2.5$	合格
6	防护门外表面下侧 30cm	0.45	$\leq 2.5$	合格
7	南墙外 1 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
8	南墙外 2 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
9	南墙外 3 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
15	北墙外 1 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
16	北墙外 2 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
17	北墙外 3 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
机架偏转 90°，放置水模体				
1	操作位	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
2	防护门外表面正中 30cm	0.43	$\leq 2.5$	合格
3	防护门外表面左侧 30cm	0.20	$\leq 2.5$	合格
4	防护门外表面右侧 30cm	0.40	$\leq 2.5$	合格
5	防护门外表面上侧 30cm	0.49	$\leq 2.5$	合格
6	防护门外表面下侧 30cm	0.37	$\leq 2.5$	合格
10	西墙外 1 距离 30cm	0.32	$\leq 2.5$	合格
14	西墙外 5 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
21	电缆线通道出口距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
机架偏转 90°，放置水模体				
11	西墙外 2 距离 30cm	0.38	$\leq 2.5$	合格
12	西墙外 3 距离 30cm	0.49	$\leq 2.5$	合格
13	西墙外 4 距离 30cm	0.22	$\leq 2.5$	合格
机架偏转 180°，放置水模体				
18	顶盖上方 1 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
19	顶盖上方 2 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
20	顶盖上方 3 距离 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格
机架偏转 270°，放置水模体				
2	防护门外表面正中 30cm	0.28	$\leq 2.5$	合格
3	防护门外表面左侧 30cm	0.21	$\leq 2.5$	合格
4	防护门外表面右侧 30cm	0.24	$\leq 2.5$	合格
5	防护门外表面上侧 30cm	$< 0.19$	$\leq 2.5$	合格

6	防护门外表面下侧 30cm	0.34	≤2.5	合格
7	南墙外 1 距离 30cm	<0.19	≤2.5	合格
8	南墙外 2 距离 30cm	<0.19	≤2.5	合格
9	南墙外 3 距离 30cm	<0.19	≤2.5	合格
22	本底	0.03-0.14	≤2.5	合格

注：1. 表内检测结果未扣除本底值，本次测量检测限为 0.19 μSv/h。

2. 根据加速器的使用条件及现场验证，选择对周围环境有较高影响的使用条件进行检测。

3. 检测条件：10MVX 射线，剂量率 6.5Gy/min，照射野 40cm×40cm。

4. 加速器型号和制造单位：Elekta Infinity 型，Elekta。

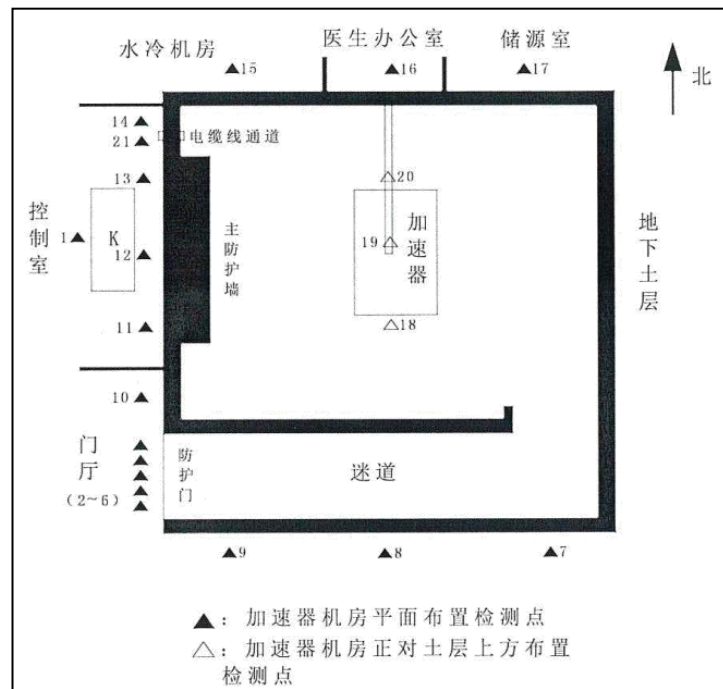


图 11-3 直线加速器机房 2 周围检测点布置示意图

根据以上检测结果，对放射工作人员和公众的外照射年剂量进行估算。放射治疗工作人员剂量估算：年剂量估算按照周照射时间 20 小时，一年 50 周，居留因子取 1，放射工作人员以医用直线加速器操作室为参考点（0.49 μSv/h），本项目 X 射线外照射所致放射治疗工作人员的最高年有效剂量为 0.49mSv；放射治疗工作场所公众剂量估算：年剂量估算按照周照射时间 20 小时，一年 50 周，公众以加速器机房防护门外表面为参考点（0.49 μSv/h），居留因子公众人员取 1/20，本项目 X 射线外照射所致公众的最高年有效剂量为 0.02mSv，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和医院制定的放射工作人员年有效剂量管理目标 5.0mSv/a，公众成员 0.1mSv/a。

### (3) 辐射叠加影响

本项目 TOMO 机房北侧为直线加速器机房 2，保守估计 TOMO 和直线加速器同时运行的情况。根据表 11-7 检测结果可知，辐射工作人员受到的叠加年有效剂量见表 11-8。

表 11-8 辐射工作人员受到的叠加年有效剂量

设备	分类		剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年最大工作 时间 (h)	居留 因子	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	叠加年有效 剂 ( $\text{mSv/a}$ )
TOMO	TOMO 机房(原直线 加速器机房 1)控 制室放射工作人员		$2.67 \times 10^{-5}$	458	1	<0.01	0.22
直线加速器(位 于机房 2 内)			保守取 0.49	458	1	0.22	
TOMO	公 众 成 员	TOMO 机房 (原直线加 速器机房 1) 门厅	0.14	458	1/20	<0.01	0.01
直线加速器(位 于机房 2 内)			保守取 0.49	458	1/20	0.01	
TOMO		TOMO 机房 (原直线加 速器机房 1) 顶棚上方绿 化	$3.91 \times 10^{-5}$	458	1/20	<0.01	<0.01
直线加速器 (位于机房 2 内)			保守取 0.19	458	1/20	<0.01	

根据以上检测及计算结果可知，TOMO 机房与直线加速器机房 2 同时运行时，放射工作人员最高年有效剂量为 0.22mSv，公众最高年有效剂量为 0.01mSv，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和医院制定的放射工作人员年有效剂量管理目标 5.0mSv/a，公众成员 0.1mSv/a。

### 11.2.3 三废治理措施

#### (1) 废气影响分析

X 射线、 $\gamma$  射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。在保持通风换气的条件下，臭氧和氮氧化物浓度甚小，少量的有害气体直接与大气接触、不累积，很快被空气的对流而扩散，不会影响机房外大气环境质量。

TOMO 运行时产生的非放射性废气主要为臭氧、氮氧化物（主要为二氧化氮），根据工程分析，TOMO 机房臭氧产额为 2.65mg/h，氮氧化物产额为 1.33mg/h。根据医院提供的资料，风机排风量为 2000m<sup>3</sup>/h。

根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期），考虑 TOMO 机房运行时的连续排风和 O<sub>3</sub> 的分解，

机房内空气中 O<sub>3</sub> 的平均浓度可由下式计算。

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 T}{V} (1 - e^{-t/T}) \quad (\text{公式 11-10})$$

式中：Q<sub>(t)</sub>：t 时刻治疗室内 O<sub>3</sub> 的平均浓度，mg/m<sup>3</sup>；

Q<sub>0</sub>：O<sub>3</sub> 的产生率，mg/h；

V：加速器治疗室体积（不含迷道），m<sup>3</sup>；

T：有效清除时间，h。

有效清除时间 T 可由下式计算。

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (\text{公式 11-11})$$

式中：t<sub>v</sub>：换气一次所需要的时间，h；

t<sub>d</sub>：O<sub>3</sub> 的有效分解时间，取 0.83h。

因本项目 TOMO 运行单次后，需要转移病人，给下一位病人准备等，不是连续出束，因此，本次核算考虑单次治疗（10min）产生的臭氧在设计通风情况下机房内的臭氧浓度。各参数的取值和 O<sub>3</sub> 浓度的计算结果见表 11-6。

表 11-6 TOMO 机房内 O<sub>3</sub> 浓度计算结果

治疗室	Q <sub>0</sub> (mg/h)	V (m <sup>3</sup> )	T <sub>v</sub> (h)	T <sub>d</sub> (h)	T (h)	t (h)	Q <sub>(t)</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
TOMO 机房	2.65	486.2	0.10	0.83	0.089	0.16	4.04×10 <sup>-4</sup>

由计算结果可知，TOMO 机房臭氧最大浓度为 4.04×10<sup>-4</sup>mg/m<sup>3</sup>，低于《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的臭氧浓度限值 0.3mg/m<sup>3</sup>，也低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准中规定的臭氧 1 小时平均限值 0.2mg/m<sup>3</sup>。单次治疗时间很短，臭氧同氮氧化物一样未分解，因此单次治疗后氮氧化物平均浓度为 2.02×10<sup>-4</sup>mg/m<sup>3</sup>，低于 GBZ2.1-2019 中规定的 5mg/m<sup>3</sup>，也低于 GB3095-2012 二级标准中规定的二氧化氮 1 小时平均限值 0.2mg/m<sup>3</sup>。

此外，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），TOMO 机房通风换气次数应不小于 4 次/h，即能满足机房的通风换气要求。根据设计，TOMO 机房排风量约为 2000m<sup>3</sup>/h，机房体积约 486.2m<sup>3</sup>，通风换气次数大于 4 次/h，满足 GBZ121-2021 的要求。因此，TOMO 产生的废气对周围环境影响小。

CT 模拟定位机运行时产生的臭氧和氮氧化物量极少，机房依托本层机械排风



系统，保持机房内良好的通风，废气排放后废气经大气扩散和分解后，浓度将进一步降低。因此，CT 模拟定位机产生的废气对周围环境影响小。

## (2) 废水

本项目治疗过程中本身不产生废水，且不设置卫生间。医务人员及病人利用医院大楼卫生间，依托医院现有的废水处理设施处理达标后排入市政管网。

## (3) 固废

项目产生的固体废物主要为医护人员和病人产生的少量医疗废物，依托医院医疗废物暂存间内暂存，交有资质的单位进行处置。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 可能发生的辐射事故

本项目 TOMO 场所可能发生的辐射事故为：

- ①工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，TOMO 运行可能产生误照射。
- ②安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的治疗室，造成额外的照射。
- ③工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。
- ④TOMO 控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射。
- ⑤TOMO 维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

#### 11.3.2 事故处理原则及应急措施

##### (1) 处理原则

根据上述分析，本项目可能发生的辐射事故及风险的发生主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查机房的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用的治疗室。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

- ①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止射线的产生。
- ②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照

人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点、所有涉及的事故责任人和受害者名单、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、所做的任何医学检查及结果、采取的任何纠正措施、事故的可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

⑥对可能发生的放射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理，同时及时上报生态环境部门和卫生部门。

## (2) 应急措施

针对可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表 11.3.1。

表 11.3.1 本项目拟采取预防措施

辐射工作场所	可能产生的辐射事故	采取的预防措施
TOMO 机房	工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，加速器运行可能产生误照射。	①本项目 TOMO 机房总图布置和建筑安全等设计要求应严格按照《建筑设计防火规范》(GB50016-2006)等国家有关的法规、标准执行。 ②本项目 TOMO 机房防护门上方设置工作状态指示灯、电离辐射警告标识及中文说明。TOMO 机房设置了门机联锁，紧急停机按钮、固定式报警仪、视频监控系统等一系列安全联锁系统，可有效防止事故的发生。 ③已为辐射工作人员配置个人剂量计、铅防护服等辐射防护用品。 ④已制定《操作规程》等辐射安全管理相关制度，辐射工作人员经培训后上岗，严格按照操作规程操作。
	安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的加速器治疗室，造成额外的照射。	
	工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。	
	加速器控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射。	
	加速器维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。	
	工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，加速器运行可能产生误照射。	

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。

④应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

⑥以上应急响应流程医院应每年组织演练一次。

### （3）事故预防措施

①现有放射事件应急处置领导小组应制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行；

②加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识；

③辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 12.1.1 机构设置

根据《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》第十六条第一款的要求，使用 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。

浙江省人民医院已经成立了辐射安全管理领导小组，并明确了领导小组及各成员的职责。小组成员大部分为本科以上学历，其人员设置满足辐射安全与环境保护管理工作要求。

#### 12.1.2 辐射人员管理

本项目涉及的 10 名辐射工作人员，均为原有直线加速器工作人员。

##### (一) 个人剂量检测

本项目涉及的 10 名辐射工作人员，10 名放射工作人员检测结果在限制范围内。(见附件 6：个人剂量检测报告)

##### (二) 辐射工作人员培训

本项目 10 名辐射工作人员已参加辐射安全与防护知识培训。(见附件 7：培训合格证书)

##### (三) 职业健康体检

按照国家有关规定，对在岗人员每隔 1 到 2 年进行一次体检，对新上岗和离岗人员分别进行岗前和离岗时体检。

医院已安排组织辐射工作人员在具有职业健康体检资质的机构进行了职业健康体检，体检结论显示：无职业禁忌，可继续原放射工作，并建立个人健康档案。

##### 环评要求：

①本项目所有辐射工作人员，需要及时组织参加辐射防护与安全培训、持证上岗，并按时接受再培训；辐射工作人员均应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员

进行职业健康检查，建立职业健康档案。

②本项目辐射工作人员的职业卫生健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；辐射工作人员的个人剂量和职业健康档案应终身保存。

### 12.1.3 年度评估报告

医院应于每年底对其辐射防护工作进行年度评估，并于每年1月31日前向发放辐射安全许可证的生态环境局提交上一年度的评估报告。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

根据环境保护部令第3号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2017年修正版)第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射应急措施。

目前，医院已按照《放射性同位素与射线装置和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求制定有设备操作规程、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、监测方案等辐射安全管理制度，上述辐射环境管理制度基本合理。医院应结合本项目实际情况，根据要求进一步完善辐射环境制度，并加强对辐射工作人员的安全防护意识教育。医院已制定的各项管理制度具有较好的可行性，只要在日常工作中严格落实，即能够满足核技术应用项目的管理。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，医院已配备1台X-γ辐射剂量率巡检仪，每个辐射工作人员均应配备个人剂量计，并建立个人剂量档案。

### 12.3.2 监测计划

#### (1) 日常监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国生态环境部令第3号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国生态环境部令第18号）中的相关要求，应当按照国家环境监测规范，对

相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。根据医院 2022 年度辐射工作场所检测报告，院内各辐射场所监测均未出现超标情况。

具体监测方案如下：

①每月均对辐射工作场所进行巡测，每年委托有资质的单位对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

②监测项目： $X-\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

③监测频度：每年委托有资质单位进行一次年度监测。

④监测范围：主要对辐射工作场所四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、防护门以及其他关注点处进行监测。

⑤定期检查 TOMO 的安全性能，防止射线泄漏，周期：每年 1~2 次。

#### (2) 验收监测计划

本项目工作场所建成后，及时组织开展竣工环保验收工作，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）中相关规定对辐射工作场所开展竣工环保验收监测。本项目竣工环境保护验收辐射监测计划见表 12.3.1。

### 12.4 辐射事故应急

(1) 辐射事故应急要求根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护令 18 号）及《突发环境事件信息报告办法》（原环保部令 17 号）有关规定，辐射事故应急预案应包括下列内容：

(一) 应急机构和职责分工；

(二) 应急人员的组织、培训以及应急；

(三) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施；

(四) 应急方案已明确应急的具体人员和联系电话。

(五) 辐射事故调查、报告和处理程序。

## (2) 医院辐射事故应急预案现状

根据医院提供的资料可知，医院已经制定了《辐射事故应急预案》，该应急预案包括了应急组织及职责、应急处理物资与设备、辐射事故现场应急处置、辐射事故的报告程序。对照上述辐射事故应急要求，建议医院补充应急人员的组织、培训及应急，可能发生的辐射事故类型及应急处置措施，辐射事故调查和处置程序，明确应急物资种类和数量，应急资金的安排、更新应急联络方式等。经过上述修订后，医院辐射事故应急预案能够满足全院辐射事故应急需要。一旦发生辐射事故，医院应根据国家规定立即启动应急预案，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》，由保卫部负责向公安机关报案，向省放射防护监督部门报告，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，并及时组织专业技术人员排除事故；配合各相关部门做好辐射事故调查工作。辐射事故应急响应流程如图 12-1 所示。

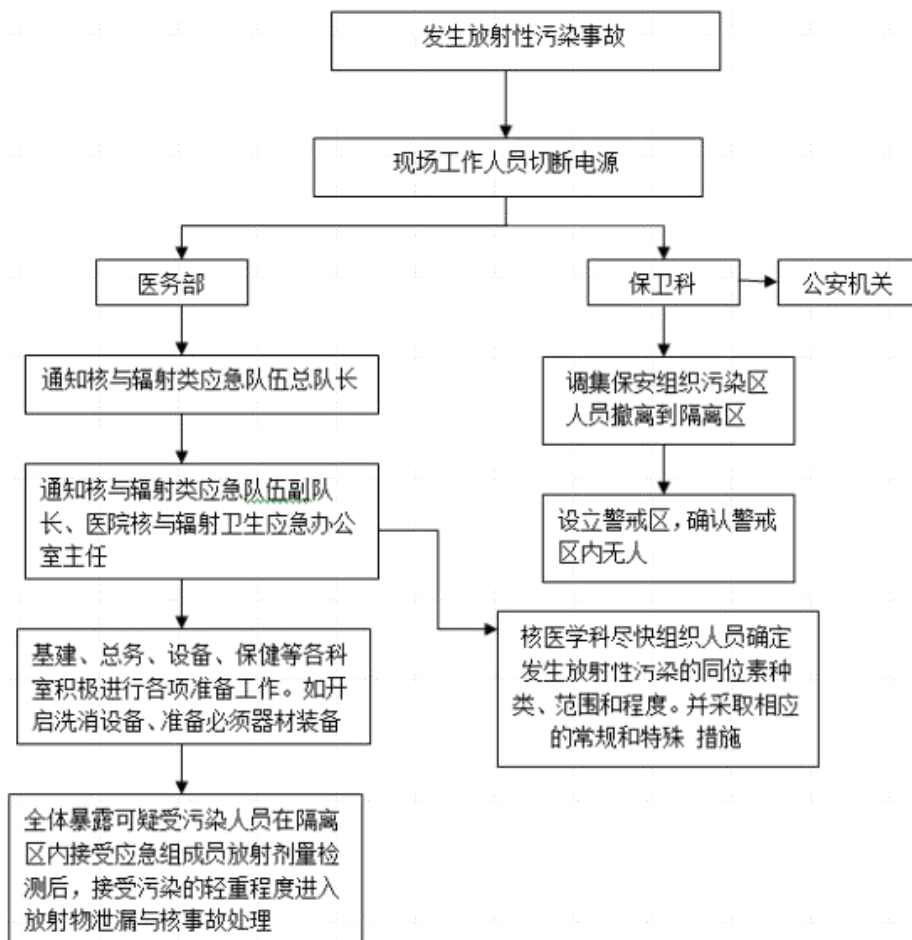


图 12-1 辐射事故应急响应流程图

为使事故发生时能有效应对，医院每年至少须进行一次应急人员的演习培训，模拟

事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。



## 表 13 结论与建议

### 13.1 实践的正当性

浙江省人民医院开展改建 1 台 TOMO 项目的是为了满足人民群众对优质医疗服务的需求，提高医院的医疗条件。其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准中关于“剂量限值”的要求。因而，该医院改建 1 台 TOMO 机符合辐射防护“正当实践”原则。

#### 13.2.1 选址合法性、合理性分析

本项目拟建的辐射项目位于浙江省人民医院门急诊楼地下 1 层，项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。本项目拟建辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后不会对周围环境与公众造成危害。

根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录(2019 年本)》、《浙江省淘汰落后生产能力指导目录(2012 年本)》，本项目不属于以上文件规定的限制和淘汰类项目。

综上所述，本项目的选址是合法、合理的。

#### 13.2.2 与“三线一单”的符合性分析

表 13-1 “三线一单”符合性分析总汇

“三线一单”	符合性
生态保护红线	本项目所在区域属于下城区城镇生活重点管控单元（ZH33010320001），本项目所在环境管控单元的环境准入清单见表 1.7.2，杭州市市辖区环境管控单元分类图详见图 1.5.4。
环境质量底线	本项目改建 1 台 TOMO 项目位于门急诊楼地下 1 层 TOMO 机房（原直线加速器机房 1），不新占土地，本工程的实施不会改变所在地土壤性质。本项目的实施不会对周边水、大气、土壤等环境产生明显的不利影响。因此，工程建设符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目为核技术利用项目，利用原有的房间进行改造，不新增土地指标，不涉及水资源利用，工程建设符合资源利用上线的要求。
负面清单	本项目为配套诊疗项目，不属于二类、三类工业项目，不属于负面清单内工业项目。

### 13.3 达标排放符合性

按照设计单位给出的屏蔽设计方案，通过对拟建核技术利用项目的预测分析，本次评价项目在正常运行后，辐射工作人员和公众最大年附加有效剂量均

满足根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的剂量管理约束值：辐射工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众的年有效剂量不超过 0.1mSv。

项目运行产生的少量臭氧及氮氧化物室内浓度均满足《工作场所中有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）中规定的限值要求；经排风系统排入大气后，臭氧会在 50 分钟内自动分解，氮氧化物的排放浓度远低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定的氮氧化物无组织排放浓度限值，故臭氧及氮氧化物对大气环境的影响是可以接受的。

### **13.4 辐射安全防护措施**

本项目 TOMO 机房四侧墙体、顶棚、地坪、防护门，均符合标注要求；本项目 TOMO 机房拟设置门灯连锁等辐射安全保护装置，并计划为辐射工作人员配备个人剂量计和射线剂量报警仪，为工作场所检测配备便携式辐射仪等。以上安全设施能够满足辐射安全防护的要求。

### **13.5 辐射环境管理制度**

该医院已设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定了《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相应要求，制定了《辐射事故应急措施》、《操作规程》、《岗位职责》、《设备检修维护制度》、《辐射防护措施》、《人员培训计划》、《监测方案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》等规章制度。医院本次项目为扩建 II 类射线装置，故其现有的管理机构基本满足相关法律、法规要求；同时医院须将本次改建的 TOMO 机项目操作规程等纳入现有的管理制度，根据相关要求落实各项管理制度，加强对辐射工作人员的安全防护意识教育。

### **13.6 安全培训及健康管理**

该医院已开展辐射工作，现有辐射工作人员已经培训考核合格并取得相应资格上岗证，并佩戴个人剂量计，每 3 个月检测一次，建立个人剂量档案。辐射工作人员上岗前须进行体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在医院从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

### **13.7 环境影响分析结论**

本项目辐射工作人员、公众人员所受辐射年有效剂量均低于本次评价提出的 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

### **13.8 结论**

综上所述，浙江省人民医院开展改建 1 台 TOMO 项目，在落实本报告提出的所有污染防治措施和辐射管理基础上，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施；其运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求，该公司基本具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

## **13.2 建议和承诺**

### **13.2.1 建议**

医院应加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

### **13.2.2 承诺**

（1）承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

（3）承诺本项目环评审批后，及时更新辐射安全许可证。

（4）承诺在本项目正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评【2017】4 号），在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

**表 14 审批**

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见：

经办人

公章

年 月 日