

核技术利用建设项目  
安化县中医医院医疗康复养老建设  
项目（一期）核技术利用扩建项目  
环境影响报告表

（送审稿）

安化县中医医院（盖章）

2023年9月







## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	iogvn4		
建设项目名称	安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期）核技术利用扩建项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	安化县中医医院		
统一社会信用代码	12430923447087595F		
法定代表人（签章）	胡文广		
主要负责人（签字）	李刚强		
直接负责的主管人员（签字）	张牡丹		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	湖南省湘环环境研究院有限公司		
统一社会信用代码	91430111MA4M4TCNXF		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李霞	2017035430350000003511430122	BH027196	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
周芳	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据	BH053823	
李霞	保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH027196	

## 目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	10
表 3	非密封放射性物质.....	11
表 4	射线装置.....	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	13
表 6	评价依据.....	14
表 7	保护目标与评价标准.....	17
表 8	环境质量和辐射现状.....	27
表 9	项目工程分析与源项.....	31
表 10	辐射防护与安全措施.....	41
表 11	环境影响分析.....	56
表 12	辐射安全管理.....	84
表 13	结论及建议.....	97
表 14	审批.....	102



**表 1 项目基本情况**

项目名称	安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期）核技术利用扩建项目				
建设单位	安化县中医医院				
法人代表	■■■■■	联系人	■■■■■	联系电话	■■■■■
注册地址	安化县东坪镇沿江大道东路				
项目建设地点	湖南省益阳市安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村 医疗康复养老建设项目（一期）住院楼、门急诊医技综合楼				
立项审批部门	/		批准文号	/	
核技术利用项目总投资（万元）	■■■■■	核技术利用项目环保投资（万元）	■■■■■	投资比例	■■■■■
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m <sup>2</sup> ）	257 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"/> 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		
	其他	无			

**1.1 建设单位概况**

安化县中医医院创建于 1958 年 8 月，是一所集医疗、教学、科研、预保于一体的二级甲等中医医院。医院位于益阳市安化县东坪镇沿江大道东侧临街，占地 4855.7 平方米，总建筑面积 18000 平方米，医疗业务用房面积 15000 平方米。医疗区由门诊楼、门急诊医技综合楼、住院楼三栋主体建筑组成，开放病床 460 张，设有专科门诊 10 个、临床科室 13 个、医技科室 9 个及 120 急救中心。现有在职职工 511 人，其中高级职称 64 人，中级职称 163 人，研究生 2 人，全国基层名老中医药专家 1 人，市名老中医 8 人。拥有 CT、DR、彩色 B 超、黑白 B



## 续表 1 项目基本情况

根据《射线装置分类》（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，本项目医用电子直线加速器和 DSA 均为 II 类射线装置。

为保护环境，保障周围公众健康，根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）以及《中华人民共和国环境影响评价法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（生态环境部 部令第 16 号），本项目属于“172 使用 II 类射线装置”，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，安化县中医医院委托湖南省湘环环境研究院有限公司对拟开展的核技术利用扩建项目进行环境影响评价。我公司人员在现场踏勘、收集有关资料的基础上，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》（HJ 10.1—2016）的要求，编制了本项目的的环境影响报告表。

### 1.3 项目概况

（1）项目名称：安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期）核技术利用扩建项目

（2）建设地点：湖南省益阳市安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村医疗康复养老建设项目（一期）住院楼、门急诊医技综合楼

（3）建设性质：扩建

（4）建设单位：安化县中医医院

（5）投资：核技术总投资 █████ 万元，其中环保投资 █████ 万元，占总投资的 █████

（6）建设规模：本次扩建工程主要包括在医疗康复养老建设项目（一期）住院楼负一层新增加 1 台 X 射线能量最高为 15MV 的医用电子直线加速器，在门急诊医技综合楼一层新增 1 台 DSA。

本项目拟新增射线装置情况见下表 1-1，加速器基本参数见表 1-2。

表 1-1 医院拟新增射线装置情况一览表

序号	射线装置	厂家/型号	拟定参数	类别	位置	数量	备注
1	医用电子直线加速器	未定	X 射线能量最高为 15MV，电子线能量最高为 22MeV	II 类	住院楼负一层直线加速器机房	1 台	新增
2	DSA	未定	125kV, 1000mA	II 类	门急诊医技综合楼一层 DSA 手术室	1 台	新增

续表 1 项目基本情况

序号	名称	直线加速器指标
1	X 射线能量和等中心最高剂量率	15MV X 射线模式下，等中心最大剂量率 600cGy/min（无高剂量率模式和 FFF 模式）
2	X 射线治疗最大档位	15MV
3	电子线治疗最大档位	22MeV
4	最大出束半角	14 度
5	最大照射	40cm×40cm
6	1m 处最大 X 线剂量率	$3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$

(7) 劳动定员

医院新开展直线加速器放射治疗和 DSA 介入手术项目，拟新增放射工作人员约 14 人，包括 2 名放疗医师、2 名放疗技师、2 名放疗物理师（直线加速器）和 4 名内、外科医师、1 名麻醉医师、1 名放射影像技师、2 名护士（DSA），均为拟新招聘人员。

相关人员拟在项目运行前到生态环境部辐射安全与防护培训平台

（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训和参加考核（若该人员以前从事过放射工作，已参加过辐射安全与防护培训，且培训有效期在五年内，仍有效）；进行上岗前的职业健康检查，上岗后每 1~2 年进行在岗期间的职业健康检查；佩戴个人剂量计，定期进行个人剂量监测，监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；并为放射工作人员建立职业健康监护档案，终生保存。

1.4 项目组成情况

根据项目特点，本项目主要由主体工程、公用工程、环保工程三部分组成。具体组成情况见下表 1-3。

表 1-3 本项目组成情况一览表

序号	项目	组成	依托关系
—	主体工程		
1	直线加速器机房	位于住院楼负一层北端，机房的净尺寸：长 8.7m，宽 7.7m，高 4.2m，使用面积 66.99m <sup>2</sup> 。直线加速器机房的控制室与机房分开设置，并在机房外配套建设水冷机房和相关辅助用房。机房北侧为夯实土层，土层之上为夹层通道，南侧为控制室和水冷机房，西侧为预留直线	新建

续表 1 项目基本情况

		加速器机房（前期拟作为库房使用），东侧为 CT 定位机房、模拟定位机房及其共用控制室，机房内拟配置 1 台新购置的 X 射线能量最高为 15MV 的医用电子直线加速器	
2	DSA 手术室	位于门急诊医技综合楼一层南端，机房的净尺寸：长 7.73m，宽 6.56m，高 5.2m，有效使用面积 50.71m <sup>2</sup> 。机房北侧为洁净通道，南侧为污物通道，西侧为设备间，东侧为控制室，机房内拟配置 1 台新购置的 DSA	新建
二	公用工程		
1	给水	依托院内供水管网	依托
2	排水	工作人员生活污水依托院区排水管网，实行污污分流，生活污水经过医院污水处理措施处理达标后排放	依托
3	供配电	依托院内供配电系统	依托
4	通风	直线加速器机房和 DSA 手术室内新建动力排风系统，以保证室内通风满足要求	新建
三	环保工程		
1	有害气体	直线加速器机房拟设置“上进风，下排风”的动力通风系统；拟在机房迷路内入口和外入口处的天花各设置 1 个进风口，并在进风口的对角位置（西墙北端）离地高约 30cm 处设置 1 个排风口；机房内的通风换气次数保证不低于 4 次/h。 DSA 手术室内拟设置层流通风系统，并在天花中部设置 1 个吸顶式排风扇，保证机房内良好通风。	新建
2	废水	工作人员生活污水依托院区排水管网，生活污水经过医院污水处理措施处理达标后排放	依托
3	固废	制定固废处理措施，生活垃圾统一收集后交由环卫部门处理；医疗垃圾用脚踏式开关垃圾桶收集后由污物通道暂存在医疗固废暂存间，最后集中处置；直线加速器更换下来的退役靶交有资质单位进行处置	依托+新建

## 1.5 周围环境概况和保护目标

### (1) 医院周围环境概况

安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期）位于湖南省益阳市安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村，东面临江英路，南面临党校路，西面临卫校路，北面临迎春路。

### (2) 本项目选址及周围外环境

本项目直线加速器机房位于住院楼负一层北端，机房北侧为夯实土层，南侧为控制室和水冷机房，西侧为预留直线加速器机房（前期拟作为库房使用），东侧为 CT 定位机房、模拟定位机房及其共用控制室，楼上为体检中心的 B 超室、心电图室和候检区，楼下为夯实土层。直线加速器机房位于所在建筑楼底部的一

**续表 1 项目基本情况**

端，且四周以及楼上均未涉及儿科病房、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，选址合理。

DSA 手术室位于门急诊医技综合楼一层南端，机房北侧为洁净通道，南侧为污物通道，西侧为设备间，东侧为控制室，楼上为办公室、新风机房和检验科，楼下为食堂。机房四周以及楼上、楼下均未涉及儿童、孕妇等敏感人群常居留场所，选址合理。

医院住院楼、门急诊医技综合楼毗邻设置，门急诊医技综合楼东侧约 26m 远处为培训中心（后期拟建），约 21m 远处为高压氧仓，其余三侧均为院内道路和停车位。本项目射线装置机房所在建筑距医院周围环境敏感点均有一定距离。医院总平面布置图详见附图二。

**(3) 保护目标**

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为直线加速器机房、DSA 手术室墙体边界外 50m 的范围内从事放射诊疗项目的放射工作人员及公众成员。

**1.6 医院现有核技术利用项目情况**

**1.6.1 现有射线装置情况**

医院现有 7 台射线装置，射线装置情况及环评验收情况详见表 1-4。医院已取得了益阳市生态环境局下发的辐射安全许可证：湘环辐证【H0119】，有效期为 2021 年 3 月 12 日~2026 年 3 月 11 日。

**表 1-4 医院现有射线装置情况及办证、验收情况一览表**

序号	射线装置名称	型号	类型	数量(台)	具体位置	办证情况	验收情况
1	胃肠机	岛津 R-20J	III类	1	二楼放射科	已办证	登记表备案，无验收要求
2	小 C 臂	T208	III类	1	七楼手术室		
3	CT 机	Somaicm-16	III类	1	二楼放射科		
4	X 摄像机	PLX5100	III类	1	二楼放射科		
5	X 射线机	PLX116B1	III类	1	七楼手术室		
6	DR 机	PLADSPEEDM	III类	1	二楼放射科		



续表 1 项目基本情况

■	■■■■	■	■ ■■■■ ■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■ ■■ ■■■■■	■■■ ■■ ■■	■■■■■ ■■■■■
■	■■■■	■	■ ■■■■ ■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■ ■■ ■■■■■	■■■ ■■ ■■	■■■■■ ■■■■■
■	■■■■	■	■ ■■■■ ■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■ ■■ ■■■■■	■■■ ■■ ■■	■■■■■ ■■■■■
■	■■■■	■	■ ■■■■ ■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■ ■■ ■■■■■	■■■ ■■ ■■	■■■■■ ■■■■■
■	■■■■	■	■ ■■■■ ■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■ ■■ ■■■■■	■■■ ■■ ■■	■■■■■ ■■■■■
■	■■■■	■	■ ■■■■ ■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■ ■■ ■■■■■	■■■ ■■ ■■	■■■■■ ■■■■■
■	■■■■	■	■ ■■■■ ■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■ ■■ ■■■■■	■■■ ■■ ■■	■■■■■ ■■■■■

医院已组织现有的 19 名放射工作人员分别于 2021 年 9 月和 10 月、2022 年 9 月、2023 年 2 月至益阳市疾病预防控制中心或湖南省山水体检有限公司进行了在岗期间或上岗前的职业健康检查，检查结果为“可继续原放射工作”或“可从事放射工作”或“X-射线作业检查未见异常”，检查报告详见附件十。

医院为现有放射工作人员均配置了个人剂量计，根据医院提供资料，目前其建立了以一个季度（3 个月）为测度周期的个人剂量监测制度，并对个人剂量监测报告终生保存，若发现有工作人员超出本评价提出的年剂量约束限值，立即停止其辐射工作。由附件十一可以看出，医院已委托湖南华科检测技术有限公司对放射工作人员进行了职业性外照射个人剂量监测，结果显示 2022.09.04~2022.12.02 佩戴期间，放射工作人员的个人剂量监测结果均未见异常。

上述放射工作人员均参加了医院组织的自主考核并考核通过，且医院已建立相关培训记录档案。

### 1.6.3 辐射防护情况

根据医院提供的资料和现场踏勘可知，医院现有 7 台射线装置的实践活动场所均采取了切实有效的辐射防护措施，机房等辐射防护效能良好，未发现突出的环境问题。

## 续表 1 项目基本情况

### 1.6.4 有害气体排放情况

医院目前产生的有害气体，主要是在射线装置机房内，因射线装置工作曝光过程中产生的电离辐射（主要是 X 射线）会电离空气，进而产生少量的氮氧化物和臭氧。射线装置机房内均设置有机机械通风装置，由 X 射线电离产生的少量氮氧化物和臭氧经过机械通风装置排出室外，经大气稀释和扩散，对环境影响小。

### 1.6.5 医院现有问题及整改建议

**存在的问题：**未制定关于放射治疗和介入诊疗的相关辐射防护管理制度。

**解决方案：**待本项目运行前，制定放射治疗、介入诊疗的相关辐射防护管理制度，并及时更新现有的辐射防护管理制度。

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
以下空白								/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

**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
以下空白										

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）。

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	医用电子直线加速器	II类	1台	未定	电子	15(最大电子线22MeV)	15MV: 600cGy/min	放射治疗	住院楼负一层直线加速器机房	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1台	待定	125	1000	医疗诊断/介入治疗	门急诊医技综合楼一层 DSA 手术室	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氟靶情况			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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
直线加速器退役靶	固态	/	/	/	/	/	/	交由有资质单位处置

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>；年排放总量用 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

法规 文件	<p><b>6.1 相关法律法规、部门规章及规范性文件</b></p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订并施行）；</p> <p>(3) 《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六号，2003 年 10 月施行）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2014 年 7 月 29 日修订，2019 年 3 月 2 日修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日施行，2021 年 1 月 4 日修改）；</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，2011 年 5 月 1 日）；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日起施行）；《国家发展改革委关于修改产业结构调整指导目录（2019 年本）的决定》，2021 年 12 月 30 日；</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）；</p> <p>(12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）；</p> <p>(13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（2021 年，第 9 号）。</p>
----------	---

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p><b>6.2 评价标准</b></p> <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《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>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《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>(5) 《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/T201.2—2011)；</p> <p>(6) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(9) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(10) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)；</p> <p>(12) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(13) 《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>(14) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(15) 《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ 158-2003)；</p> <p>(16) 《医用电子直线加速器质量控制检测规范》(WS 674-2020)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 辐射环境影响评价委托书(附件一)；</p> <p>(2) 本项目拟建场地辐射环境本底监测报告：湘环院(HJ)2211190(附件三)；</p> <p>(3) 《辐射防护》(第 11 卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月)。</p> <p>(4) 《放射防护实用手册》赵兰才，张丹枫主编，济南出版社出版，2009 年。</p>

续表 6 评价依据

	<p>(5) 参考文献: 王庆敏.15MV 医用电子直线加速器感生放射性影响分析[J].四川环境,2010,29(5):130-132. 。</p> <p>(6) 《中华辐射医学防护》第 14 卷第 2 期:“辐射所致臭氧的估算与分析”(王时进、娄云)。</p> <p>(7) 《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》李德平 潘自强,原子能出版社出版,1987 年。</p>
--	---

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）中要求：“第 1.5 评价范围和保护目标：放射源和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。”

本项目为医疗机构核技术利用建设项目的环评，运行过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围环境影响较小，受电离辐射影响的人员主要是在射线装置所在机房周围活动的放射工作人员和公众。因此，本项目将直线加速器机房、DSA 手术室房墙体边界外 50m 的范围做为评价范围。评价范围示意图见图 7-1。

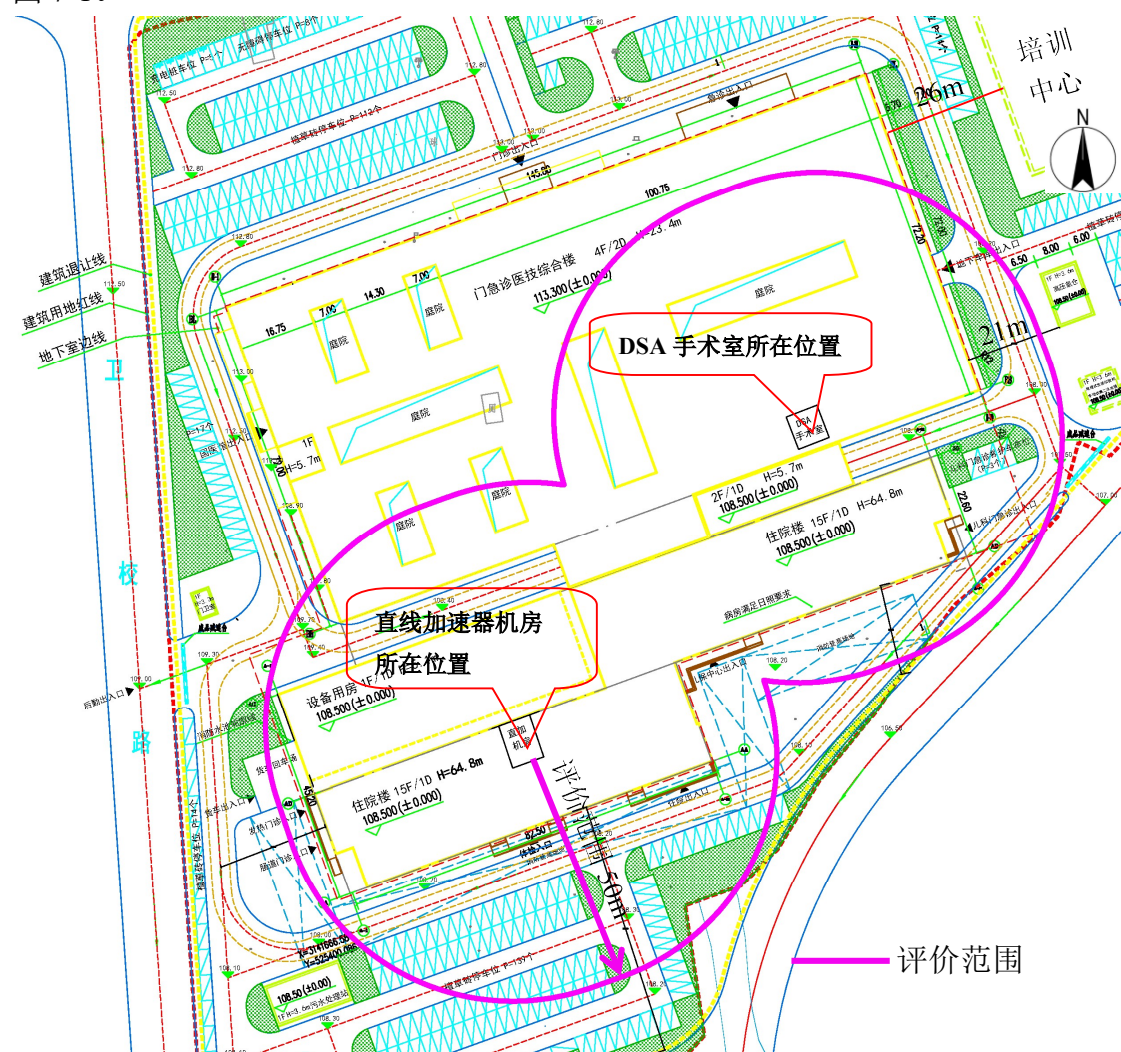


图 7-1 评价范围示意图

续表 7 保护目标与评价标准

**7.2 保护目标**

本项目射线装置机房为医院住院楼负一层直线加速器机房、门急诊医技综合楼一层 DSA 手术室，评价范围主要包括射线装置机房墙体边界外 50m 的范围（本项目的评价范围以直线加速器机房或 DSA 机房的边界向外延伸 50m），见下图 7-1。

表 7-1 本项目工作场所周围环境敏感点一览表

机房名称	机房位置	方位/距离	高差	环境敏感点名称	环境保护人群	影响人数		
直线加速器机房	住院楼负一层	直线加速器机房内	+0m	机房内	放射工作人员	2 人		
		东	邻至 7m	+0m	CT 定位机房、模拟定位机房及其共用控制室	放射工作人员	2 人	
			7m~32m	+0m	更衣室、加强注射室、模具室、电梯间、卫生间、送风机房	公众	若干	
			32m~50m	+3.3m	送风机房、地下车库	公众	若干	
		南	邻至 2m	+0m	控制室、水冷机房	放射工作人员	2 人	
			2m~8m	+0m	物理办	放射工作人员	1 人	
			2m~8m	+0m	前室、楼梯间、过道	公众	若干	
			8m~50m	+7.2m	院内道路、停车坪	公众	若干	
		西	邻至 40m	+0m	预留直加机房、污洗间、卫生间、污梯、风/空调/电井	公众	若干	
			40m~50m	+7.2m	挂号收费、发热门诊、院内道路	公众	若干	
		北	邻至 50m	+3.3m	制冷机房、地下车库	公众	若干	
			楼上	+7.2m	B 超室、心电图室、候检区	公众	若干	
		DSA 手术室	门急诊医技综合楼一层	DSA 机房内	+12.0m	机房内	放射工作人员	4 人
				东	邻至 2m	+12.0m	控制室	放射工作人员
2m~34m	+12.0m				手术室、导管室、污物处理室、污洗间、污物通道、污梯、新风机房、楼梯间	公众	若干	
34m~50m	+12.0m				院内道路	公众	若干	
南	邻至 37m			+12.0m	污物通道、控制廊及放射科	公众	若干	
	37m~48m			+12.0m	院内道路	公众	若干	
	48m~50m			+12.0m	江英路	公众	若干	
西	邻至 50m			+12.0m	设备间、库房、EICU、新风机房、楼梯间、电梯、更	公众	若干	

续表 7 保护目标与评价标准

				衣室、卫生间		
	北	邻至 10m	+12.0m	洁净通道、男卫/更衣、女卫/更衣、换鞋间	公众	若干
		10m~50m	+12.0m	过道、医生办、新风机房、母婴室、处置室、治疗室	公众	若干
	楼上	+17.2m	办公室、新风机房、检验科	公众	若干	
	楼下	+7.2m	食堂	公众	若干	

注：上表中的高差以住院楼地下负一层的建筑标高为基准。

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为该医院从事放射诊疗的放射工作人员以及机房周围的公众。

### 7.3 评价标准

#### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

##### ① 剂量限值

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限值，以保证本标准 7.2.2 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和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的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；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

结合拟使用的射线装置的实际情况，根据医院出具的剂量管理目标值文件，确定本项目的放射工作人员的年剂量管理目标限值如下：

**放射治疗和介入医师的年剂量管理目标值为 5mSv/a；**

**其他放射工作人员的年剂量管理目标值为 2mSv/a。**

#### 第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：年

续表 7 保护目标与评价标准

有效剂量，1mSv。

本项目公众人员的年剂量管理目标值取 **0.1mSv/a**。

## ②辐射工作场所的分区

第 6.4 款 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。

### 6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

e) 运用行政管理程序和实体屏障限制进出控制区。

### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

## (2) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

### 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。

## 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。

续表 7 保护目标与评价标准

使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

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 30 cm 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、拟建二层建筑物或在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 30 cm 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： $\dot{H}_{C,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

a) 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。

b) 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 30 cm 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，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

续表 7 保护目标与评价标准

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) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—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。含放射源的治疗设备应 设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅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、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；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。

#### 8.4 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。

### (3) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）

本标准适用于利用医用电子加速器、钴-60 治疗机、中子放射源及 $\gamma$ 放射源后装治疗机、X 射线及 $\gamma$ 射线立体定向放射治疗系统、螺旋断层放射治疗系统、术中放射治疗的移动式电子加速器、医用 X 射线治疗机、低能 X 射线放射治疗设备和质子重离子加速器等设备开展放射治疗的防护要求。

续表 7 保护目标与评价标准

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 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，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。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

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。

6.2.1 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。

7.1 对于高于 10MV X 射线治疗束和质子重离子治疗束的放射治疗，除考虑中子放射防护外，在日常操作中还应考虑感生放射线的放射防护。

#### **(4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)**

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学

第 5.8 款 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备防护性能的专用要求

第 5.8.1 款 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

第 5.8.2 款 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和

续表 7 保护目标与评价标准

摄影功能的控制键。

第 5.8.3 款 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

第 5.8.4 款 介入操作中,设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

第 6.1.1 款 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置,应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

第 6.1.2 款 X 射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑临室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全。

第 6.1.3 款 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房,机房应满足设备的布局要求。

表 7-2 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 m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 (含 C 型臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

第 6.2 款 X 射线设备机房屏蔽

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小于表 7-3 的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

表 7-3 本项目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
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

第 6.2.3 款 机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。

第 6.3.1 款 机房的辐射屏蔽防护,应满足下列要求:

c) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时,周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h; 测量时, X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

第 6.4 款 X 射线设备工作场所防护

续表 7 保护目标与评价标准

- 第 6.4.1 款 机房应设有观察或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。
- 第 6.4.2 款 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。
- 第 6.4.3 款 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。
- 第 6.4.4 款 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯；灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。
- 第 6.4.5 款 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。
- 第 6.4.6 款 电动推拉门宜设置防夹装置。
- 第 6.4.7 款 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。
- 第 6.4.10 款 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。
- 第 6.5 款 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求。
- 第 6.5.1 款 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-4 基本类要求的工作人员、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橡胶防护衣。
- 第 6.5.3 款 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。
- 第 6.5.4 款 应为儿童的 X 射线检查配备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小于 0.5mmPb。
- 第 6.5.5 款 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配备要求

放射检查类型	工作人员		患者与受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套	铅悬挂防护屏/前防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	--

续表 7 保护目标与评价标准

	选配：铅橡胶帽子	选配：移动铅防护屏风	选配：铅橡胶帽子	
<p><b>(3) 结论</b></p> <p>根据上述标准，结合本项目拟使用射线装置的实际情况，确定本项目的年剂量管理目标值要求以及污染物排放指标如下：</p> <p><b>表 7-2 本项目年剂量管理目标值及污染物排放指标表</b></p>				
<b>一、年剂量管理目标值</b>				
项目	年平均有效剂量限值 (mSv/a)	执行对象	本次评价的年剂量管理目标值 (mSv/a)	
放射工作人员	20	放射工作人员	放射治疗工作人员：≤5 介入医师：≤5 其他放射工作人员：≤2	
公众人员	1	公众人员	≤0.1	
<b>二、机房面积要求</b>				
直线加速器机房	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			
DSA 手术室	最小有效使用面积≥20m <sup>2</sup> ；最小单边长度≥3.5m（单管头 X 射线设备）			
<b>三、机房屏蔽要求</b>				
直线加速器机房	治疗机房墙和入口门外 30cm 处周围剂量当量率控制水平详见表 11-3“关注点的剂量率参考控制水平(μSv/h)”			
DSA 手术室	在透视条件下检测时，机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h			
<b>四、放射性废气排放、固体废物</b>				
直线加速器机房	机房内通风要求	直线加速器机房：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		
	机房内气体浓度	臭氧最高容许浓度：0.3mg/m <sup>3</sup>		
DSA 手术室	机房内通风要求	应设置动力通风装置，并保持良好的通风		
退役废靶		直线加速器退役废靶交有资质单位处置		

**表 8 环境质量和辐射现状**

### **8.1 辐射环境质量现状调查**

#### **1、项目环境辐射监测**

受安化县中医医院的委托，湖南省湘环环境研究院有限公司于 2022 年 11 月 4 日对该医院（N：111.278705084°，E：28.389630877°）医疗康复养老建设项目（一期）拟建地的辐射工作环境进行了检测。监测结果和监测布点详见附件三。

#### **2、监测方案及质量保证**

##### **（1）监测目的**

该环境辐射现状监测的目的主要是为了了解项目地点本底辐射水平，为辐射工作场所建成运行后对环境的影响提供依据。

##### **（2）监测依据**

- a. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- b. 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- c. 《辐射防护》（第 11 卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）。

##### **（3）监测布点**

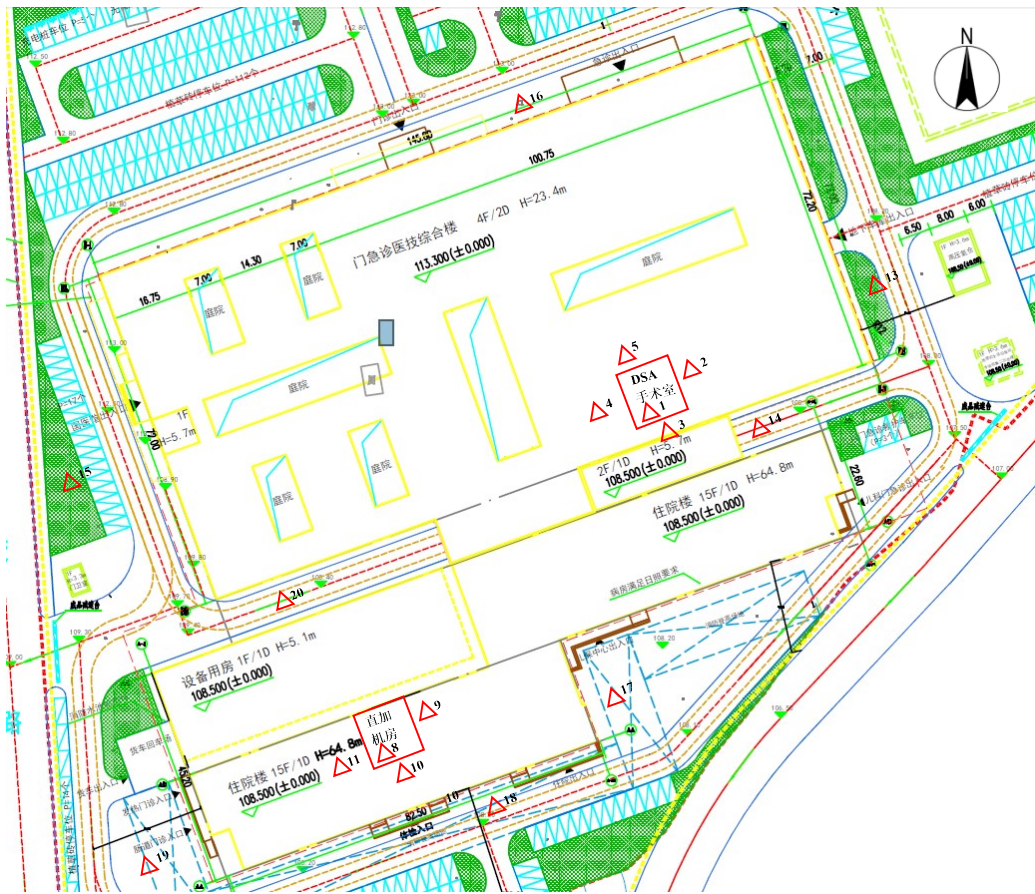
根据现场情况及拟建场所位置情况，在直线加速器机房和 DSA 手术室拟建区域、周围区域及楼上、楼下区域、住院楼和门急诊医技综合楼四周临近的道路、公众可达区域等位置布点。布点详见检测报告（附件三）监测布点图。

##### **（4）质量保证**

该项目测量所用的仪器（JB4000 型环境监测用 X、 $\gamma$  辐射空气比释动能率仪）性能参数符合国家标准方法的要求，有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 检测仪器及检定情况一览表

仪器名称	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JB4000
仪器编号	17157
测量范围	0.01 $\mu$ Sv/h~200 $\mu$ Sv/h (0.01 $\mu$ Gy/h~200 $\mu$ Gy/h)
能量响应范围	48Kev~3Mev
检定证书编号	2022H21-10-4182795005
校准因子	1.08
效率因子	1
有效期至	2023.10.17



备注：DSA 手术室拟建于门急诊医技综合楼一层，直线加速器机房拟建于住院楼负一层， $\triangle$ 为检测点，其中 $\triangle 6$ 、 $\triangle 7$ 分别为 DSA 手术室楼上、楼下拟建地的巡测点， $\triangle 12$ 为直加机房楼上拟建地的巡测点。

图 8-1 现状监测布点示意图

续表 8 环境质量现状

3、监测结果及评价		
监测数据详见下表及监测报告（附件三）。		
表 8-2 项目拟建场所本底监测结果		
检测条件：天气：阴；相对湿度：60.3~65.5%；温度：14.3~17.5℃。		
检测点位 编号	点位描述	检测结果（nGy/h）
△1	DSA 手术室拟建地	87.6±3.78
△2	DSA 手术室东侧拟建地	90.2±3.24
△3	DSA 手术室南侧拟建地	89.9±4.42
△4	DSA 手术室西侧拟建地	96.2±1.85
△5	DSA 手术室北侧拟建地	88.2±2.79
△6	DSA 手术室楼上拟建地	91.3±2.46
△7	DSA 手术室楼下拟建地	88.5±3.07
△8	直线加速器机房拟建地	89.2±3.81
△9	直线加速器机房东侧拟建地	93.0±2.60
△10	直线加速器机房南侧拟建地	87.8±3.71
△11	直线加速器机房西侧拟建地	89.6±3.56
△12	直线加速器机房楼上拟建地	87.2±3.50
△13	门急诊医技综合楼东侧	87.5±2.49
△14	门急诊医技综合楼南侧	89.4±2.82
△15	门急诊医技综合楼西侧	88.9±2.98
△16	门急诊医技综合楼北侧	88.2±3.59
△17	住院楼东侧	94.3±3.40
△18	住院楼南侧	94.9±2.47

续表 8 环境质量现状

△19	住院楼西侧	88.9±3.56
△20	住院楼北侧	91.5±2.50

备注：以上检测数据均未扣除宇宙射线响应值。

备注：以上检测数据均未扣除宇宙射线响应值。

项目拟建址的环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率：室内在87.2~96.2nGy/h之间，室外在88.9~94.9nGy/h之间，与湖南省益阳市天然贯穿辐射剂量率：室内88.6~195nGy/h、室外72.9~141.7nGy/h相比，项目所在地的辐射环境质量现状在正常浮动范围内，未见有较大的异常。

表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目拟选址在医院医疗康复养老建设项目（一期）的住院楼和门急诊医技综合楼。医疗康复养老建设项目（一期）工程于 2018 年 3 月获得了环评批复（安环审（书）〔2018〕006 号）。目前一期工程主体建筑结构已完工，但内部装修暂未开始建设。

本项目涉及的直线加速器机房已整体浇筑完成，DSA 机房已完成砖墙砌筑但防护施工暂未开始，机房内部装修尚未开始。

本次核技术利用扩建项目施工期主要涉及机房建设、装修、设备安装调试过程中的环境影响，污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物、调试期间产生的电离辐射（X 射线、电子线、中子、中子俘获  $\gamma$  射线、感生放射性）和有害气体（臭氧和氮氧化物）等。

噪声：主要来自于建设、装修及现场处理等。

扬尘：主要为机械敲打、钻洞墙体等产生的扬尘。

废水：主要为施工人员产生的少量生活废水。

固体废物：主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员的生活垃圾。

调试期间产生的电离辐射（X 射线、电子线、中子、中子俘获  $\gamma$  射线、感生放射性）与空气作用，产生少量的臭氧、氮氧化物；当 X 射线能量高于 10MV 时，可诱发产生感生放射性核素，感生放射性核素主要有  $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  等。

本项目施工期环境影响随着施工期的结束而结束，施工期工程量小，施工期短，且均在院区内施工，对外界环境影响很小，不存在环保遗留问题。

### 9.2 医用电子直线加速器运行期污染工序及污染物产生情况

#### 9.2.1、医用电子直线加速器工作原理

医用电子直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用高能 X 射线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。高能 X 射线具有高穿透性、较低的皮肤剂量、较高的射线均匀度等特点，适用于治疗深部肿瘤。电子束具有一定的射程特性，

续表 9 项目工程分析与源项

穿透能力较低，用来治疗浅表肿瘤。

典型医用电子直线加速器示意图如图 9-1 所示。

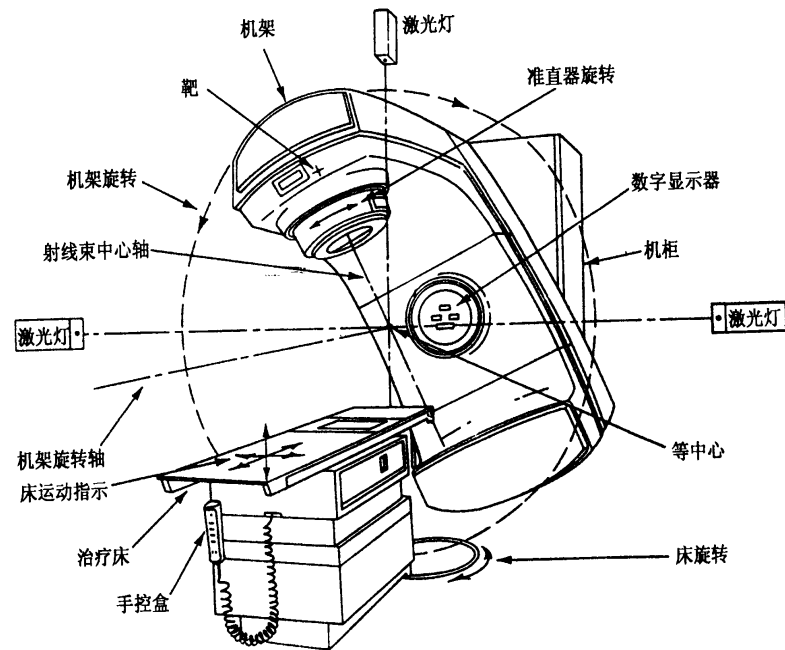


图 9-1 典型医用电子直线加速器示意图

### 9.2.2、医用电子直线加速器设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，可形成电子束或者所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 射线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 射线束。

医用电子直线加速器内部结构框图 9-2，X 射线和电子束治疗模式见 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项

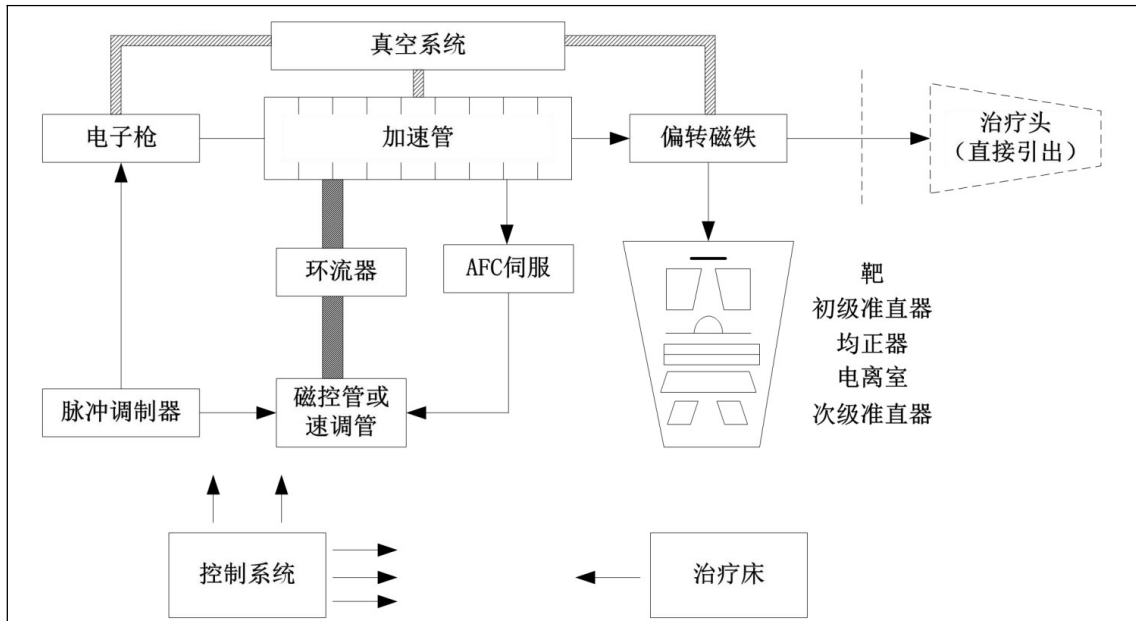


图 9-2 典型医用电子直线加速器内部结构框图

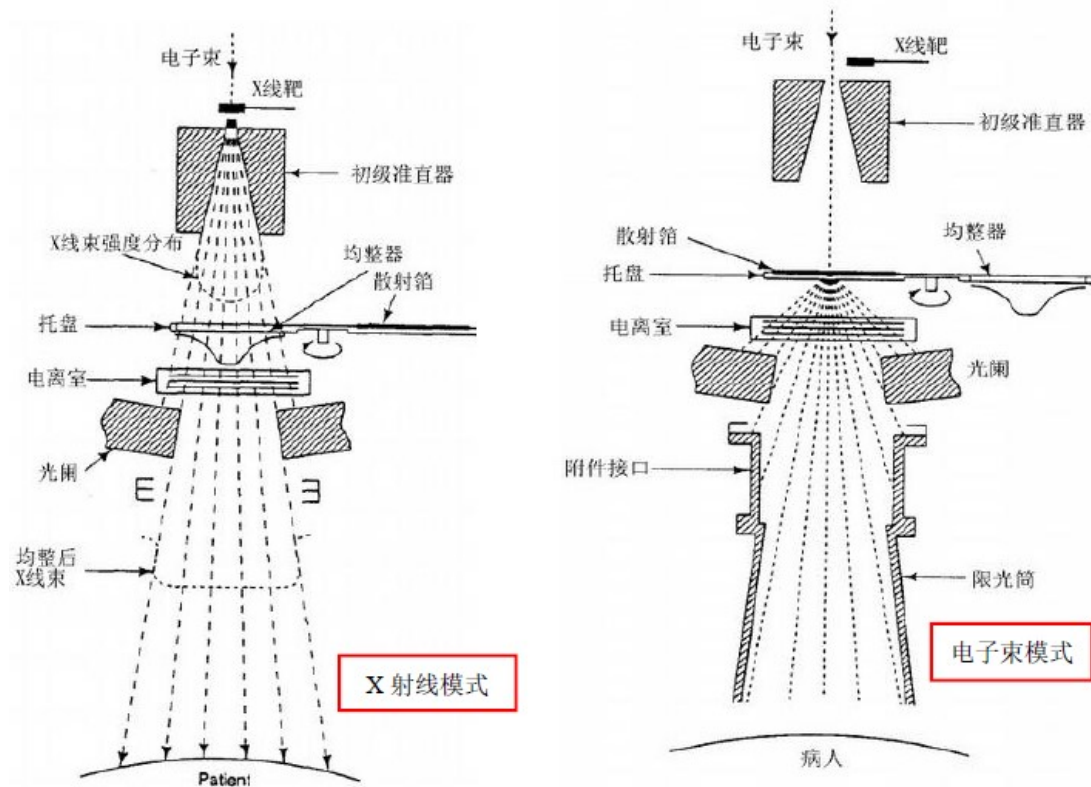


图 9-3 X射线和电子束治疗模式结构示意图

### 9.2.3 医用电子直线加速器工作流程

(1) 制订治疗计划。工作人员利用 TPS 计划系统，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。

续表 9 项目工程分析与源项

(2) 患者按约定时间到达肿瘤治疗中心，根据叫号系统叫号，进入治疗室；工作人员为患者摆位，固定患者体位，确认治疗室内无人员滞留后，离开治疗室，关闭治疗室防护门，在控制机房隔室操作加速器，按照定位标记，调整照射角度及照射野，对患者进行治疗。

(3) 治疗结束后，切断医用电子直线加速器的高压电源，加速器停止出束，打开治疗室防护门，医护人员进入治疗室帮助患者离开治疗室。

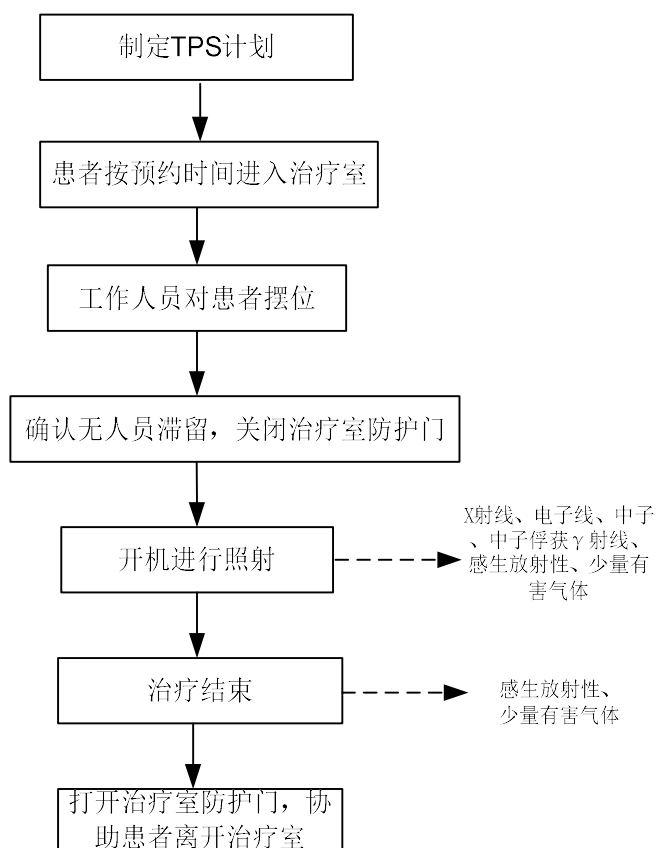


图 9-4 医用电子直线加速器治疗流程

#### 9.2.4 医用电子直线加速器工作负荷

根据医院初步规划及长远考虑，本项目直线加速器放射治疗工作量最多为 80 人/d，每周工作 5d，平均每名患者治疗的照射时间为 5min（均考虑为调强治疗，且调强因子取 N 为 5），则周出束时间为 33h；全年按照 50 周计，则加速器年出束时间为 1650h。

续表 9 项目工程分析与源项

### 9.2.5 医用电子直线加速器产污环节

#### (1) 正常工况下污染源分析

由医用电子直线加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生韧致辐射，即 X 射线。在 X 射线高于 10MV 的条件下工作时，加速器产生的 X 射线，与物质作用都可能发生光核反应 ( $\gamma, n$ )，产生中子和感生放射性物质，中子在慢化、吸收过程中都将放出  $\gamma$  射线（中子俘获  $\gamma$  射线），引起缓发辐射。本项目直线加速器 X 射线最大能量为 15MV，需考虑中子、中子俘获  $\gamma$  射线及感生放射性物质。

上述加速器产生的辐射可分为瞬发辐射和缓发辐射，瞬发辐射包括初级辐射（加速的带电粒子）和次级辐射（加速器粒子与物质相互作用产生的 X、 $\gamma$  射线、中子等）。缓发辐射是由瞬发辐射与周围物质相互作用产生的感生放射性材料放出的  $\beta$  和  $\gamma$  射线等。瞬发辐射只有在加速器开机时产生，停机后即消失；缓发辐射在加速器停机后仍然存在，而且随着加速器运行时间的增加而积累。

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

综上所述，本项目直线加速器对患者进行治疗时，对环境可能造成污染的因素：

X 射线模式下工作，主要是 X 射线；

电子束模式下工作，主要是电子线，伴有少量 X 射线；

高于 10MV X 射线治疗时，主要是 X 射线、中子、中子俘获  $\gamma$  射线、感生放射性；

有害气体：臭氧和氮氧化物。

另外，加速器使用一定年限后，靶体需要更换，更换下来的退役靶交有资质单位进行处置。

#### (2) 运行期事故工况下污染源分析

a. 在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成照射伤害。

续表 9 项目工程分析与源项

b. 工作人员或患者家属还未全部撤离治疗室，外面操作人员启动设备，造成有关人员被误照；

c. 检修时，误开机时，维修人员受到照射伤害。

### 9.3 DSA 运营期污染工序及污染物产生情况

#### 9.3.1 DSA 工作原理

DSA 是采用 X 射线进行摄影、透视的技术设备。该设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，见图 9-5。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。

靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。成像装置是用来采集透过人体的 X 线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，利用平板探测器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模 / 数(A / D)转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数 / 模(D / A)转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

#### 9.3.2 系统组成及工作流程

##### (1) 系统组成

DSA 组成：Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。

## 续表 9 项目工程分析与源项



图 9-5 DSA 外观示意图

该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。

DSA 技术是常规血管造影术和计算机处理技术相结合的产物，其基本原理和技术为：X 线穿过人体各解剖结构形成荧光影像，经影像增强器增强后为电视摄像管采集而形成视频影像。再经对数增幅和模/数转换形成数字影像。这些数字信息输入计算机处理后，再经减影、对比度增强和数/模转换，产生数字减影图像。

### （2）DSA 操作流程

医院拟开展的介入手术有：心脏介入、神经血管介入及外周血管介入等。设备的工作流程见下图所示：

续表 9 项目工程分析与源项

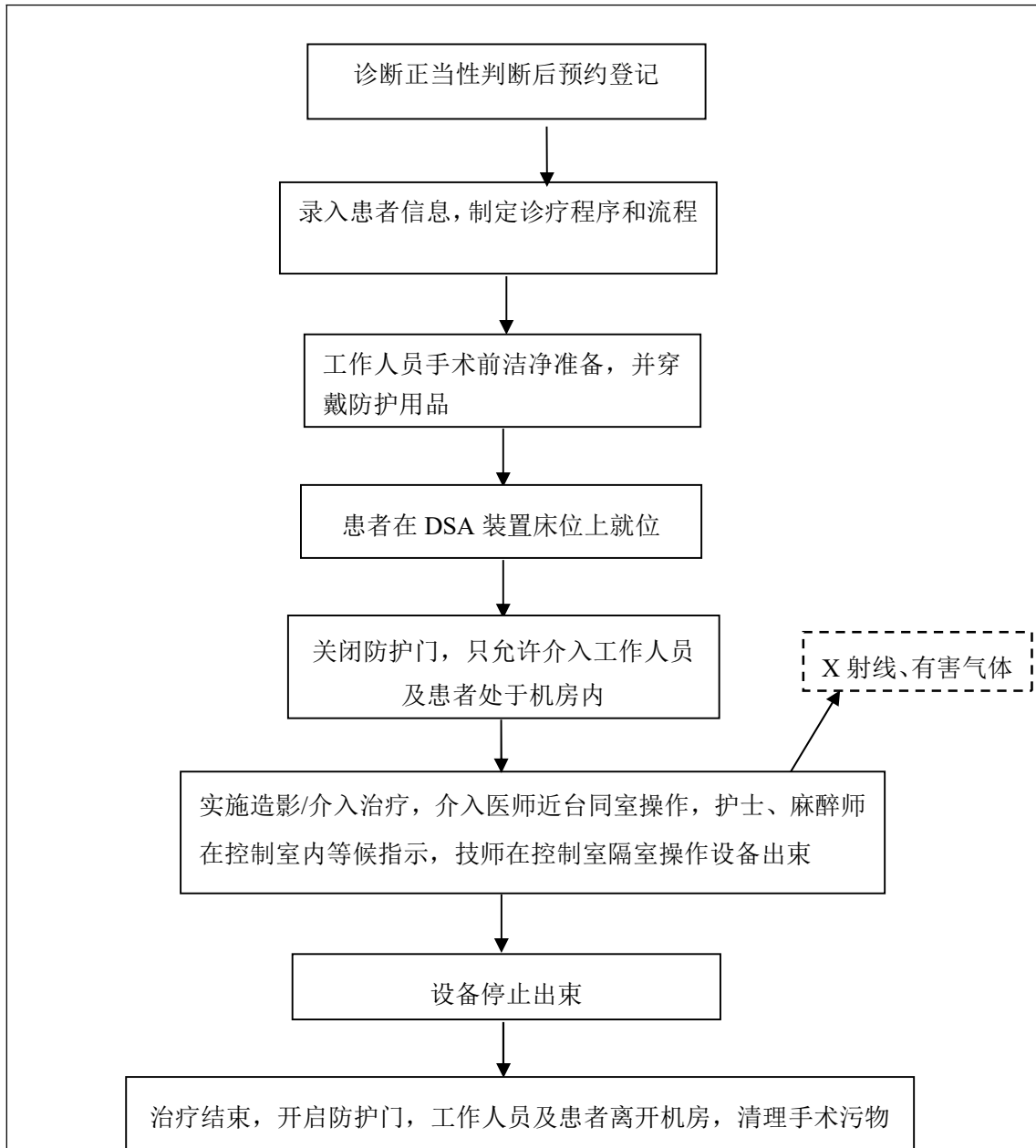


图 9-6 DSA 工作流程及产污环节示意图

介入手术时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达病变部位，进行介入诊疗，留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

在手术过程中，麻醉师主要在术前对患者进行麻醉；护士主要在术前准备好相关手术用品，术中根据医生指示进行相应工作；介入医师在床旁近台同室进行

续表 9 项目工程分析与源项

介入诊疗手术。

护士、麻醉师均在控制室内等候医生指示，技师在控制室内隔室操作 DSA 设备。

### 9.3.3 工作负荷

本项目 DSA 安装调试完成后，预计工作负荷情况如下表。

表 9-1 DSA 工作负荷情况

项目	内容
机房名称	DSA
主要开展的手术类型	心脏介入、神经血管介入及外周血管介入等
年开展工作量	约 450 台
曝光模式	透视+摄影
每台手术平均 曝光时间（含摄影、透视）	20min
年曝光时间（含摄影、透视）	约 150h

### 9.3.4 产污分析

#### (1) 正常工况下污染源分析

a. 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。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

b. X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物。少量的有害气体直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境影响可忽略不计。

c. 医用 X 射线装置属清洁的物理诊断装置，在使用过程中自身不产生液态、固态等放射性废物，不存在放射性三废对环境的污染。

因此，在开机期间，X 射线是污染环境的主要因子。

#### (2) 运行期事故工况下污染源分析

a. X 射线装置发生控制系统或安全保护系统故障或人员疏忽，使受检者或工作人员受到超剂量照射；

b. 在射线装置出束时人员误入机房受到的照射；

续表 9 项目工程分析与源项

c. 使用 DSA 的医生或护士在手术室内曝光时未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射；

d. 检修时，误开机时，维修人员受到潜在照射伤害。

9.5 本项目产生污染物情况汇总

根据以上分析，本次核技术利用扩建项目产生污染因子情况见表 9-2。

表 9-2 项目主要污染因子情况表

序号	污染源	使用场所		主要污染因子
1	医用电子直线加速器	住院楼负一层	直线加速器机房	X 射线、电子线、中子、中子俘获 $\gamma$ 射线、感生放射性、有害气体（臭氧和氮氧化物）、退役靶
2	DSA	门急诊医技综合楼一层	DSA 手术室	X 射线、有害气体（臭氧和氮氧化物）

**表 10 辐射防护与安全措施**

**10.1 项目安全设施**

**10.1.1 项目工作场所布局**

**①直线加速器机房**

直线加速器机房位于住院综合楼负一层南端，拟设置“L”型迷路，有用线束朝东墙、西墙、顶棚照射，未直接照射控制室（控制室位于机房南侧）。控制室与机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备等均设置于加速器机房外。

直线加速器机房北侧为夯实土层，土层之上为夹层通道，南侧为水冷机房和控制室，西侧为预留直线加速器机房（前期拟作为库房使用），东侧为 CT 定位机房、模拟定位机房及其共用控制室，楼上为体检中心的 B 超室、心电图室和候检区，楼下为夯实土层。

本项目直线加速器机房平面布局符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“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”以及“应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开被有用线束直接照射”的要求。

**②DSA 手术室**

DSA 手术室位于门急诊医技综合楼一层南端，机房北侧为洁净通道，南侧为污物通道，西侧为设备间，东侧为控制室，楼上为办公室、新风机房和检验科，楼下为食堂。

DSA 机房的防护门窗位置设置合理，工作人员通道、患者通道、污物通道基本分开设置，平面布局合理。

**表 10-1 直线加速器机房、DSA 手术室周围场所布局情况一览表**

序号	机房名称	所在位置	东	南	西	北	上	下
1	直线加速器机房	住院楼负一层	CT 定位机房、模拟定位机房及其共用控制室	控制室、水冷机房	预留直线加速器机房（前期拟作为库房使用）	夯实土层、夹层通道	体检中心的 B 超室、心电图室和候检区	夯实土层
2	DSA 手术室	门急诊医技综合楼一层	控制室	污物通道	设备间	洁净通道	办公室、新风机房和检验科	食堂

续表 10 辐射防护与安全措施

10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，将辐射场所分为控制区和监督区，以便辐射安全管理和职业照射控制，本项目辐射工作场所分区如表 10-2 所示，辐射防护分区图见图 10-1、图 10-3。

表 10-2 工作场所分区一览表

分区情况	包含场所	要求
控制区	直线加速器机房、DSA 手术室(本项目)、CT 模拟定位机房、模拟定位机房（非本项目）	医院拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置门-机联锁装置或者门灯联锁装置、视频监控、急停开关、工作状态指示灯及电离辐射警告标识等设施，严格限制人员随意出入控制区，在治疗设备的调试和日常诊疗过程中，当处于诊疗状态时，控制区内无关人员不得滞留，以保障此区的辐射安全
监督区	直线加速器机房的控制室以及周围的水冷机房、预留直线加速器机房（前期拟作为库房使用）、B 超室、心电图室、候检区、CT 模拟定位机房和模拟定位机房的共用控制室；DSA 手术室的控制室以及周围的污物通道、设备间、洁净通道、新风机房、办公室、检验科、食堂	对该区不采取专门的辐射防护手段及安全措施，但需要对职业照射条件进行监督和评价

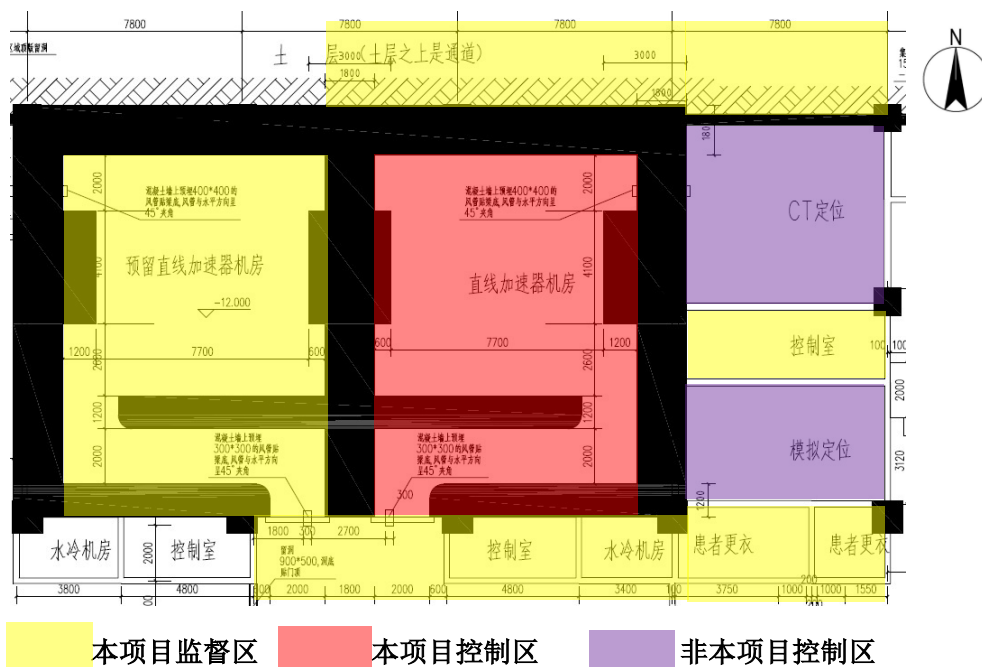


图 10-1 直线加速器机房平面布局及场所分区示意图

续表 10 辐射防护与安全措施

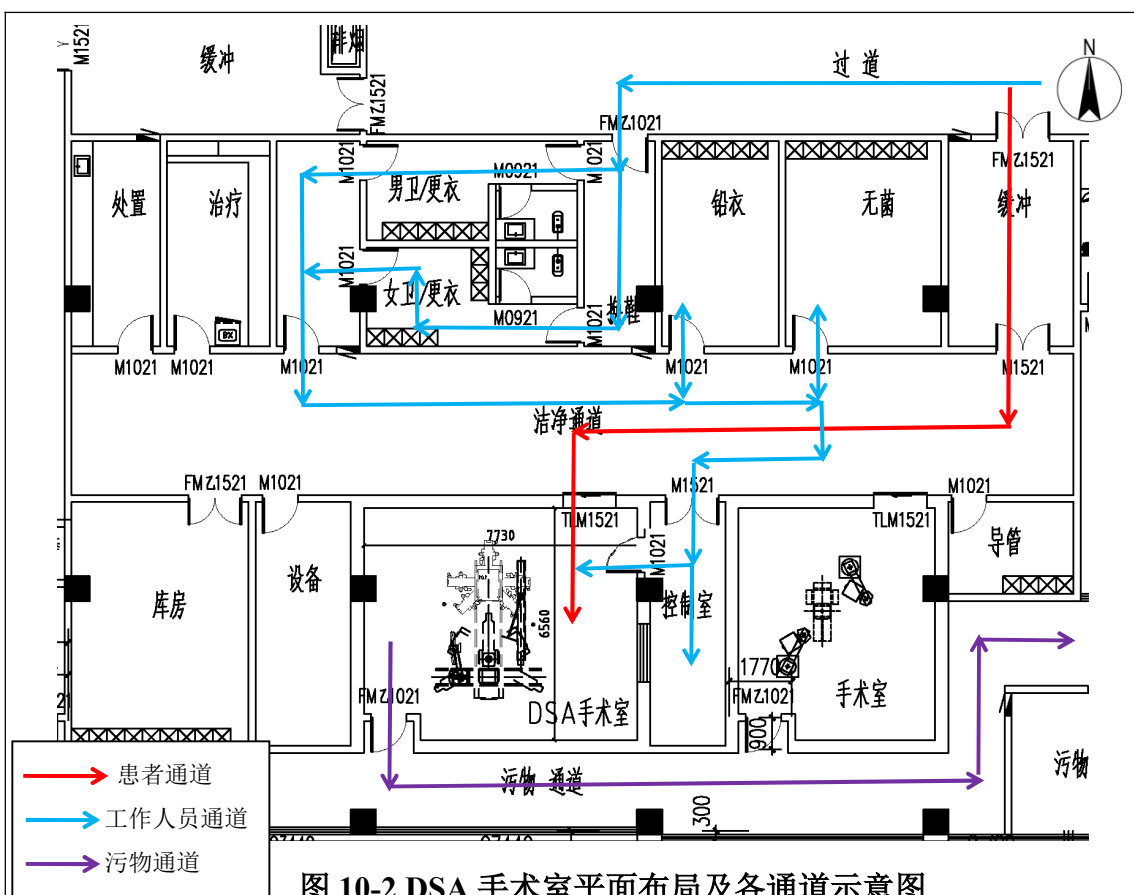


图 10-2 DSA 手术室平面布局及各通道示意图

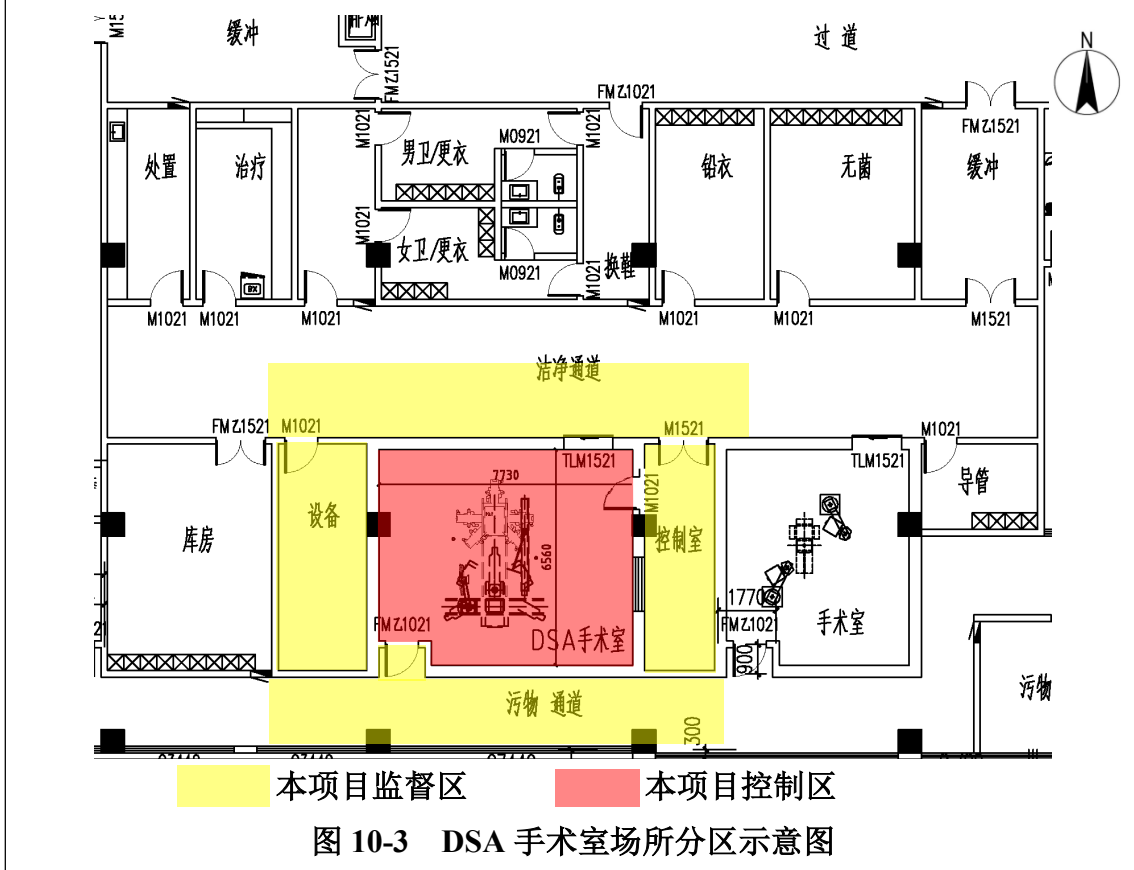


图 10-3 DSA 手术室场所分区示意图

## 续表 10 辐射防护与安全措施

### 10.1.3 辐射工作场所屏蔽设计情况

本项目直线加速器机房净尺寸为 8.7m×7.7m×4.2m（不含迷道），有效使用面积为 66.99m<sup>2</sup>，四侧墙体及顶棚均采用普通混凝土（密度 2.35g/cm<sup>3</sup>）浇筑完成，防护门采用不锈钢门内衬铅板及含硼聚乙烯。

DSA 手术室净尺寸为 7.73m×6.56m×5.2m，有效使用面积为 50.71m<sup>2</sup>，四侧墙体均采用 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料，顶棚采用 12cm 混凝土+2mm 铅板，地面采用 12cm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料，防护门采用不锈钢门内衬 4mm 铅板，观察窗采用 4mmPb 铅玻璃观察窗。

表 10-2 直线加速器机房屏蔽防护设计方案一览表

机房名称	直线加速器机房
净尺寸	8.7m×7.7m×4.7m（不含迷道）
有效使用面积	66.99m <sup>2</sup>
东侧墙体	主屏蔽墙：3000mm 普通混凝土 主屏蔽墙宽度：4100mm 副屏蔽墙：1800mm 普通混凝土
南侧墙体	迷路内墙：1200mm 普通混凝土 迷路外墙：1200mm 普通混凝土
西侧墙体	主屏蔽墙：3000mm 普通混凝土 主屏蔽墙宽度：4100mm 副屏蔽墙：1800mm 普通混凝土
北侧墙体	1800mm 普通混凝土
顶棚	3000mm 普通混凝土
地面	夯实土层
迷路类型	L 型
防护门	18mmPb 铅板+150mm 含硼聚乙烯

注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅的密度不低于 11.34g/cm<sup>3</sup>。

续表 10 辐射防护与安全措施

表 10-3 DSA 手术室屏蔽防护设计方案一览表				
机房名称	机房尺寸	有效使用面积	屏蔽体	屏蔽防护设计参数
DSA 手术室	7.73m×6.56m×5.2m (长×宽×高)	50.71m <sup>2</sup>	四面墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料
			顶棚	120mm 混凝土+2mm 铅板
			地面	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料
			防护门 (3 樘)	不锈钢门内衬 4mmPb 防护门
			防护窗	4mmPb 铅玻璃观察窗

注: ①混凝土密度约 2.35g/cm<sup>3</sup>, 铅密度约 11.34g/cm<sup>3</sup>, 硫酸钡防护涂料密度约 2.79g/cm<sup>3</sup>; ②顶棚的铅板拟铺设在机房吊顶上方, 机房吊顶后的高度约 2.7m。

**10.1.3 机房面积**

由表 10-2、10-3 可知, 本项目直线加速器机房的有效使用面积能满足临床应用需求, 符合《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 的要求; DSA 手术室的有效使用面积和最小单边长度均符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求。

**10.1.4 辐射安全防护措施**

**10.1.4.1 直线加速器机房的辐射安全防护措施**

**1) 直线加速器机房拟采取的辐射安全控制措施**

(1) 项目设计、施工和验收过程中, 辐射防护设施将与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。加速器安装调试完成后, 建设单位组织对机房辐射防护设施进行验收, 包括辐射屏蔽、安全联锁和报警系统、辐射监测系统、通风系统等。机房辐射安全设施依照设计标准验收合格后, 加速器方可正式运行。

(2) 管线穿越屏蔽墙体: ①电缆沟采用“U”型向下穿越屏蔽墙体, 控制电缆穿墙部分采取预埋的 PVC 管, 通过次屏蔽墙的地下进入机房内, 控制电缆布设于电缆沟内, 控制电缆进出电缆沟的沟盖板均为约 2.5cm 厚不锈钢板。穿墙部分呈“U”型, 尺寸较小且线路呈多折曲路, 并有不锈钢板的沟盖板进行屏蔽补偿, 因此控制电缆的敷设方式不会影响墙体的屏蔽效果。②强、弱电、空调管线、进风、排风管道均采用与水平方向呈 45° 夹角穿越屏蔽墙体, 斜穿能有效

续表 10 辐射防护与安全措施

控制管线孔的辐射泄漏。

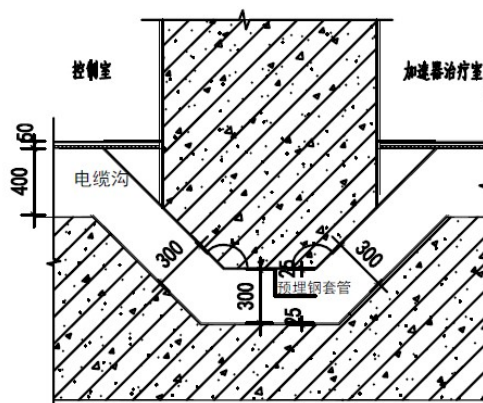


图 10-4 电缆沟穿墙大样图

本项目直线加速器机房未预留物理测试管线孔，本次环评建议物理测试管采用与水平方向呈  $45^\circ$  夹角穿越机房与控制室之间的墙体。

(4) 机房内净空高度同时满足加速器机身高度、上下滑轨、进风和排风管道、吊顶（含灯具、进风口和回风口、空调室内机）等叠加空间尺寸。适当降低迷道出入口门洞高度，以减小散射面积，有利于减小铅门防护压力。

(5) 防护门的生产、安装由有生产资质的厂家承担，防护门宽于门洞的部分拟大于“门-墙”间隙的十倍。

(6) 水冷系统：由于电子直线加速器在运行过程会产生大量的热量，为保证设备正常运转，采用自备水箱和水管闭路循环的蒸馏水冷却系统，其中冷却水应循环使用，不对周围环境造成影响。

#### (7) 安全联锁

直线加速器机房入口处设置有防护门和迷路，防护门与加速器联锁。直线加速器机房设置有多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。

a) 门-机联锁：为防止有人在加速器工作状态下误入加速器机房，防护门和直线加速器出束照射系统联锁，只有当防护门关闭，出束照射系统才能启动；反之，如果照射过程中防护门打开，系统将自动断电停止出束。

b) 系统联锁：当出现控制台计算机故障、加速管真空故障等故障情况时，加速器会自动出现系统联锁，不能发出射线。

c) 急停开关：除以上安全联锁控制外，在加速器机房内控制台（1个）、迷

**续表 10 辐射防护与安全措施**

道出入口（1个）及防护门内侧（1个）、治疗室内壁（3个）、治疗床旁（2个）分别设置急停开关，且开关上方设有醒目标识和文字显示，离地高度约 1.2m 并能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。急停开关按钮一经按下，系统将无条件关闭加速器束流，停止出束。

d) 钥匙开关：在控制台上安装有电源钥匙开关，专用钥匙由专人保管，只有钥匙在“开”的位置，才能接通电源，并同时具备以下条件时，设备才能开机出束：a、电源钥匙置于“开”的位置；b、防护门处于关闭状态；c、计时器复零；d、选择各种辐照参数；e、剂量显示器复零，并预置了剂量；f、两道独立的剂量监测系统设置值有一定的差值。

（8）放疗中心的入口处、机房防护上均设有电离辐射警告标志；直线加速器机房防护门上方设有工作状态指示灯；距离防护门 1m 处的地面设有警示黄线，警示人们此地属危险区域，不应在此逗留。

a) 视频监控、对讲交流系统：在直线加速器机房（包括治疗室和迷道内）与控制室之间设置视频监控（能进行全景监控）和双向对讲交流装置，以监控机房入口处、机房内、迷道情况以及治疗过程中患者状态，并能使操作者和患者进行双向交流。

b) 在加速器机房内设置固定式辐射剂量监测报警仪，实时监测治疗室内的辐射剂量，其探头设置在迷道的内入口处，显示单元设置在控制室内。如超过设定的报警阈值，则进行声光报警，便于工作人员及时发现异常情况，并立即采取措施。

c) 室内防护门开启按钮：直线加速器机房防护门内设置防护门开启按钮，且防护门具有防夹装置（设置高度约 500mm）。

（9）停电应急照明装置和烟雾报警、灭火装置：在迷路内入口处设置停电应急照明装置和烟雾报警装置，在放疗中心设置灭火装置。

续表 10 辐射防护与安全措施

表 10-4 直线加速器机房辐射安全防护装置设计情况及评价			
设计情况		法规/标准要求	评价
屏蔽要求	后续屏蔽核算采用设计额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件参数进行计算，同时充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射	HJ1198-2021 6.1.1 放射治疗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。	符合
屏蔽材料	详见表 10-2，直线加速器机房各屏蔽体均采用混凝土作为屏蔽主材料，防护门采用铅板和含硼聚乙烯制作	GBZ121-2020 6.3.3 屏蔽材料的选择应考虑其性能结构、防护性能和经济因素，符合最优化原则，新建机房一般选用普通混凝土。	符合
检测报警装置	机房内安装固定式辐射剂量检测仪，并具备报警功能，其探测器位置设置在机房迷道的内入口处，显示单元设置在控制室内	HJ1198-2021 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检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。	符合
联锁装置	门机联锁	拟设置	HJ1198-2021 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联锁措施： a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，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。 6.2.1 b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； GBZ121-2020 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。
	设置效果	防护门打开时，加速器不能正常出束。治疗过程中时防护门被打开，联锁装置立即切断加速器的出束开关，停止出束。	
	防护门启动开关	①电动开关（拟设置位置：操作间、防护门内墙上） ②手动开关（拟设置位置：在机房入口处）	
	室内开启防护门的装置	拟在直线加速器机房防护门内墙上设置室内开启防护门的装置	
防护门防挤压功能	防护门上拟设红外线防夹装置（拟设置高度约 500mm）；当人员出入靠近防护门时，防夹装置将自动切断防护门电源		符合

续表 10 辐射防护与安全措施

标志	电离辐射警示标志	在放射治疗工作场所的入口处、治疗室外防护门上拟设置规范的电离辐射警告标志		HJ1198-2021 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，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明； b) 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。	符合	
	工作状态指示灯	设置位置	在直线加速器机房防护门上方			
急停开关		设置位置	拟在加速器机房内控制台、迷道出入口及防护门内侧、治疗室内壁、治疗床旁分别设置急停开关 1 个、1 个、1 个、3 个、2 个（拟设置高度 1200mm）		HJ1198-2021 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、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；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	符合
	设置效果	能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；在出束状态下，按下紧急按钮，设备立即停止出束				
视频监控、对讲交流系统	视频监控系统	设置位置	在机房内、迷道、机房入口拟设置至少 2 套视频监控系统		HJ1198-2021 6.2.1 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。	符合
		设置效果	对机房入口处、迷道和治疗室全景及治疗患者的状况进行实时监控			
	对讲装置	拟设置双向对讲装置，以便操作者和患者之间进行双向交流				
钥匙开关	拟在控制台上设钥匙开关，钥匙就位后才能开启电源，只有钥匙在“开”的位置才能接通电源，启动加速器		——	符合安全系统冗余性		
黄色警示线	拟设置在距离防护门 1m 处的地面		——			

2) 直线加速器机房的安全操作及管理措施

(1) 医院拟配置辐射剂量监测仪器和便携式个人剂量报警仪，进行环境辐射常规监测及个人防护。

(2) 医院配置有合格的放射治疗医生、医学物理人员及操作人员。医学物理人员和操作人员应经过加速器专业技能知识、放射防护知识和有关法

**续表 10 辐射防护与安全措施**

律知识培训，并经过考核合格后方可上岗。

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

(4) 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。

(5) 加速器的控制设备有专人操作，使用的钥匙有专人保管。技术员离开控制室进入机房时，拔出钥匙，随身携带，防止他人误操作。

(6) 治疗期间，除接受治疗的患者外，治疗室内不得有其他人员。

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

(8) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

#### **10.1.4.2 DSA 手术室的辐射安全防护措施**

##### **1) DSA 手术室拟采取的辐射安全控制措施**

(1) 机房与控制室之间的隔墙拟设有观察窗，其设置的位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况；

(2) 机房内不堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

(3) 机房拟设置有层流通风装置和吸顶式排风扇，并保持良好的通风。

(4) 机房大门、污物走廊防护门、导管室防护门外拟设置有电离辐射警告标志；机房大门上方拟设置有醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区拟设置有放射防护注意事项告知栏。

(5) 平开机房门拟设置有自动闭门装置；推拉式机房门拟设有电动闭门装置和防夹装置；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

(6) 不在机房内堆放杂物。

(7) 患者不在机房内候诊，非特殊情况陪检者不滞留机房内。

续表 10 辐射防护与安全措施

表 10-6 DSA 手术室辐射安全防护装置设计情况及评价				
项目		设计情况	标准要求 (GBZ 130-2020)	评价
观察窗		拟设置观察窗, 能观察到受检者状态及防护门开闭情况	第 6.4.1 条: 机房应设有观察窗或摄像监控装置, 其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况	符合
电离辐射警告标志	位置	洁净通道防护门上、污物通道防护门上、控制室防护门上	第 6.4.4 条第 1 款: 机房门外应有电离辐射警告标志	符合
	数量	各 1 个		
工作状态指示灯及灯箱处可视警示语句	警示标语	射线有害 灯亮勿入	第 6.4.4 条第 2 款: 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯, 灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示标语	符合
	位置	机房洁净通道防护门上方		
	数量	1 个		
放射防护注意事项告知栏	位置	机房入口处	第 6.4.4 条第 3 款: 候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	符合
	数量	1 个		
平开门闭门装置		洁净通道防护门为电动平开门, 拟设置自动闭门装置	第 6.4.5 条第 1 款: 平开门应有自动闭门装置	符合
门-灯关联	设置位置	工作状态指示灯、洁净通道防护门	第 6.4.5 条第 3 款: 工作状态指示灯能与机房门有效关联	符合
	设置效果	门-灯关联(洁净通道防护门开时, 灯灭; 洁净通道防护门关时, 灯亮)		
其他		不予在机房内堆放杂物	第 6.4.2 条: 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物	符合
		不在机房内候诊	第 6.4.7 条: 受检者不应在机房内候诊, 非特殊情况下, 检查过程中陪检者不应滞留在机房内	符合
		非特殊情况陪检者不滞留机房内		
<p><b>2) DSA 手术室的安全操作及管理措施</b></p> <p>(1) 医院配置设备到位调试合格后, 应委托有资质的单位对机房外的周围剂量当量率进行检测, 保证机房的屏蔽能力满足要求。</p> <p>(2) 所有放射工作人员均佩戴个人剂量计, 并定期进行测读, 建立个人剂量档案。</p> <p>(3) 医院按照相关法律法规和标准的要求制定辐射防护规章制度、设备操作规程、应急预案等, 并张贴上墙。</p>				

**续表 10 辐射防护与安全措施**

- (4) 放射科工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护的有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。
- (5) X 射线机曝光时，应保证门灯连锁有效。
- (6) 介入放射用 X 射线设备应具有可准确记录受检者照射剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后患者受照射剂量记录在病历中。
- (7) X 射线设备机房放射防护安全设施在项目竣工时应进行验收检测，在使用过程中，应按规定进行定期检测。
- (8) 项目采用射线装置进行诊断及手术辅助时，应制定最优化方案，在满足诊断前提下，选择合理可行的射线参数（高 kV，低 mA）、尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免患者受到额外剂量的照射。
- (9) 应用 X 射线检查应经过正当性判断。执业医师应掌握好适应症，优先选用非 X 射线的检查方法。
- (10) 配备辅助防护设施：DSA 设备拟配备铅悬挂防护屏或铅防护吊帘、床侧防护帘或床侧防护屏等辅助防护用品与设施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。
- (11) 放射工作人员均配置个人剂量计，同时医院拟配备 1 台 X、 $\gamma$  辐射剂量监测仪。

**10.1.4.3 防护用品和辐射监测设备清单**

本项目扩建完成后，本项目射线装置拟新增的防护用品和辐射监测设备清单情况如下：

**表 10-7 本项目射线装置拟新增的防护用品和辐射监测设备清单一览表**

机房名称	拟新增的防护用品和辐射监测设备名称		拟配备数量
直线加速器 机房	便携式个人剂量报警仪		2 台
	固定式辐射剂量监测报警仪		1 台
DSA 机房	工作人员	连体铅防护衣	4件/0.35mmPb
		铅橡胶围裙	4件/0.5mmPb
		铅橡胶颈套	4件/0.5mmPb
		铅橡胶帽子	4件/0.35mmPb

续表 10 辐射防护与安全措施

		铅防护眼镜	4副/0.5mmPb（根据视力个性化定制）
		介入防护手套	4副/0.025mmPb
		铅悬挂防护屏	1件/0.5mmPb
		床侧防护帘	1件/0.5mmPb
	受检者	铅橡胶性腺方巾	1件/0.5mmPb
		铅橡胶颈套	1件/0.5mmPb
其他	周围剂量当量率监测	辐射剂量监测仪	1台

## 10.2 放射性“三废”污染防治措施

### 1) 有害气体和放射性废气

本项目直线加速器运行过程中，空气受到电离辐射的照射会产生少量的臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>），通过机房内设置的机械排风系统，能将少量的臭氧和氮氧化物排出至机房外，且少量的臭氧和氮氧化物的排放经大气稀释和扩散后，对环境的影响较小。

考虑 X 射线能量高于 10MV 时，医用电子直线加速器的电子束与加速器靶材料和空气中的介质相互作用，诱发产生感生放射性核素。在加速器运行期间，由于加速器机房有足够的结构屏蔽，其部件产生的感生放射性不会危害在屏蔽体外的工作人员，但停机后工作人员进入治疗室内可能会受到感生放射性辐射。感生放射性核素主要有 <sup>13</sup>N、<sup>15</sup>O 等，其半衰期一般都很短，如 <sup>13</sup>N 的半衰期为 10min，<sup>15</sup>O 的半衰期为 2min。所以感生放射性的有效防护措施一般是等关机后等待一段时间之后（约 5~10min 后）再进入机房。同时机房内拟设的机械排风装置，可加强室内外空气流通，进一步减少机房内空气中感生放射性核素的含量。

本项目直线加速器机房采用机械送风、机械排风。依据“上进风，下排风”的原则，直线加速器机房的 2 个进风口拟分别设在迷路内入口和外入口的天花板处，1 个排风口拟设在西墙北端离地面高约 30cm 处。进风口和排风口的对角设置，能有效的对机房内空气进行换气。排风管道设计图详见图 10-5、送风管道设计图详见图 10-6。



续表 10 辐射防护与安全措施

直线加速器机房的排风机风量约为 2000m<sup>3</sup>/h，机房有效容积约 417m<sup>3</sup>，机房内每小时的换气次数约 4.8 次/h，通风换气次数不低于 4 次/h，能有效的排除机房内的有害气体，保证室内空气质量满足标准要求。

直线加速器机房的进风管道与水平方向呈 45° 夹角经防护门上方进入机房内；排风管与水平方向呈 45° 夹角穿越机房东侧墙体，汇入排风井。

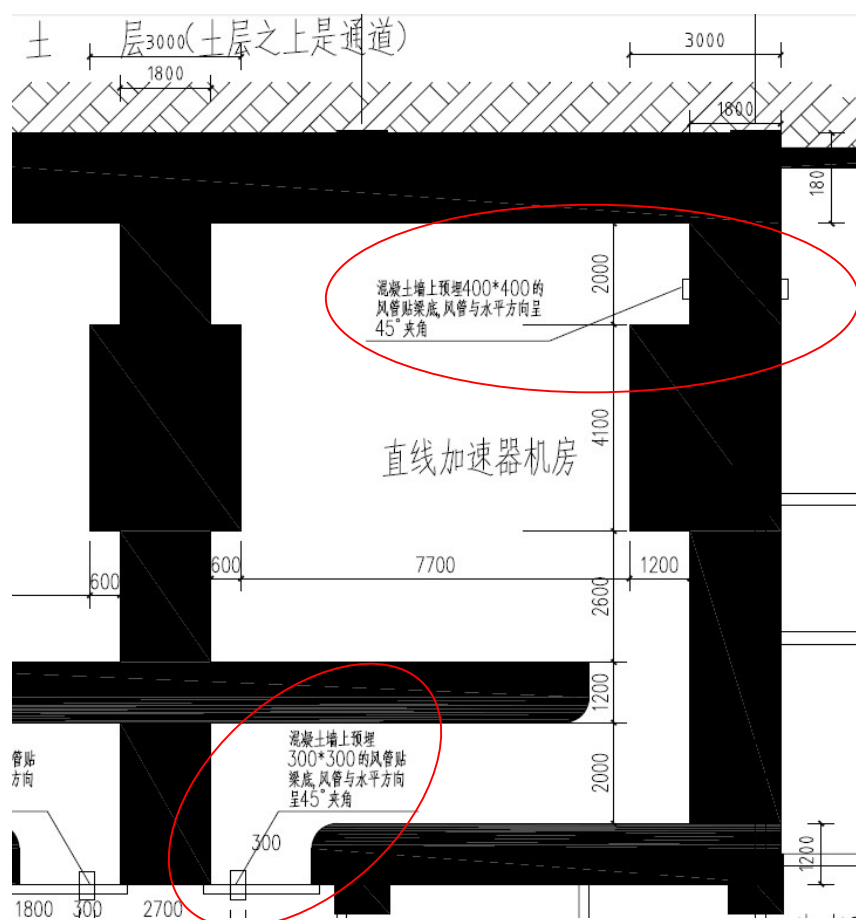


图 10-7 直线加速器机房风管穿墙设计图

### (2) 放射性废水

本项目医用电子直线加速器、DSA 运行过程中没有放射性废水产生。

### (3) 放射性固体废物

本项目医用电子直线加速器使用一定年限后，靶体需要更换，产生的废弃靶交有资质单位处置。DSA 运行过程中无放射性固体废物产生。

表 11 环境影响分析

### 11.1 施工期环境影响分析

根据前节工程分析介绍，本项目施工期主要是机房的装修和设备安装。污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物、调试期间 X 射线等。项目建设过程中，医院的医疗服务工作仍将正常进行。施工产生的污染特别是扬尘和噪声可能对医院自身环境以及周围的环境带来一定影响。

污染物产生情况：

(1) 本次核技术利用扩建项目施工期涉及大量混凝土浇筑，混凝土整体浇筑过程中应有充分的震捣，以防止出现裂缝和过大的气孔。

(2) 施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物、

(3) 调试期间产生的电离辐射（X 射线、电子线、中子、中子俘获  $\gamma$  射线、感生放射性）和有害气体（臭氧、氮氧化物）等。

预防治理措施：

①扬尘主要来自于房间的建设产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，应进行适当的加湿处理。

②废水防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水网管。

③噪声防治措施

主要来自于机房内混凝土浇注、装修及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

④固体废物防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处置。

⑤调试期间 X 射线、有害气体（臭氧及氮氧化物）及防治措施

X 射线通过机房足够的墙体屏蔽防护设施进行屏蔽，不会危害到屏蔽体外的人员；X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等有害气体通过机房内的动力排风装置排出，直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境影响可

续表 11 环境影响分析

忽略不计。

⑥电离辐射和有害气体防治措施

调试期间产生的电离辐射（X 射线、电子线、中子、中子俘获  $\gamma$  射线、感生放射性）与空气作用，产生少量的臭氧、氮氧化物，少量的有害气体与大气接触、不累积，自然逸散，对环境的影响可忽略不计；当 X 射线能量高于 10MV 时，可诱发产生感生放射性核素，感生放射性核素主要有  $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  等，其半衰期一般都很短，治疗室内拟设的机械排风装置，可加强室内外空气流通，进一步减少治疗室内空气中感生放射性核素的含量。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

## 11.2 运行期环境影响分析

### 11.2.1 直线加速器运行期环境影响分析

#### 11.2.1.1 计算公式

本次评价采用《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/T201.2-2011）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的公式进行计算，具体如下：

1) 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  导出公式详见本评价报告的 7.3 节第（2）部分。

2) 有效屏蔽厚度

$$X_e = X \cdot \sec \theta \quad (11-1)$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (11-2)$$

式中：X—屏蔽物质厚度；

$X_e$ —有效屏蔽厚度。

3) 屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系

续表 11 环境影响分析

$$B = 10^{-(X_e - TVL - TVL_1) / TVL} \quad (11-3)$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-4)$$

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。

#### 4) 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

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

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_o \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (11-6)$$

式中： $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_o$ —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，μSv·m<sup>2</sup>/h（以 Sv·m<sup>2</sup>/min 为单位的值乘以 6×10<sup>7</sup>）；本项目 15MV 直线加速器等中心的最高剂量率为 600cGy/min（无高剂量率和 FFF 模式）。

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。

#### 5) 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{\dot{H} \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)} \quad (11-7)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_c \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (11-8)$$

式中： $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_o$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m<sup>2</sup>/h；

续表 11 环境影响分析

$R_s$ —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

$\alpha_{ph}$ —患者 400cm<sup>2</sup> 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm<sup>2</sup> 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，cm<sup>2</sup>。

### 6) 加速器（>10MV）机房迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

对大于 10MV 加速器的机房，迷路散射辐射应考虑下列各项：

#### a) 总中子注量 $\Phi_m$

在迷道内的总中子注量：

$$\Phi_m = Q_N / 4\pi d_1^2 + 5.4Q_N / 2\pi S + 1.26Q_N / 2\pi S \quad (11-9)$$

式中：

$\Phi_m$ —等中心处 1Gy 治疗照射时迷道内的总中子注量，（中子数/m<sup>2</sup>）/Gy；

$Q_N$ —在等中心处每 1Gy 治疗照射时射出加速器机头的总中子数，中子数/Gy；

$d_1$ —等中心到迷道内入口的距离，m；

S—治疗机房的总内表面积，m<sup>2</sup>。

#### b) 机房入口的中子俘获 $\gamma$ 射线的剂量率 $\dot{H}_r$

机房内及迷路中的中子在与屏蔽物质作用时产生中子俘获 $\gamma$ 射线，机房入口门外 30cm 处无防护门时的中子俘获 $\gamma$ 射线的剂量率  $\dot{H}_r$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$\dot{H}_\gamma = 6.9 \times 10^{-16} \times \Phi_B \times 10^{-d_2/TVD} \times \dot{H}_0 \quad (11-10)$$

式中：

$6.9 \times 10^{-16}$ —经验因子，Sv/（中子数/m<sup>2</sup>）；

$\phi_B$ —等中心处 1Gy 治疗照射时的总中子注量，（中子数/m<sup>2</sup>）/Gy；

$d_2$ —B 点至机房入口的距离，m；

TVD—什值距离，对于 15MV 加速器为 3.9m；

$\dot{H}_0$ —等中心点处治疗 X 射线剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

续表 11 环境影响分析

**c) 机房入口的中子剂量率  $\dot{H}_n$**

机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外 30cm 处（无防护门时）的剂量率  $\dot{H}_n$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 由下式计算：

$$\dot{H}_n = 2.4 \times 10^{-15} \times \Phi_B \times \sqrt{S_0/S_1} \times (1.64 \times 10^{-d_2^{1.9}} + 10^{-d_2^{/T_n}}) \times \dot{H}_0 \quad (11-11)$$

式中： $2.4 \times 10^{-15}$ ——经验因子， $\text{Sv}/(\text{中子数}/\text{m}^2)$ ；

$S_0$ ——迷路内口的面积， $\text{m}^2$ ；

$S_1$ ——迷路横截面积， $\text{m}^2$ ；

$d_2$ ——B 点到迷路入口 g 的距离，m；

$T_n$ ——什值距离。 $T_n$ 为一个经验值，与迷路横截面积有关，可按以下计算：

$$T_n = 2.06 \sqrt{S_1} \quad (11-12)$$

**d) 无屏蔽体时防护门外 G 点的 X 射线剂量率**

G 点的 X 射线主要包括以下 4 个部分：

- 1) 有用线束穿过患者身体照射到主屏蔽墙后产生的散射辐射；
- 2) 有用线束照射到患者体表后散射到屏蔽墙体后产生的散射辐射；
- 3) 机头的泄漏辐射照射到屏蔽墙体后产生的散射辐射；
- 4) 机头的泄漏辐射穿透迷路内墙产生的泄漏辐射。

$$H_d = 2.64 (H_{PS} + f \times H_S + H_{LS} + H_{LH}) \quad (11-13)$$

式中： $H_d$ ——迷道外入口处泄漏和散射辐射剂量率；

$H_{PS}$ ——迷道外入口处病人散射辐射剂量率；

$f$ ——病人透射因子；

$H_S$ ——迷道外入口处墙体散射辐射剂量率；

$H_{LS}$ ——迷道外入口处机头泄漏线的墙体散射辐射剂量率；

$H_{LH}$ ——迷道外入口处机头泄漏散射辐射剂量率；

$$\textcircled{1} H_{PS} = H_0 \times \alpha \times (F/400) \times (\alpha_1 \times A_1) \times (\alpha_2 \times A_2) \div (d_{sca} \times d_1 \times d_2 \times d_3)^2 \quad (11-14)$$

式中： $\alpha$ ——患者受照面积  $400\text{cm}^2$  的散射因子；

$\alpha_1$ ——迷道内入口墙体散射系数；

续表 11 环境影响分析

$\alpha_2$ —迷道墙体二次散射系数；

$A_1$ —迷道内入口散射面积；

$A_2$ —迷道二次散射面积；

$d_{sca}$ —靶中心至体表散射点距离；

$d_1$ —体表散射点至迷道内入口距离；

$d_2$ —迷道内入口至迷道二次散射点距离；

$d_3$ —迷道二次散射点至迷道外入口距离；

$$\textcircled{2} H_5 = H_0 \times \alpha_0 \times A_0 \times \alpha_4 \times A_4 \times \alpha_5 \times A_5 \div (d_4 \times d_5 \times d_6 \times d_7)^2 \quad (11-15)$$

式中： $\alpha_0$ —主防护墙散射系数；

$A_0$ —主防护墙散射面积；

$\alpha_4$ —迷道内入口二次散射点散射系数；

$A_4$ —迷道内入口二次散射面积；

$\alpha_5$ —迷道三次散射点散射系数；

$A_5$ —迷道三次散射面积；

$d_4$ —靶中心到主防护墙最近距离；

$d_5$ —主防护墙至迷道内入口二次散射点距离；

$d_6$ —迷道内入口二次散射点至三次散射点距离；

$d_7$ —迷道三次散射点至迷道外入口距离；

$$\textcircled{3} H_{LS} = \eta \times H_0 \times \alpha_6 \times A_6 \times \alpha_7 \times A_7 \div (d_8 \times d_9 \times d_{10})^2 \quad (11-16)$$

式中： $\alpha_6$ —迷道内入口墙体漏射线散射系数；

$\alpha_7$ —迷道二次散射点散射系数；

$A_6$ —迷道内入口散射面积；

$A_7$ —迷道二次散射面积；

$d_8$ —靶中心至迷道内入口距离；

$d_9$ —迷道内入口至二次散射点距离；

$d_{10}$ —二次散射点至迷道外入口距离；

$$\textcircled{4} H_{LH} = \eta \times H_0 \times B \div d_{11}^2 \quad (11-17)$$

式中： $B$ —迷道的泄漏辐射屏蔽透射因子；

续表 11 环境影响分析

$d_{II}$ —靶中心至迷道外入口距离。

e) 入口门屏蔽

依据上述剂量估算结果，该项目 X、 $\gamma$ 射线周围剂量当量率和中子周围剂量当量率参考控制水平  $H_{\text{控制}}$  取参考控制水平的一半。

对于长度大于 5m 的迷路，铅 TVL 取 6mm；热中子在含硼聚乙烯（5%硼）

中的 TVL 保守取 45mm，根据公式  $X = \text{TVL} \times \lg \frac{H_{\text{未屏蔽}}}{H_{\text{控制}}}$  (11-18)，可得加速器机

房防护门铅板和含硼聚乙烯的防护厚度。

7) 宽束辐射的有用束对应的机房屏蔽为主屏蔽区

$$Y_p = 2 \times [(a + \text{SAD}) \times \tan \theta + 0.3] \quad (11-19)$$

$Y_p$ —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD=源轴距，m。本项目取 1m；

$\theta$ -治疗束的最大张角（相对束中的轴线），本项目预设取值 14°；

a-等中心点至“墙”的距离，m。

续表 11 环境影响分析

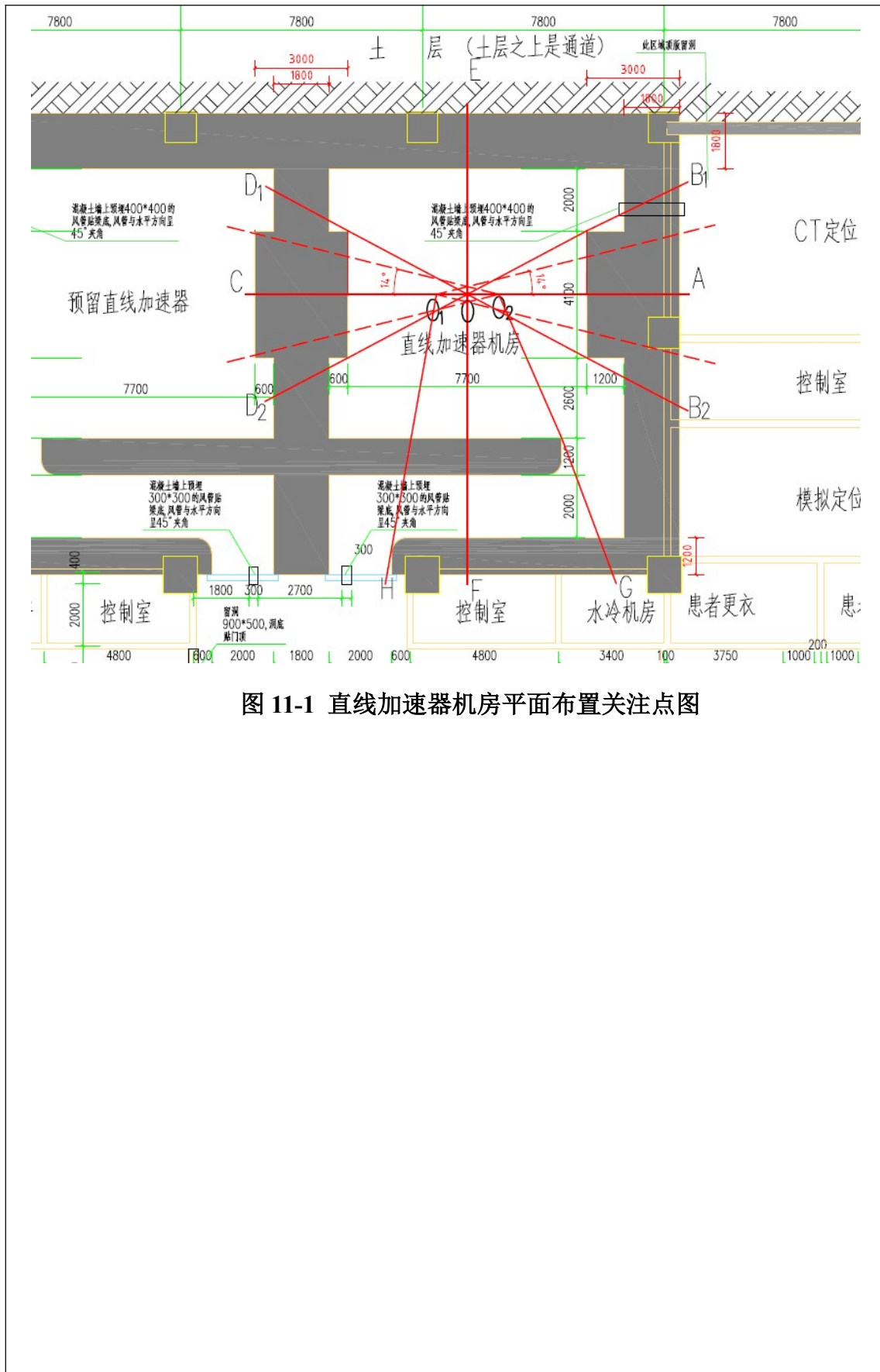


图 11-1 直线加速器机房平面布置关注点图

续表 11 环境影响分析

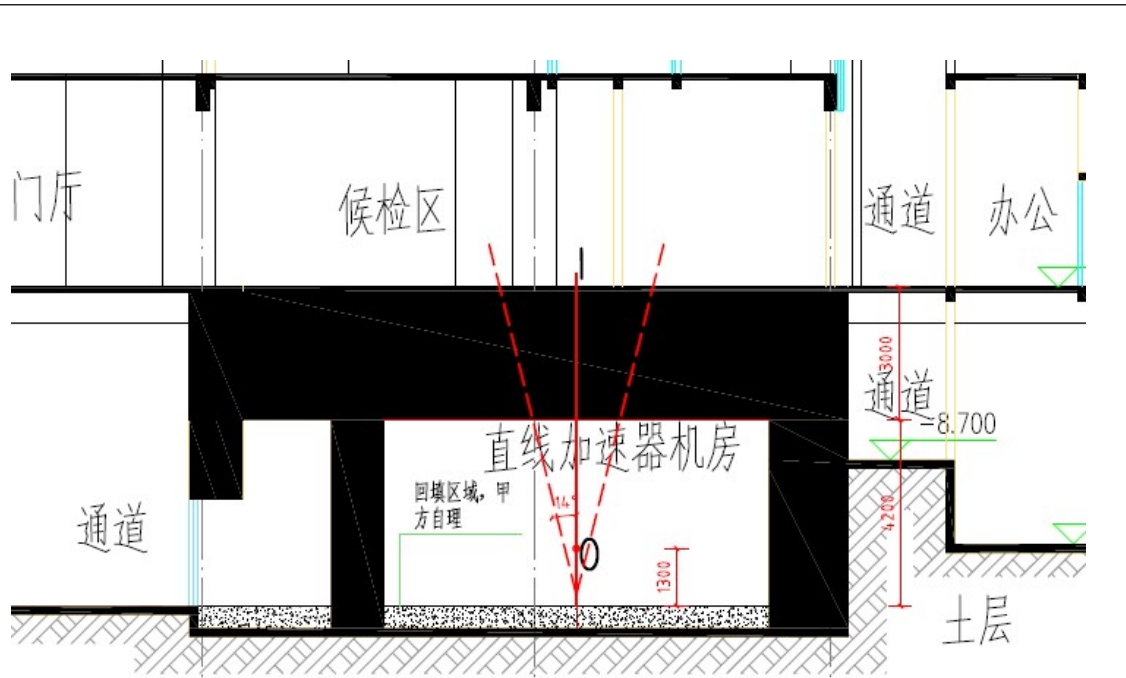


图 11-5 直线加速器机房剖面布置关注点图

### 11.2.1.2 计算参数取值

本次计算过程中，所用到的主要参数具体取值如下表 11-1 所示。

表 11-1 计算过程中主要参数具体取值表

参数	单位	取值	备注	
<b>本项目医用电子直线加速器设备参数：15MV，600cGy/min</b>				
<b>关注点的周围剂量当量率参考控制水平</b>				
周剂量参考控制水平 $\dot{H}_e$	$\mu\text{Sv}/\text{周}$	放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$	GBZ 121-2020、 HJ 1198-2021	
		放射治疗机房外非控制区的工作人员： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$		
周工作负荷 t	h/周	33h/周	根据提供的工作量计算，并考虑调强因子	
使用因子 U	/	1/4	有用线束	
		1	散射线、漏射线	
居留因子 T	/	详见表 11-2	HJ 1198-2021	
<b>什值层</b>				
主射	TVL <sub>1</sub>	cm	44	GBZ/T201.2—

续表 11 环境影响分析

线	TVL	cm	41	2011 附录 B 表 B.1 查出。
90° 泄漏 辐射	TVL <sub>1</sub>	cm	36	
	TVL	cm	33	
散射 辐射	TVL	cm	30°散射角: 31	GBZ/T201.2— 2011 附录 B 表 B.4 查出
<b>等中心剂量率最大值</b>				
$\dot{H}_0$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$		$3.6\times 10^8$	最高剂量率
<b>设备相关参数</b>				
SAD	m		1	设备实际参数
F	$\text{cm}^2$		40*40	设备实际参数
<b>散射因子</b>				
$\alpha_{ph}$	/		0.00318	GBZ/T201.2— 2011 第 2 部分附 录 B 表 B.2 查出
<b>病人透射因子</b>				
f	/		0.33	数据参考 IAEA No.47 TABLE 8
<b>散射系数</b>				
$\alpha_{1-7}$	/		15MV, 0°入射辐射, 45°散射角: $3.3\times 10^{-3}$ 0.5MeV, 45°入射辐射, 45°散射角: $22\times 10^{-3}$ 0.2MeV, 45°入射辐射, 45°散射角: $31\times 10^{-3}$ 0.5MeV, 45°入射辐射, 0°散射角: $22\times 10^{-3}$ 0.2MeV, 45°入射辐射, 0°散射角: $36\times 10^{-3}$	GBZ/T201.2— 2011 附录 B 表 B.5、B.6 查出
注: X 射线经过屏蔽墙体入射的患者散射辐射, 通常取 0.5MeV; 在防护门处的散射辐射能量约为 0.2MeV (GBZ/T201.2—2011 5.2.6.1)				

表 11-2 居留因子的选取 (HJ 1198-2021)

场所	居留因子 (T)		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、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: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室门 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

## 续表 11 环境影响分析

### 11.2.1.3 剂量率和屏蔽墙厚的确定原则

对于主屏蔽墙，屏蔽防护计算只考虑主射线照射情况下的防护；对于次屏蔽墙，则需考虑漏射线和患者一次散射情况下的防护。对于考虑漏射和散射的复合屏蔽区，以瞬时剂量率控制水平的一半，作为导出剂量率参考控制水平进行估算，并分别计算屏蔽患者散射辐射和泄漏辐射所需要的屏蔽厚度，取屏蔽厚度较厚者作为关注点的屏蔽计算厚度。

### 11.2.1.4 核算结果

本项目直线加速器机房的地下为夯实土层，人员无法到达，因此本次评价不进行地面部分的屏蔽效果核算。

根据计算公式与选定的计算参数，本项目直线加速器机房各关注点的剂量率参考控制水平见表 11-3，各屏蔽体的屏蔽防护核算结果见表 11-4，主屏蔽区宽度的核算结果见表 11-5。

续表 11 环境影响分析

射线类型	关注点位	场所名称	周剂量参控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	周工作负荷 $t$ (h/周, 考虑调强因子 $N=5$ )	使用因子 $U$	居留因子 $T$	导出剂量率 $\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_{c, \max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
有用线束	A	CT 定位机房	5	33	1/4	1/2	1.21	10	1.21
散、漏射线	B <sub>1</sub>	CT 定位机房	5	33	1	1/2	0.30	10	0.30
散、漏射线	B <sub>2</sub>	CT 定位机房、模拟定位机房的共用控制室	100	33	1	1	3.03	2.5	2.50
有用线束	C	预留直线加速器机房	5	33	1/4	1/2	1.21	10	1.21
散、漏射线	D <sub>1</sub>	预留直线加速器机房	5	33	1	1/2	0.30	10	0.30
散、漏射线	D <sub>2</sub>	预留直线加速器机房	5	33	1	1/2	0.30	10	0.30
漏射线	E	夹层通道	5	33	1	1/5	0.76	10	0.76
漏射线	F	控制室	100	33	1	1	3.03	2.5	2.50
漏射线	G	水冷机房	5	33	1	1/20	3.03	10	3.03
漏射线	H	防护门外	5	33	1	1/8	1.21	10	1.21
有用线束	I	B 超室、心电图室、候检区	5	33	1/4	1/2	1.21	10	1.21

注：因本项目直线加速器机房顶棚区域一次性整体浇筑，即副屏蔽墙厚度同主屏蔽墙厚度，故顶棚的射线类型主要考虑有用线束。

续表 11 环境影响分析

表 11-4 直线加速器机房各屏蔽体的屏蔽防护厚度核实结果										
屏蔽墙体	射线类型	关注点	场所名称	关注点的剂量率参考控制水平( $\mu\text{Sv/h}$ )	距离 R (m)	计算厚度 (mm)	综合厚度 (mm)	设计混凝土厚度 (mm)	设计厚度下墙体外的瞬时剂量( $\mu\text{Sv/h}$ )	设计条件下是否满足辐射屏蔽要求
东侧主屏蔽墙	有用线束	A <sub>1</sub>	CT 定位机房	1.21	8.2	2755	2755	3000	0.31	是
东侧次屏蔽墙	散射线	B <sub>1</sub>	CT 定位机房	0.15	8.3	1622	1622	1800	0.01	是
	漏射线			0.15	8.0	1446				
东侧次屏蔽墙	散射线	B <sub>2</sub>	CT 定位机房、模拟定位机房的共用控制室	1.25	8.3	1269	1269	1800	0.01	是
	漏射线			1.25	8.0	1070				
西侧主屏蔽墙	有用线束	C	预留直线加速器机房	1.21	8.2	2755	2755	3000	0.31	是
西侧次屏蔽墙	散射线	D <sub>1</sub>	预留直线加速器机房	0.15	8.3	1622	1622	1800	0.02	是
	漏射线			0.15	7.4	1541				
西侧次屏蔽墙	散射线	D <sub>2</sub>	预留直线加速器机房	0.15	8.3	1622	1622	1800	0.02	是
	漏射线			0.15	7.4	1541				
侧屏蔽墙	漏射线	E	夹层通道	0.76	6.2	1380	1380	1800	0.04	是

续表 11 环境影响分析

侧屏蔽墙	漏射线	F	控制室	2.50	9.3	1093	1093	2400	<0.01	是
迷路外墙	漏射线	G	水冷机房	3.03	10.0	1045	1045	1200	1.03	是
迷路内墙	漏射线	H	防护门外	0.30	9.7	1198	1200	1200	0.30	是
顶棚主屏蔽墙	有用线束	I	B超室、心电图室、候检区	1.21	7.2	2801	2801	3000	0.40	是
防护门	散、漏射线	G <sub>1</sub>	防护门外	1.21 (计算时 X、γ 射线取 0.61; 中子取 0.61)	9.7	16mmPb 铅+130mm 含硼聚乙烯		18mmPb 铅+150mm 含硼聚乙烯	0.30	是

注：①对于考虑漏射和散射的复合屏蔽区，以散射、漏射均为瞬时剂量率控制水平的一半，作为导出剂量率参考控制水平进行估算；②迷路内墙处以瞬时剂量率控制水平的 1/4，作为导出剂量率参考控制水平进行估算；③直线加速器机房顶棚的副屏蔽墙与主屏蔽墙同等防护厚度；④防护门外关注点的剂量率参考控制水平含中子、中子俘获γ射线以及 X 射线的总周围剂量当量率，计算所需铅板和含硼聚乙烯厚度时分别以参考控制水平的一半计算。

续表 11 环境影响分析

机房	主屏蔽体	类型	取值	计算所需宽度(mm)	综合所需宽度(mm)	设计宽度(mm)	是否满足要求
直线加速器机房	东墙	内凸	a=5.05m	3617	3617	4100	是
	西墙	内凸	a=4.45m	3318	3318	4100	是

注：顶棚的副屏蔽墙与主屏蔽墙同等防护厚度，无内凸或外凸结构。

注：上表格中计算取值：SAD=1m； $\theta=14^\circ$ 。

综上所述，本项目直线加速器机房现有的墙体设计厚度、防护门厚度及主屏蔽区宽度均能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求。

#### 11.2.1.5 感生放射性、臭氧及氮氧化物、电子线辐射环境影响分析

##### ①感生放射性分析

本项目直线加速器机房内拟安装 X 射线最大能量为 15MV 的医用电子直线加速器。

机房内当使用 $\geq 10\text{MV}$ 的能量进行放射治疗时，X 射线与物质作用可能发生光核反应，产生中子，中子会使相关物质活化，产生感生放射性。由于加速器机房有足够的结构墙体屏蔽，感生放射性不会危害到屏蔽体外的人员，主要是对停机后，进入机房摆位的工作人员造成一定的影响。

本项目产生的感生放射性主要来源于以下 2 个方面：

##### (1) 加速器治疗头处感生放射性

加速器治疗头处的感生放射性主要来源于治疗头的结构及屏蔽物质在受到高能射线照射后产生的放射性核素。感生放射性水平与加速器的能量、粒子类型、机头处的结构材料、照射时间、冷却时间等因素密切相关。参考文献：王庆敏.15MV 医用电子直线加速器感生放射性影响分析[J].四川环境,2010,29(5):130-132.中“使用 X 射线能量 15MV，照射野 40cm×40cm，曝光时间 1.83 分钟，停机 3 分钟后机房内摆位位置处感生放射性约为 0.714 $\mu\text{Gy/h}$ ”。

依据上述数据，按本项目每天治疗 80 人次保守估计，年治疗人数 20000 人次，摆位时间 3min，假若有 1/4 的时间是采用高于 10MV 的 X 射线进行照射，

续表 11 环境影响分析

则摆位人员位置处因治疗头处感生放射性而受到的年剂量约为 0.18mSv。

(2) 治疗室空气中的感生放射性

空气中某些核素受到韧致辐射照射后诱发产生感生放射性核素, 如  $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{11}\text{C}$  和  $^{41}\text{Ar}$  等, 这些核素的半衰期分别为 10min、2.1min、20.5min、1.8h, 半衰期都较短, 排至室外后很快便可衰变到忽略的水平。

对于气态感生放射性核素  $^{15}\text{O}$ 、 $^{13}\text{N}$  的产生率及对摆位工作人员造成的剂量, 本次环评报告参考《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》表 3.6。

表 11-6 钨靶 X 射线在空气中感生的放射性气体  $^{15}\text{O}$ 、 $^{13}\text{N}$  产生率

电子束能量 (MeV)	$^{13}\text{N}$ 生成速率 ( $\mu\text{Ci/s}\cdot\text{mA}\cdot\text{MeV}$ )	$^{15}\text{O}$ 生成速率 ( $\mu\text{Ci/s}\cdot\text{mA}\cdot\text{MeV}$ )
12	81	-
14	460	-
16	920	-
18	1280	450
20	2440	1850
22	4100	5160

本项目医用电子直线加速器产生的 X 射线是韧致辐射, 其能谱是连续的。一般情况下, 最大能量的份额会低于 5%, 保守估算, 该值采用 10%。加速器电子束流为 0.1mA, 根据表 11-6 的数据, 加速器运行 1.5 分钟时,  $^{13}\text{N}$  和  $^{15}\text{O}$  的产生量为:

$$^{13}\text{N}=4100(\mu\text{Ci/s}\cdot\text{mA}\cdot\text{MeV})\times 90\text{s}\times 0.1\text{mA}\times 22\text{MeV}\times 10\%\times 78\%\times 3.7\times 10^4 \text{ (氮在空气中的百分比)}=2.34\times 10^9\text{Bq}$$

$$^{15}\text{O}=5160(\mu\text{Ci/s}\cdot\text{mA}\cdot\text{MeV})\times 90\text{s}\times 0.1\text{mA}\times 22\text{MeV}\times 10\%\times 21\%\times 3.7\times 10^4 \text{ (氧在空气中的百分比)}=7.9\times 10^8\text{Bq}$$

加速器机房内安装的排风系统排风量达到 2000m<sup>3</sup>/h, 通风 5 分钟时通风量为 167m<sup>3</sup>。经过 5 分钟的衰减后,  $^{13}\text{N}$  为  $1.65\times 10^9\text{Bq}$ ,  $^{15}\text{O}$  为  $1.5\times 10^8\text{Bq}$ , 此时机房内  $^{13}\text{N}$  浓度为  $9.88\times 10^6\text{Bq/m}^3$ ,  $^{15}\text{O}$  浓度为  $8.98\times 10^5\text{Bq/m}^3$ 。则工作人员因摆位停留 3 分钟受到的照射剂量为 (不考虑这 3 分钟内  $^{13}\text{N}$  和  $^{15}\text{O}$  的衰变):

$$^{13}\text{N}=9.88\times 10^6\text{Bq/m}^3\times 4.3\times 10^{-17}\text{Sv/ (Bq}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}) \text{ (照射剂量转换因子)}\times 180\text{s}=7.64\times 10^{-5}\text{mSv/次};$$

续表 11 环境影响分析

$^{15}\text{O}=1.5\times 10^5\text{Bq}/\text{m}^3\times 4.3\times 10^{-15}\text{Sv}/(\text{Bq}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3})$  (照射剂量转换因子) $\times 180\text{s}=1.16\times 10^{-4}\text{mSv}/\text{次}$ ;

按本项目每天治疗 80 人次保守估计, 年治疗人数 20000 人次, 摆位时间 3min, 假若有 1/4 的时间是采用高于 10MV 的 X 射线进行照射, 则摆位人员受到的年剂量:

$^{13}\text{N}=7.64\times 10^{-5}\text{mSv}/\text{次}\times 6667\text{次}/\text{年}=0.51\text{mSv}/\text{年}$ ;

$^{15}\text{O}=1.16\times 10^{-4}\text{mSv}/\text{次}\times 6667\text{次}/\text{年}=0.77\text{mSv}/\text{年}$ ;

由于感生放射性气体  $^{11}\text{C}$  和  $^{41}\text{Ar}$  的含量很低, 不进行浓度估算。

综上所述, 加速器治疗头处感生放射性和气态感生放射性对摆位工作人员造成的影响, 分别为 0.18mSv/年、1.28mSv/年, 总年剂量约为 1.46mSv, 且上述计算均为保守估算, 实际接受的剂量更低。

由此可见, 感生放射性对工作人员还是有一定的影响, 实际运行过程中, 应在不影响治疗效果的情况下尽量使用低能射线; 在停机状态后 5~10min 再进入机房内; 同时加强机房内的通风, 以减少空气中感生放射性核素的含量。

## ②臭氧和氮氧化物

加速器在开机过程中因射线强辐射作用, 在空气中会产生极少量臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 和微量氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 等有害气体。

臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 的产额参考《中华辐射医学防护》第 14 卷第 2 期: “辐射所致臭氧的估算与分析” (王时进、娄云), 采用下列公示:

(1) 有用射线束所致  $\text{O}_3$  产额

$$P_1=2.43\times D_0\times (1-\cos\theta)\times R\times G \quad (11-14)$$

式中:

$D_0$ --辐射有用束在距靶 1m 处的输出量,  $\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ (本次计算取  $6\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ );

$R$ --靶距室壁的距离, 本项目为 3.85m;

$G$ --空气吸收 100eV 辐射能量产生的  $\text{O}_3$  分子数, 根据文献该值取 6;

$\theta$ --有用束的半张角,  $\theta=14$ 。

则根据计算可知, 本项目加速器机房有用射线束所致  $\text{O}_3$  产额  $P_1$  为 **10mg/h**。

(2) 泄漏辐射所致的  $\text{O}_3$  产额

续表 11 环境影响分析

将泄漏辐射看成  $4\pi$  方向均匀分布的辐射源（包含有用束区限定的空间区），并考虑机房墙体的散射线使室内的臭氧产额增加 10%，臭氧的产额  $P_2$  (mg/h) 为：

$$P_2 = 3.32 \times 10^{-3} \times D_0 \times G \times V^{1/3} \quad (11-15)$$

$D_0$ --辐射有用束在距靶 1m 处的输出量,  $Gy \cdot m^2/min$ (本次计算取  $6Gy \cdot m^2/min$ );

$G$ --空气吸收 100eV 辐射能量产生的  $O_3$  分子数, 根据文献该值取 6;

$V$ --加速器机房容积 (含迷道), 本次计算取  $417m^3$ 。

则根据计算可知, 本项目加速器机房漏射射线束所致  $O_3$  产额  $P_2$  为 **0.89mg/h**。

加速器机房内产生的臭氧一部分由通风系统排至室外, 另一部分自然分解。

加速器机房内空气中臭氧的平均浓度可由以下公式计算：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \times (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (11-16)$$

式中：

$Q_{(t)}$  --室内 t 时刻臭氧的平均浓度,  $mg/m^3$

$Q_0$  --臭氧的辐射化学产额,  $mg/h$ ,  $Q_0 = P_1 + P_2$

$V$ --加速器机房容积 (含迷道), 本项目为  $417m^3$

$t$ --照射时间,  $h$ , 取  $0.08h$ 。

$T$ --有效清除时间,  $h$ 。

$$T = \frac{t_v \square t_d}{t_v + t_d} \quad (11-17)$$

$t_v$ --换气一次所需要的时间,  $h$ , 本项目加速器机房换气次数按 4.8 次/h, 换气一次所需要的时间为  $0.21h$ 。

$t_d$ --臭氧的有效分解时间,  $h$ , 取  $0.83h$ 。

如果照射时间很长 (即  $t \gg T$ ), 则：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \quad (11-18)$$

由以上公式计算得到正常排风时直线加速器机房内臭氧浓度为  $0.002mg/m^3$ ,

## 续表 11 环境影响分析

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）表 1 中工作场所空气中臭氧容许浓度为  $0.30\text{mg}/\text{m}^3$  的要求。

直线加速器机房内设置了机械排风系统，臭氧和微量氮氧化物通过排风系统，经过大气的稀释和扩散作用，浓度会进一步的降低，对周围大气环境影响十分轻微。

### ③电子线

本项目直线加速器产生的电子线最高能量为  $22\text{MeV}$ ，电子线的穿透能力较 X、 $\gamma$ 射线小得多，故直线加速器机房外的人员所受的辐射影响主要考虑 X、 $\gamma$ 射线，不考虑电子线。

#### 11.2.1.7 机房内通风

直线加速器运行时会产生少量的臭氧和氮氧化物。因此机房需要良好的通风，以降低臭氧浓度。

根据建设单位提供资料，本项目直线加速器机房拟采用“上进风，下排风”的通风系统，拟在机房天花设置进风口，并在进风口的对角位置离墙高约  $30\text{cm}$  处设置 1 个排风口，排风机的风量不小于  $2000\text{m}^3/\text{h}$ 。

直线加速器机房的几何尺寸、有效容积以及通风换气次数详见表 11-7。

表 11-7 直线加速器机房通风换气次数一览表

机房名称	有效容积(含迷路)	排风机风量	通风换气次数	标准要求	是否满足要求
直线加速器机房	$417\text{m}^3$	$2000\text{m}^3/\text{h}$	4.8 次/h	通风换气次数应不小于 4 次/h	是

通过计算，本项目直线加速器机房内通风换气次数约为 4.8 次/h，大于标准要求的不小于 4 次/h，产生的少量有害气体沿排气管道汇入排风井向上排出。在设备运行过程中，能够有效排除机房内少量的臭氧及氮氧化物，排放至室外的有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，加上  $\text{O}_3$  的分解时间不到 10 分钟，能满足环境空气质量标准。

续表 11 环境影响分析

11.2.1.8 职业照射人员与公众附加年有效剂量

一、估算公式

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

$$H_e = D_r \times T \times t \times 10^{-3} \quad (11-19)$$

其中：式中：

$H_e$ ——X、 $\gamma$ 射线外照射人均年有效当量剂量，mSv；

$D_r$ ——X、 $\gamma$ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T——为居留因子；

t——为年受照时间，h。

二、年有效剂量估算结果

(1) 估算取值

本项目加速器的放射治疗工作量最多为 80 人/d，每周工作 5d，平均每名患者治疗的照射时间为 5min（均考虑为调强治疗，且调强因子取 N 为 5），则周出束时间为 33h；全年按照 50 周计，则加速器年出束时间为 1650h。

(2) 直线加速器工作场所所致年附加有效剂量估算

本项目直线加速器机房外放射工作人员、公众成员所接受的年附加有效剂量估算结果下表 11-8。

表 11-8 直线加速器机房外所致年附加有效剂量估算表

序号	机房名称	居留位置	环境保护目标	受照的射线类型	居留场所名称	年工作负荷 (h)	墙体剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	使用因子	居留因子	所致年附加有效剂量 (mSv/a)
1	直线加速器机房	机房四周	放射工作人员	漏射线	控制室	1650	0.01	1	1	0.017
			公众	有用线束	CT 定位机房	1650	0.31	1/4	1/2	0.064
		散、漏射线		水冷机房	1650	1.03	1	1/20	0.085	
			过道等	1650	0.30	1	1/5	0.099		
2		机	公众	有用线束	B 超	1650	0.40	1/4	1/2	0.083

续表 11 环境影响分析

		房楼上			室、心电图室、候检区					
<p>(3) 摆位工作人员受到的感生放射性影响</p> <p>由前文“感生放射性分析”可知，本项目主要考虑加速器治疗头处感生放射性和气态感生放射性对摆位工作人员造成的影响，年总剂量不超过 1.46mSv。</p> <p>结合表 11-8 放射工作人员受到的年附加有效剂量，放射工作人员年总受照剂量约为 1.477mSv。</p> <p><b>11.2.1.9 结论</b></p> <p>综上所述，直线加速器放射工作人员受到的最大年有效剂量值为 1.477mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 5mSv/a；公众受到的最大年有效剂量值为 0.099mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a。从上述估算结果也可以看出，当使用高于 10MV 的 X 射线进行照射时，经常进出机房摆位的工作人员会受到一定的辐射照射，建议在不影响治疗效果的情况下尽量使用低能射线。</p> <p>实际设备运行过程中，设备拥有正规的防护设施，且设备运行过程中一般不会开启至最大额定功率。本次环评计算值未将源项设备处的防护考虑在内，且已将设备开至最大额定功率考虑，故计算出来的理论值远远大于实际值，故本次环评放射工作人员和公众在机房墙体外受到的最大年有效剂量值均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）以及医院设定的剂量管理目标值的要求。</p> <p><b>11.2.2 DSA 机房运行期环境影响</b></p> <p><b>11.2.2.1 DSA 机房屏蔽效能核实</b></p> <p>(1) 与标准对比</p> <p>根据设计资料，本项目屏蔽防护情况与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求对比达标情况一览表见表 11-2。</p>										

续表 11 环境影响分析

表 11-2 DSA 手术室屏蔽防护与标准要求的对比达标情况一览表						
序号	射线装置	安装机房	参数	屏蔽厚度	标准要求	是否达标
1	DSA	DSA 手术室	125kV; 1000mA	四侧墙体：370mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料（约 5.0mmPb）； 顶棚：120mm 混凝土+2mm 铅板（约 3.4mmPb）； 地面：120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料（约 2.7mmPb）； 防护门（3 樘）：不锈钢门内衬 4mmPb 防护门（4.0mmPb）； 观察窗：4mmPb 铅玻璃观察窗（4.0mmPb）	≥ 2mmPb	是

注：（1）实心砖密度约 1.6g/cm<sup>3</sup>，混凝土密度约 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅密度约 11.34g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡防护涂料密度约 2.79g/cm<sup>3</sup>。

（2）参考《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020 表 C.4，125（保守按有用线束考虑）：370mm 实心砖约 3.7mmPb，120mm 混凝土约 1.4mmPb。

（3）参考《放射防护实用手册》表 6.14，125kV：15mm 硫酸钡防护涂料保守折算为 1mmPb。

**（2）机房内通风**

DSA 在运行过程中，X 射线电离会产生少量的臭氧及氮氧化物。本项目 DSA 手术室内拟设置层流通风系统和 1 个吸顶式排风扇（设置于天花吊顶中部），能保持机房内良好的通风。有害气体经管道连接排至所在楼层的排风机，再排向室外，有害气体直接逸散在空气中。排放室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平。

**11.2.2.2 放射工作人员与公众年附加有效剂量**

（1）根据公式 11-19，以及《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对外照射分量计算的公式：

$$E = \alpha H_u + \beta H_0 \quad (11-20)$$

$E$ ——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）；

$\alpha$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

$H_u$ ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特

续表 11 环境影响分析

(mSv)；

$\beta$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

$H_0$ ——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特 (mSv)。

(2) 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录 C，屏蔽透射因子计算公式如下：

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \beta X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (11-21)$$

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

### 11.2.2.3 介入医师年有效剂量估算

根据医院提供的资料，本项目 1 台 DSA 拟配备 4 名介入医师，本项目投入运行后，近台同室操作的介入医护人员所接受的外照射年有效剂量估算如下：

DSA 设备每年进行介入手术约 450 台，年总曝光时间约为 150h，本项目共涉及 4 名介入医师进行近台同室操作，按照 2 人一组，平均分配工作量进行估算（按个人承担总工作量的 50% 估算），则个人每年接触的设备总曝光时间约为 75h。

本项目 DSA 手术室内近台同室操作的介入医师铅衣外的周围剂量当量率引用《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020) 中“透视防护区检测平面周围剂量当量率  $\leq 400 \mu\text{Sv/h}$ ”中  $400 \mu\text{Sv/h}$  的剂量限值；铅衣内的周围剂量当量率采用理论估算：近台同室操作的医护人员经铅衣、铅围脖等防护设施（铅当量 0.5mmPb，屏蔽效率 =  $(1 - \text{屏蔽透射因子}) \times 100\%$ ，由公式 3 计算得知，125kV（散射）条件下 0.5mmPb 的防护用品的屏蔽透射因子为 0.074，故屏蔽效率为 92.6%）屏蔽后，所受周围剂量当量率为  $29.6 \mu\text{Sv/h}$ 。综上，本次环评介入医师铅

续表 11 环境影响分析

衣外的周围剂量当量率以 400 $\mu$ Sv/h 进行估算，铅衣内以 29.6 $\mu$ Sv/h 进行估算。

根据公式 11-20 计算，本项目介入医师个人年有效剂量估算结果见表 11-3。

表 11-3 本项目介入医师年有效剂量估算一览表

受照位置	计算参数		计算结果		管理目标值(mSv/a)
	个人每年接触的设备总曝光时间 t (h/a)	周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h)	年有效剂量 (mSv)	$E = \alpha H_u + \beta H_0$ ( $\alpha$ 取 0.79, $\beta$ 取 0.051)	
铅衣外	75	400	30 ( $H_0$ )	3.27	5
铅衣内	75	29.6	2.2 ( $H_u$ )		

#### 11.2.2.4 控制室工作人员及机房外公众年有效剂量估算

本项目 DSA 手术室外的周围剂量当量率按照 2mmPb 屏蔽防护后 2.5 $\mu$ Sv/h 计算。

根据医院提供的屏蔽防护设计方案可知，DSA 手术室四侧墙体（含防护门、观察窗）的屏蔽防护厚度至少为 4mmPb，则机房外的周围剂量当量率 2.5 $\mu$ Sv/h 需再经 2.0mmPb 衰减。根据（公式 3）计算，2mmPb 的屏蔽透射因子为 0.0015，则衰减后的周围剂量当量率计算值为 0.00375 $\mu$ Sv/h。同理可得，DSA 手术室的顶棚经设计防护厚度屏蔽后的周围剂量当量率为 0.055 $\mu$ Sv/h；地面经设计防护厚度屏蔽后的周围剂量当量率为 0.393 $\mu$ Sv/h。

本项目控制室工作人员为技师，技师仅从事本项目 DSA 的设备操作，不从事其他放射设备的操作，本项目拟配备 2 名技师，按个人承担总工作量的 50% 估算，则个人每年接触的设备总曝光时间约为 75h。

护士、麻醉师一般在控制室内等候指示，本项目共拟配备 2 名护士和 1 名麻醉师，护士按个人承担总工作量的 50% 估算，麻醉师按个人承担总工作量的 100% 估算，即护士个人每年接触的设备总曝光时间约为 75h，麻醉师个人每年接触的设备总曝光时间约为 150h。

控制室工作人员及机房外公众所受的年有效剂量估算结果如表 11-4 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11-4 DSA 手术室控制室工作人员及机房外公众个人年有效剂量估算一览表

人员类别	居留场所名称	个人每年接触的设备总曝光时间 t (h/a)	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	年有效剂量 (mSv)	管理目标值 (mSv/a)	
放射工作人员	技师	控制室	75	0.00375	1	<0.01	2
	护士	控制室	75	0.00375	1	<0.01	2
	麻醉师	控制室	150	0.00375	1	<0.01	2
公众	墙体四周	洁净通道、污物通道、设备间等	150	0.00375	1/5	<0.01	0.1
	楼上	办公室、新风机房、检验科	150	0.055	1	<0.01	0.1
	楼下	食堂	150	0.393	1/8	<0.01	0.1

#### 11.2.2.5 结论

由上述估算可知：通过估算，本项目介入医师在正确穿戴防护用品后的年有效剂量值约为 3.27mSv，低于医院设定的年剂量管理目标值 5mSv/a；控制室工作人员的年有效剂量<0.01mSv，低于医院设定的年剂量管理目标值 2mSv/a；公众的年附加有效剂量最大值<0.01mSv，低于医院设定的年剂量管理目标值 0.1mSv/a；且均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

因此，本项目放射工作人员年有效剂量均能满足相应的标准要求，人员配置可行。同时，医院应安排人员轮流操作，并尽可能的平均分配（手术量和手术位置），使每位介入医护人员所受剂量尽量均等，减少辐射对人体的损害。根据法律法规要求医院介入医护人员应按要求正确穿戴防护用品，佩戴个人剂量计，并定期检测，以保证介入医护人员的年有效剂量低于年剂量管理目标值。

#### 11.3 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害

**续表 11 环境影响分析**

时，该实践才是正当的。

本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目运营以后，将为病人提供一个优越的治疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。此外，通过核算，该项目屏蔽和防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

#### **11.4 产业政策符合性**

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，本项目属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改）第一类——鼓励类中“十三、医药 5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

#### **11.5 辐射防护最优化分析**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对“防护与安全的最优化”的表述：“对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平”。防护的最优化过程，是在经过上述正当化判断后，对一切必要照射的防护设计，要谋求辐射防护的最优化，即用最小的代价，获得最大的净利益，使受照剂量保持在可以合理达到的最低水平，而不是盲目追求无限地降低剂量，以降至本底水平为标准。否则，所增加的高额防护费用与所降低的有限剂量相比，将是得不偿失的。

续表 11 环境影响分析

根据医院提供的直线加速器机房和 DSA 手术室的屏蔽防护方案，直线加速器机房各屏蔽体均采用普通混凝土浇筑，且屏蔽防护设计厚度均满足理论计算值；DSA 手术室四侧墙体以及防护门、观察窗的等效铅当量均已超过《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求的“ $\geq 2\text{mmPb}$ ”，综合考虑辐射防护最优化原则，四侧墙体可不增加硫酸钡防护涂料、防护门厚度可减至  $3.0\text{mmPb}$ 、铅玻璃观察窗厚度可减至  $3.0\text{mmPb}$ 。

## 11.6 事故影响分析

### 11.6.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

特别重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故，是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般辐射事故，是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

#### 11.7.1 本项目可能发生的辐射事故

建设项目涉及医用电子直线加速器和 DSA 的使用，可能发生的辐射事故主要包括：

- （1）安全联锁装置或固定式剂量监测报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的射线装置机房；
- （2）工作人员或患者家属还未全部撤离机房，控制室的操作人员启动设备进行照射，造成有关人员被误照；

续表 11 环境影响分析

- (3) 检修、维护人员误操作造成误照射；
- (4) 诊疗设备年久或更换部件和维、检修后，未进行质量控制检测。

### 11.7.2 预防措施

- (1) 建立健全的辐射安全管理规章制度。
- (2) 对操作人员进行岗前培训并定期进行培训，提高操作人员的专业技术能力；同时加强放射防护知识和有关法律知识的培训，提高操作人员的安全防护意识。
- (3) 操作人员应加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度，按照要求佩戴个人剂量计，进入直线加速器机房时还需佩戴便携式个人剂量报警仪。管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。
- (4) 加大宣传、教育力度，增强公众的辐射防护意识。
- (5) 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指示灯，禁止与辐射诊疗活动无关的人员进入射线装置机房内。
- (6) 操作人员每天开机前要认真检查安全联锁和固定式剂量监测报警仪的报警功能，保障安全联锁装置和报警系统正常运行。
- (7) 操作人员实施诊疗前，需确保射线装置机房内没有人员滞留。
- (8) 定期自查和监测：工作人员每日开始工作前均要对设备进行常规的检查；科室按照标准要求的检测频次定期对设备进行质量控制自主检测；按照规定每年委托具有相应资质的辐射卫生技术服务机构对机房和设备进行状态监测。

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 辐射安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日施行，2021 年 1 月 4 日修改）第十六条要求：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院已经指定了特定人员负责辐射安全工作，成立了辐射安全防护领导小组（附件六），负责整个医院的放射防护与安全管理工作，并明确了领导小组职责，该小组人员应认真履行个人工作职责，应有高度的责任心，熟悉和掌握有关放射性的基本知识和辐射防护的一系列法律法规，并严格遵守执行。

表 12-1 医院辐射安全与环境保护管理机构及专（兼）职管理人员表

管理人员	姓 名	性 别	学 历	职务或职称	工作部门	专/兼职
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■

由上表可知，专兼职人员均有一定的学历与管理的能力，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日施行，2021 年 1 月 4 日修改）第十六条要求的规定，本项目辐射安全与环境保护管理机构的配置满足上述标准要求。

本项目介入科、放疗科相关工作人员到位后，医院拟调整上述辐射安全防护领导小组成员名单，增加介入科、放疗科的相关成员。

续表 12 辐射安全管理

### 12.1.2 本项目放射工作人员配置及职业健康监护管理

#### (1) 放射工作人员配置

为满足医院放射工作和安全的需要，医院目前根据要求为本项目规划配置 14 名放射工作人员，人员均拟新招聘。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日施行，2021 年 1 月 4 日修改）的相关要求，上述拟配置人员中应至少有一名医用物理人员负责医用电子直线加速器的质量保证与质量控制检测工作。

#### (2) 放射工作人员培训要求

本项目拟新招聘的放射工作人员的辐射防护培训，医院应按照国家环境保护总局令第 31 号第十六条的规定：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；以及生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）和《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）的相关要求，在项目运行前组织放射工作人员到生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训和参加考核，考核合格后方可上岗。

#### (3) 放射工作人员职业健康管理

本项目拟新招聘的放射工作人员的职业健康管理，按照《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）第四章 第十八条~第二十条的规定：放射工作人员在上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；放射工作单位不得安排未经职业健康检查或不符合放射工作人员健康标准的人员从事放射工作。放射工作单位应当组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。放射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

医院在项目运行前应组织本项目拟新招聘的放射工作人员进行上岗前的职业健康检查，上岗后每 1~2 年进行在岗期间的职业健康检查。

对已经从事放射工作的职业人员进行的经常性医学检查，按照《放射工作人

**续表 12 辐射安全管理**

员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）的规定执行，医院应为放射工作人员建立职业健康监护档案，档案中详细记录历次医学检查的结果及其评价处理意见，并终生保存。

### **12.2 辐射安全管理规章制度**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，“使用射线装置的使用单位应有健全的操作规程、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；有完善的辐射事故应急措施”。

医院针对目前已开展的核技术利用项目已制定了以下相关制度：《辐射事故应急处理预案》、《辐射人员健康、个人剂量和培训考核管理制度》、《设备维修及保养制度》、《个人剂量、辐射场所监测计划》、《辐射防护与安全保卫制度》等制度。

针对本次开展的直线加速器和 DSA 放射诊疗项目，医院暂未制定相关制度，为保障射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，本次环评建议医院在本项目运行前补充制定如下管理制度：《直线加速器操作规程》、《DSA 操作规程》、《放射治疗各岗位人员职责》、《介入诊疗各岗位人员职责》、《放射治疗质量保证大纲》、《放射治疗质量控制检测计划》等。

目前医院已为现有的核技术利用项目制订了《辐射事故应急处理预案》，本次环评建议医院应根据本项目直线加速器机房及 DSA 手术室运行的实际需要，在应急预案中补充直线加速器、DSA 在使用或者检维修过程中，可能出现的辐射事故以及相应的应急响应措施。

按照上述要求制定相应制度后，医院制定的辐射安全管理规章制度内容较为详实，操作性较强，基本能满足项目需要。医院应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对制度加以补充和完善，并确保各项制度的落实。

### **12.3 辐射监测**

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

**续表 12 辐射安全管理**

测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

医院拟配备 1 台辐射监测仪器进行日常自主检测，同时委托有资质的单位每年对医院使用的射线装置机房运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，并做好监测记录，存档备查。放射工作人员个人剂量监测和职业健康监护拟委托有资质的单位进行。

### **12.3.1 放射工作人员个人剂量监测**

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。建立并终生保存个人剂量监测档案，外照射个人剂量监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。

根据环境保护部令第 31 号、环境保护部令第 18 号中对放射工作人员个人剂量的要求，医院应为每名放射工作人员配置个人剂量计，定期组织工作人员进行个人剂量监测，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。根据《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）规定，医院还应安排专人负责个人剂量监测管理工作，建立放射工作人员个人剂量档案。包括个人基本信息、工作岗位、个人剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当永久保存。

### **12.3.2 工作场所环境监测**

根据国家规定医院每年应委托有资质单位对射线装置工作场所周围环境的辐射水平进行监测，同时医院应采用自行配备的辐射检测仪（定期进行计量检定）进行监测。发现问题及时整改。每年 1 月 31 日前向生态环境部门提交上一年度的年度评估报告。

#### **① 验收检测**

在放射诊疗设备新安装、大维修或更换重要部件后，应委托有资质的单位进行验收检测。若发现问题，及时整改，直到合格为止。

#### **② 日常监测**

续表 12 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令)的相关规定,使用射线装置的单位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。

**a.委托监测 (委托有资质的环境监测机构)**

监测频率: 每年一次;

监测因子: 射线装置机房周围区域 X 射线周围剂量当量率、中子周围剂量当量率及感生放射性。

监测范围: 机房防护门及缝隙处, 电缆及管道的出入口, 控制室, 操作台等; 以及机房屏蔽墙 30cm; 门、窗表面 30cm; 顶棚上方(楼上)距顶棚地面 100cm, 机房地面下方(楼下)距楼下地面 170cm。

监测数据作为医院的管理依据。

**b.自主检查**

检查频率: 每日开机前;

检查范围: 门机联锁/门灯联锁、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、通风的有效性、固定式剂量监测报警仪的报警功能有效性;

若发现问题, 及时整改, 直到合格为止。

另外医院自行配备 1 台辐射剂量监测仪(定期进行计量检定), 日常工作中, 对本次环评涉及的监督区环境进行监测。

医院日常监测的相关内容如下表 12-2 所示。

表 12-2 医院日常监测的相关内容一览表

场所名称	监测形式	监测频率	监测地点	监测项目	限值要求
直线加速器机房	委托监测	一年一次	机房四周墙体及顶棚、电缆孔、各类管线口、防护门外 30cm 处	X 射线周围剂量当量率、中子周围剂量当量率	周围剂量当量率不大于参考控制水平
	自主监测	每三个月一次	机房四周墙体及顶棚、电缆孔、各类管线口、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	周围剂量当量率不大于参考控制水平



续表 12 辐射安全管理

市生态环境局：12369

市卫生健康委员会：4301120

市公安局：110

应急领导小组工作职责：

1) 定期组织对放射诊疗场所、设备和人员等辐射防护情况进行自查和检测，发现事件隐患及时上报至应急小组，并由应急小组相关负责人督促落实整改措施；

2) 负责辐射事件应急处理可行性方案的研究定制和组织实施工作；

3) 发生人员超剂量照射事件或者设备出现故障时，立即启动本预案；

4) 事件发生后立即组织有关部门人员进行辐射事件应急处理；

5) 发生辐射安全事件 2 小时内报告当地卫生计生、环境保护行政部门；

6) 迅速组织超剂量照射人员就医，撤离控制区内相关人员，控制事件的影响，防止事件的扩大蔓延，并及时对故障射线设备进行维护检修，合格后方可使用。

## (2) 辐射事件应急处理程序

### (一) 辐射事件应急预案的启动

当发生人为失误或放射诊疗设备故障等原因导致人员受到超过年剂量限值的照射时，当事人应立即报告负责人，负责人接到报告后应立即报告应急领导小组组长，由组长决定是否应急预案并通知相关人员参与应急处置。

### (二) 辐射事件应急响应处置

1、当射线装置发生人员超剂量照射时，应立即切断电源，封锁事故现场，禁止无关人员进行检查室，通知设备生产厂家，并在 2 小时内报告当地卫生计生行政部门、环境保护部门，配合上述部门进行应急调查处理；

2、立即转移受照射人员，送至指定的或有条件救治辐射损伤病人的医院进行检查和资料；

3、配合行政部门查明原因，对设备故障进行检维修。

### (三) 辐射事件应急预案的解除

当发生辐射事件的射线装置修复后，必须经有资质的辐射卫生技术服务机构

续表 12 辐射安全管理

进行检测合格，并报卫生计生行政部门批准方可解除应急预案。对事件有关资料及时收集，认真分析事件原因，并采取妥善的预防类似事件的措施，对有关责任人进行处理。

### (3) 建议

本次环评建议医院应根据本项目直线加速器机房及 DSA 手术室运行的实际工作需要，在应急预案中补充直线加速器、DSA 在使用或者检维修过程中，可能出现的辐射事故以及相应的应急响应措施。

## 12.5 辐射环境管理要求

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

(1) 依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》之规定，该医院必须向生态环境主管部门重新申领安全许可证等相关环保手续。

(2) 明确辐射安全防护领导小组的职责：设立兼职或专职的安全负责人，负责整个医院的辐射防护与安全工作。建立辐射防护安全防护管理制度，履行放射防护职责，确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众成员的权益，尽可能避免事故的发生。

(3) 医院放射工作人员必须定期经过辐射工作安全防护培训，培训合格并取得辐射工作安全防护培训合格证方可上岗；操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

(4) 各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的辐射工作场所均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要在工作指示灯及中文标注放射防护注意事项。警告标志的张贴必须规范。

(5) 每年应至少进行一次辐射环境检测，建立检测技术档案，医院工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标值

**续表 12 辐射安全管理**

的放射工作人员应暂离岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对放射工作人员每 1~2 年进行职业健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩带个人剂量计。

(6) 制定事故状态下的应急处理计划，其内容包括事故的报告，事故区域的封闭，事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

(7) 应当加强对本单位射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改。

(8) 对医院辐射装置安全和防护状况进行年度评估，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。

(9) 按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 682 号）第十二条规定，建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，建设单位应当重新报批建设项目环境影响报告表；环境影响报告表自批准之日起满 5 年，建设项目方开工建设的，其环境影响报告表应当报原审批部门重新审核。

(10) 安装、维修或者更换与射线有关部件的设备，应当向有关部门申请，进行辐射防护检测验收，确定合格后方可启用，以杜绝放射事故的发生。

(11) 项目竣工后，医院应依法进行竣工环境保护自主验收。

(12) 医院在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前，应当确保环境辐射安全，妥善实施辐射工作场所或者设备的退役，并承担退役完成前所有的安全责任。

### 12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用辐射装置单位应具备相应的条件。医院从事辐射活动能力评价详见表 12-3。

**表 12-3 医院从事辐射活动能力评价一览表**

应具备条件	落实情况
(一) 使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院已设置了辐射防护管理领导小组，且介入科、放疗科相关工作人员到位后，医院拟调整小组成员名单，增加介入科、放疗科的相关成员，并配备有 1 名本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作
(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本次新增人员均为新聘人员，建设单位拟在项目运行前安排上述新增放射工作人员参加相关培训和考核，持证上岗

续表 12 辐射安全管理

<p>(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。</p>	<p>本项目不涉及放射性同位素的使用</p>
<p>(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施</p>	<p>项目建设时, 建设单位按要求建设专用机房, 实体屏蔽, 拟设有门机联锁/门灯联锁、急停开关、视频监控和对讲交流系统, 工作状态指示灯及电离辐射警告标志等安全防护措施</p>
<p>(五) 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。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。</p>	<p>医院拟根据相关要求配备相应的防护用品及监测仪器(详见表 10-4): 放射工作人员个人剂量计 1 个/人, 固定式辐射剂量监测报警仪 1 台, 便携式个人剂量报警仪 2 台, 辐射剂量监测仪 1 台; 本项目不涉及非密封放射性物质</p>
<p>(六) 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。</p>	<p>医院现已制定相关辐射防护管理规章制度, 并拟根据要求在项目开展前补充制定、完善相关管理制度</p>
<p>(七) 有完善的辐射事故应急措施</p>	<p>医院现已制定《辐射事故应急处理预案》, 并拟进行补充完善</p>
<p>(八) 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、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。</p>	<p>本项目直线加速器、DSA 运行过程中不会产生放射性废气、废液, 直线加速器更换下来的退役靶交有资质单位进行处置</p>
<p>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 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。</p>	<p>医院拟根据相关要求配备相应的质量控制检测设备, 如二维/三维水箱、电离室、剂量仪、矩阵调强验证系统等, 拟根据要求在项目开展前制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划, 并保证至少有 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。</p>
<p>综上所述, 医院在严格执行相关法律法规、标准、规范文件, 严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下, 其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。</p>	
<p>综上所述, 评价认为, 安化县中医医院辐射环境管理满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第 31 号, 2008 年 12 月 6 日施行, 2021 年 1 月 4 日修改)、《电离辐射防护与辐射安全基本标准》(GB18871-2002) 等相关法规、标准的要求。</p>	

表 12-4 环境保护投资一览表

序号	费用名称	总价 (单位: 万元)
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■

表 12-5 环境保护验收一览表

序号	验收项目	验收内容及要求	依据
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告	生态环境部公告 2018 年第 9 号
2	环境管理制度、应急预案	成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度和事故应急预案	国家环境保护总局令 第 31 号
3	人员要求	放射工作人员均需培训合格，持证上岗；进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康要求的方可上岗，每 1~2 年进行一次职业健康检查，不超过 2 年，必要时，可适当增加检查次数；进行个人剂量监测，常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月	国家环境保护总局令 第 31 号、环境保护部令 第 18 号
4	机房面积	直线加速器机房：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求	GBZ121-2020
		DSA 手术室：最小有效使用面积≥20m <sup>2</sup> ，最小单边长度≥3.5m	GBZ130-2020
5	辐射安全防护措施	<b>直线加速器机房：</b> ①电离辐射警告标志位于醒目位置； ②有工作状态指示灯、门机连锁； ③有从室内开启治疗机房门的装置，防护门有防夹装置； ④在控制室与机房之间应设视频装置与对讲交流系统，并能在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区	GBZ18871-2002 HJ1198-2021 GBZ121-2020

序号	验收项目	验收内容及要求	依据				
		<p>域情况，便于操作者和患者之间进行双向交流；</p> <p>⑤在控制台、迷道出入口、防护门内侧、治疗室内壁、治疗床旁各设置 1 个、1 个、1 个、3 个、2 个急停按钮；入口门内旁侧设置紧急开门按钮；</p> <p>⑥直线加速器机房内设置强制排风系统，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。</p> <p>⑦直线加速器机房内设置停电应急照明装置和烟雾报警装置。</p> <p>⑧配备便携式个人剂量报警仪；</p> <p>⑨配备固定式辐射剂量监测报警仪；</p> <p>⑩配备质量控制检测设备、辐射剂量监测仪。</p>					
		<p><b>DSA 手术室：</b></p> <p>①DSA 手术室门外张贴醒目电离辐射警示标志、中文标明放射防护注意事项，安装工作状态指示灯，灯箱处设置警示语句；</p> <p>②电动推拉门有自动闭门装置和防夹装置，工作状态指示灯与机房门能有效关联；</p> <p>③在控制室与 DSA 手术室之间应设观察窗与对讲机，且观察窗的设置位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况，若不能观察到受检者状态及防护门开闭情况，应增加摄像监控装置；</p> <p>④DSA 手术室内设置动力通风装置，保持良好的通风；</p> <p>⑤机房内不得堆放无关杂物；</p> <p>⑥辐射防护管理制度在控制室内上墙；</p> <p>⑦DSA 手术室防护墙体厚度满足标准要求。</p>	<p>GBZ130-2020 GBZ18871-2002</p>				
6	配套设施、设备	个人防护用品，自主检测仪器，详见表 10-4；放射工作人员均配备个人剂量计	<p>GBZ121-2020 HJ1198-2021 GBZ130-2020</p>				
7	电离辐射	<table border="1"> <tr> <td>剂量限值</td> <td> <p>1、放射治疗工作人员、介入医师年有效剂量<math>\leq 5\text{mSv}</math></p> <p>2、其他放射工作人员年有效剂量<math>\leq 2\text{mSv}</math></p> <p>3、公众成员年有效剂量<math>\leq 0.1\text{mSv}</math></p> </td> </tr> <tr> <td>射线装置机房墙体外剂</td> <td> <p><b>直线加速器机房：</b>距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率不得超过关注点的剂</p> </td> </tr> </table>	剂量限值	<p>1、放射治疗工作人员、介入医师年有效剂量<math>\leq 5\text{mSv}</math></p> <p>2、其他放射工作人员年有效剂量<math>\leq 2\text{mSv}</math></p> <p>3、公众成员年有效剂量<math>\leq 0.1\text{mSv}</math></p>	射线装置机房墙体外剂	<p><b>直线加速器机房：</b>距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率不得超过关注点的剂</p>	<p>GB18871-2002 及 医院管理文件</p> <p>HJ1198-2021 GBZ121-2020</p>
剂量限值	<p>1、放射治疗工作人员、介入医师年有效剂量<math>\leq 5\text{mSv}</math></p> <p>2、其他放射工作人员年有效剂量<math>\leq 2\text{mSv}</math></p> <p>3、公众成员年有效剂量<math>\leq 0.1\text{mSv}</math></p>						
射线装置机房墙体外剂	<p><b>直线加速器机房：</b>距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率不得超过关注点的剂</p>						

序号	验收项目	验收内容及要求		依据
		量率控制	量率参考控制水平，详见表 11-3	
			<b>DSA 手术室：</b> 在透视条件下，距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h	GBZ130-2020
8	有害气体	直线加速器机房：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。		HJ1198-2021 GBZ121-2020
		DSA 机房内设置动力通风装置		GBZ130-2020
9	固废	退役靶	交有资质单位进行处置	国家环境保护总局令第 31 号

表 13 结论及建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

近年来，随着医院的不断发展壮大，为了更好的为人民群众提供医疗服务，同时提升医院整体服务质量，安化县中医医院拟投资 █████ 万元进行核技术利用扩建项目总投资（其中环保总投资 █████ 万元），本次扩建项目主要为医院拟在湖南省益阳市安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村建设医疗康复养老建设项目（一期），并在一期的住院楼负一层建设 1 间直线加速器机房，计划新增 1 台 X 射线能量最高为 15MV 的医用电子直线加速器；拟在门急诊医技综合楼一层建设 1 间 DSA 手术室，计划新增 1 台 DSA。根据《射线装置分类》（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，医用电子直线加速器和 DSA 均为 II 类射线装置。

通过开展对本项目的分析、对周围环境质量现状的调查以及项目的主要污染物对环境的影响分析等工作，得出如下结论。

#### 13.1.2 实践正当性分析

根据前节分析，医院射线装置的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

#### 13.1.3 辐射防护最优化分析

根据医院提供的直线加速器机房和 DSA 手术室的屏蔽防护方案，直线加速器机房各屏蔽体均采用普通混凝土浇筑，且屏蔽防护设计厚度均满足理论计算值；DSA 手术室四侧墙体以及防护门、观察窗的等效铅当量均已超过《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求的“ $\geq 2\text{mmPb}$ ”，综合考虑辐射防护最优化原则，四侧墙体可不增加硫酸钡防护涂料、防护门厚度可减至 3.0mmPb、铅玻璃观察窗厚度可减至 3.0mmPb。

#### 13.1.4 产业政策符合性分析

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，本项目属于《产业结构调整指导目录（2019

年本)》(2021年修改)第一类——鼓励类中“十三、医药 5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备,人工智能辅助医疗设备,高端放射治疗设备,电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备,新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用,危重病用生命支持设备,移动与远程诊疗设备,新型基因、蛋白和细胞诊断设备”,项目符合国家相关法律法规和政策的规定,符合国家产业政策。

### 13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

#### 1、选址可行性分析

按照《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)关于“布局要求”规定,“放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端”。本项目直线加速器机房拟设置于住院楼负一层北端,为所在建筑楼底部的一端,且四周以及楼上均未涉及儿科病房、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,选址合理。

按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中关于“X射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全”的规定,本项目 DSA 机房拟设置于门急诊医技综合楼一层南端,机房四周及楼上、楼下不涉及孕妇、儿童等敏感人群常居留场所,符合要求。

因此,本次环评认为直线加速器机房和 DSA 机房均选址合理。

#### 2、布局合理性分析

本项目直线加速器机房位于住院楼负一层北端,拟设置“L”型迷路,有用线束朝东墙、西墙、顶棚照射,未直接照射控制室,且控制室与机房分开设置,治疗设备辅助机械、电器、水冷设备等均设置于加速器机房外。机房北侧为夯实土层,南侧为控制室和水冷机房,西侧为预留直线加速器机房,东侧为 CT 定位机房、模拟定位机房及其共用控制室,楼上为体检中心的 B 超室、心电图室和候检区,楼下为夯实土层。本项目直线加速器机房平面布局符合《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)中“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”以及“应合理设置有用线束的朝向,直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室,应尽可能避开被有用线束直接照射”的要求。

DSA 手术室位于门急诊医技综合楼一层南端，机房北侧为洁净通道，南侧为污物通道，西侧为设备间，东侧为控制室，楼上为办公室、新风机房和检验科，楼下为食堂。DSA 机房的防护门窗位置设置合理，工作人员通道、患者通道、污物通道基本分开设置，平面布局合理。

### 13.1.5 环境影响分析结论

#### (1) 机房使用面积

本项目直线加速器机房的使用面积可满足临床应用需求，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求；DSA 手术室的有效使用面积和最小单边长度均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

#### (2) 墙体屏蔽的辐射防护

根据标准要求的相关计算公式，对本项目直线加速器机房屏蔽墙体屏蔽能力进行了核算，核算结果为：直线加速器机房的屏蔽墙体、顶棚、防护门设计厚度及主屏蔽墙设计宽度均满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求。

本项目 DSA 手术室的四周墙体、顶棚、地板、防护门和观察窗的厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。

#### (3) 剂量估算

通过估算，本项目直线加速器机房外的放射工作人员受到的最大年有效剂量值为 1.477mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 5mSv/a；公众受到的最大年有效剂量值为 0.099mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a；本项目介入医护人员在正确穿戴防护用品后的年有效剂量值约为 3.27mSv，低于医院设定的年剂量管理目标值 5mSv/a；控制室工作人员的年有效剂量 $<0.01\text{mSv}$ ，低于医院设定的年剂量管理目标值 2mSv/a；公众的年附加有效剂量最大值 $<0.01\text{mSv}$ ，低于医院设定的年剂量管理目标值 0.1mSv/a；且上述人员所受的年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

### 13.1.6 辐射防护与安全措施

①DSA 手术室各墙体的屏蔽防护厚度能够满足标准要求，直线加速器机房和 DSA 手术室的防护门、观察窗的生产由厂家承担。

②直线加速器机房按要求设置相应的门-机联锁装置、视频监视系统和对讲装置、急停开关、工作状态指示灯、电离辐射警告标志等；DSA 手术室按照要

求设置相应的门灯联锁装置、工作状态指示灯、灯箱警示语句、放射防护注意事项、电离辐射警告标志等。

③直线加速器机房的过墙电缆线以“U”型设置，空调管线以及进风、排风管道均以斜穿墙体 45° 设置；机房内采用“上进风，下排风”的通风系统，并能保证机房良好的通风。

④DSA 手术室内设置动力通风装置，并保证机房良好的通风。

⑤根据要求为工作人员、患者配置相应的防护用品。

⑥所有放射工作人员佩戴个人剂量计，并定期进行监测，建立个人剂量档案。

### 13.1.7 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全防护管理小组，待项目运行前按照要求补充制定与本项目相关的各项规章制度、操作规程、更新完善应急处理措施后，医院规章制度管理措施具有可操作性，但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度，放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排职业健康检查。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，安化县中医医院切实按照本次环评提出的相关要求建设后，医院本次核技术利用扩建项目运行时对周围环境产生的辐射影响较小，且符合环境保护的要求；该项目的辐射防护安全措施可行；规章制度基本健全；该项目对环境的辐射影响是可接受的。安化县中医医院在采取本环评提出的各项环境保护及污染防治措施后，从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

## 13.2 要求

1、直线加速器机房防护门要有资质的厂家生产安装，门缝搭接能满足要求。

2、医院新开展放射治疗项目和介入诊疗项目，人员配备及培训要满足相关要求。

3、医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测等相关监测计划以及职业健康检查工作计划，自购辐射检测设备，并严格按照相关监测计划及职业健康检查工作计划开展监测/检查工作，确保周围环境的辐射安全和职工健康。

4、对于医院仅使用III类射线装置的辐射工作人员，应由医院自行组织考核；

其余辐射工作人员应通过生态环境部的培训平台参加考核，取得辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗，到期后按要求进行复训。医院应组织放射工作人员到有职业健康检查资质的医疗机构进行职业健康检查，周期为 1~2 年。本项目后续新增工作人员应在项目运行前进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的方可安排上岗，并及时参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

5、医院应根据要求开展环保自主验收。

6、医院应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关规定重新申领辐射安全许可证。

7、对医院射线装置的安全和防护状况进行年度评估，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。

### 13.3 建议

1、设置物理测试管，并采用与水平方向呈 45° 夹角穿越机房与控制室之间的墙体。

2、医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。

3、机房防护工程施工时，应保证施工质量，并注意门、窗同墙体或地面的缝隙处理，且防护门安装时，应注意防护门与墙体的搭接应不小于缝隙间距的十倍。

4、医院在项目期间，需要根据实际情况修改完善各项制度，并组织实施。各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的放射工作场所均必须粘贴有规范的电离辐射警告标志，射线装置机房屏蔽门上方还必须要在工作状态指示灯。

5、医院日后应根据实际工作需求适当增加放射工作人员，尽可能的平均分配工作量（包括介入手术的手术量和手术位置），使每位介入医生所受剂量尽量均等，减少辐射对人体的损害。

6、医院辐射防护标识应全面、清晰，不留死角。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

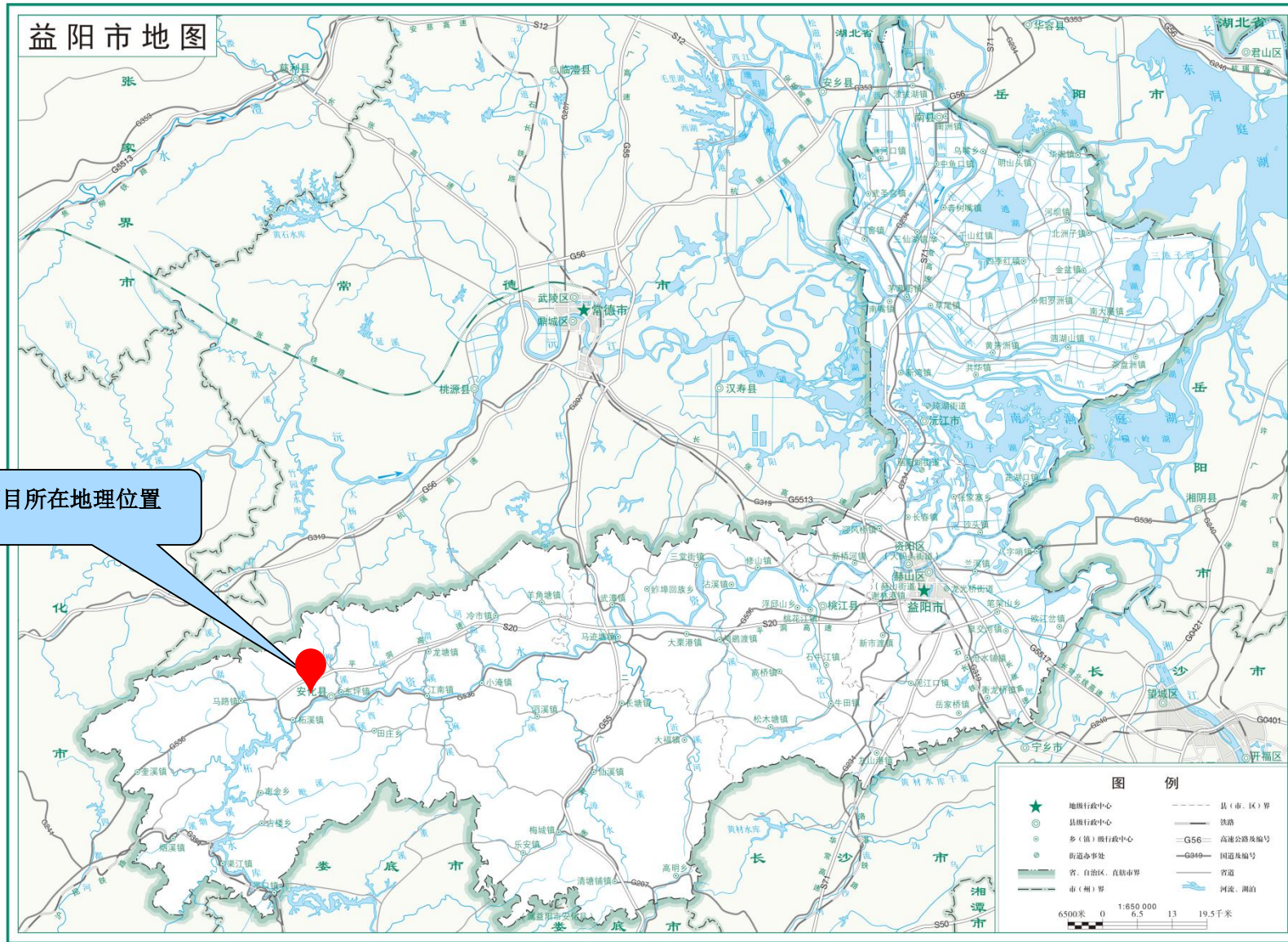
经办人

年 月 日



# 益阳市地图

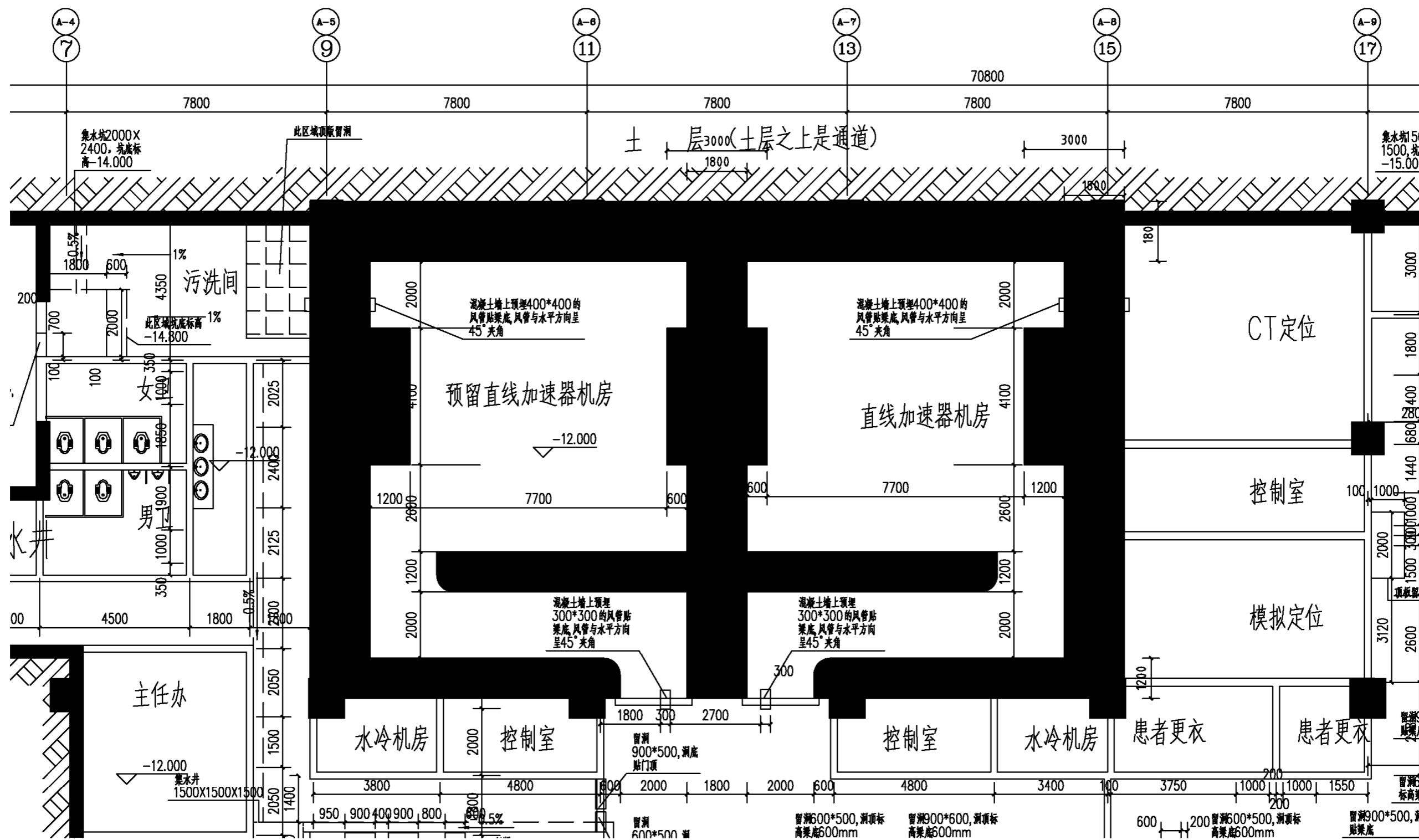
项目所在地理位置



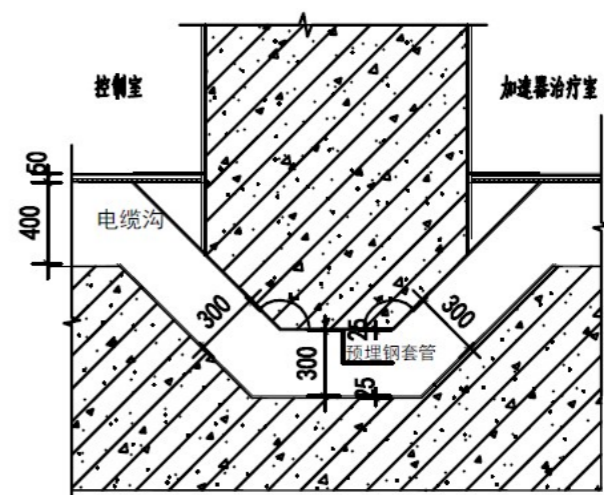
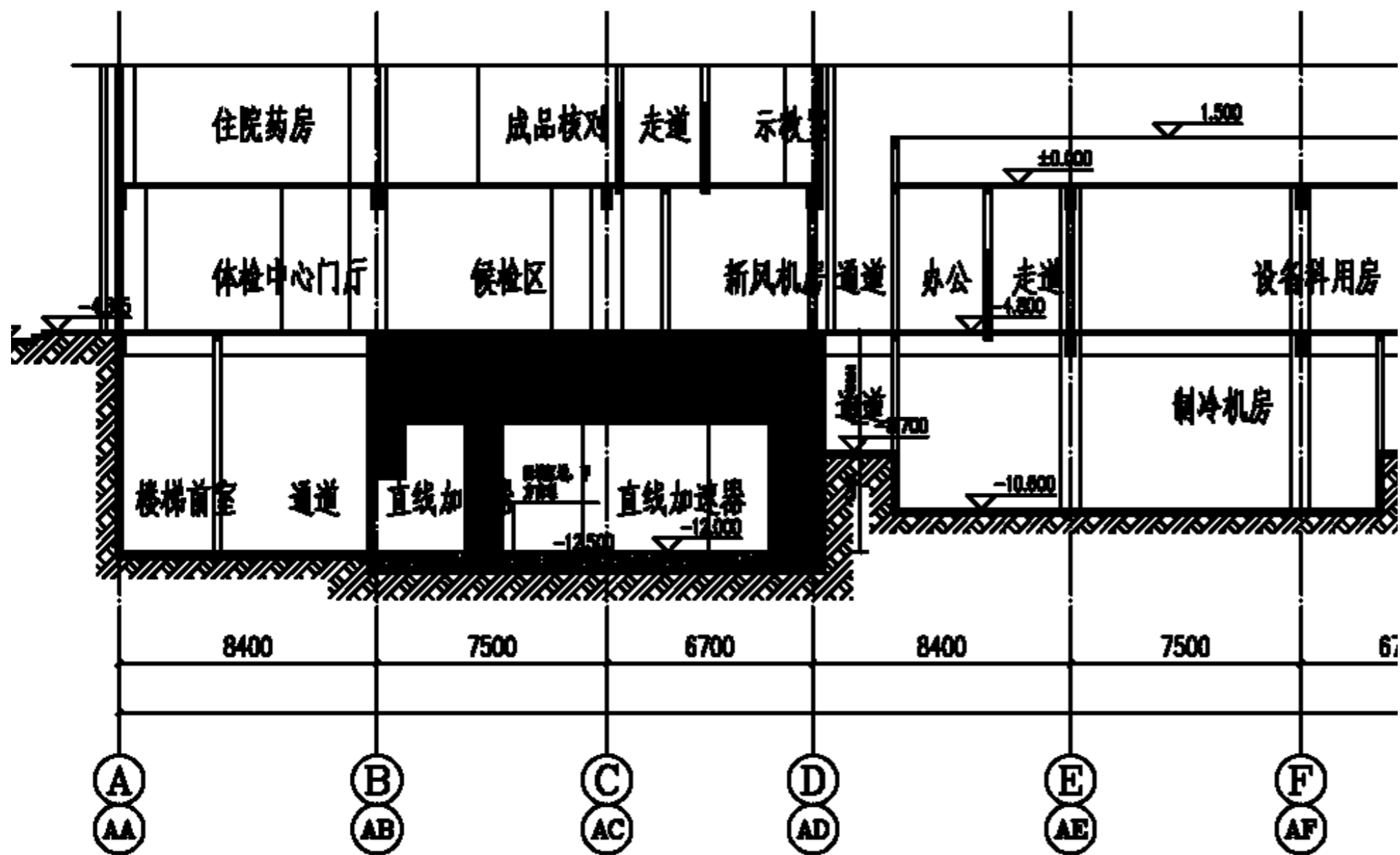
附图一 项目所在地理位置图



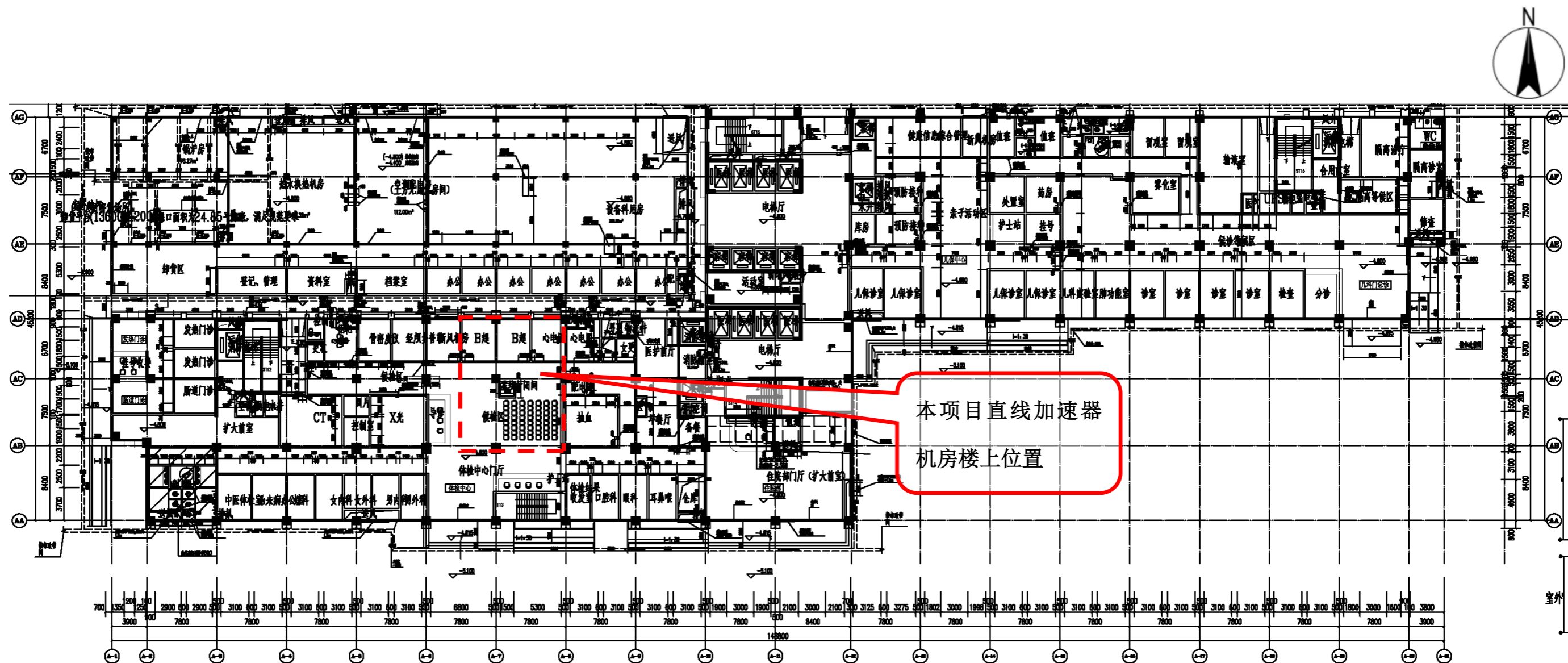




附图四 直线加速器机房平面布局图

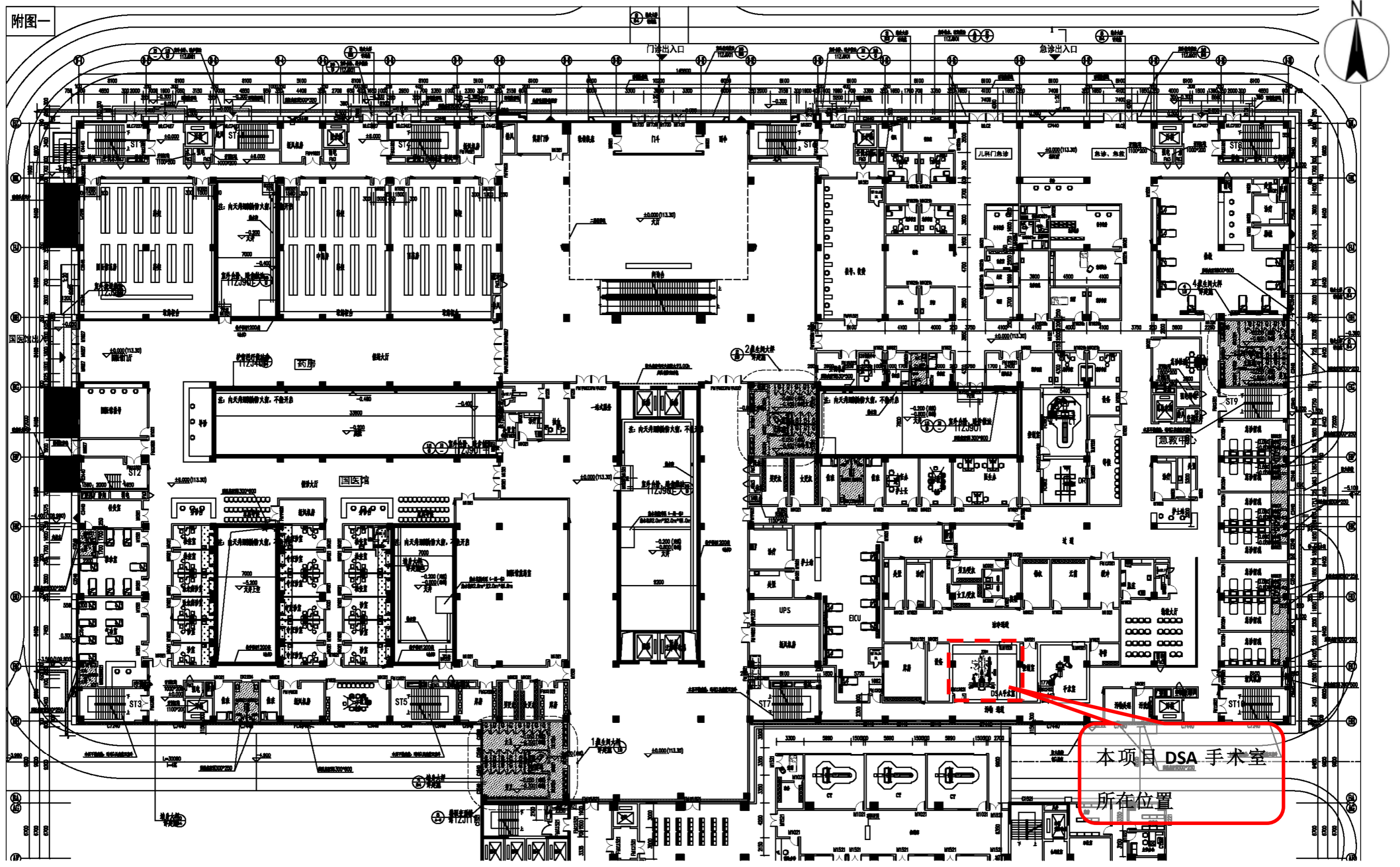


附图五 直线加速器机房剖面图、电缆管线穿墙图

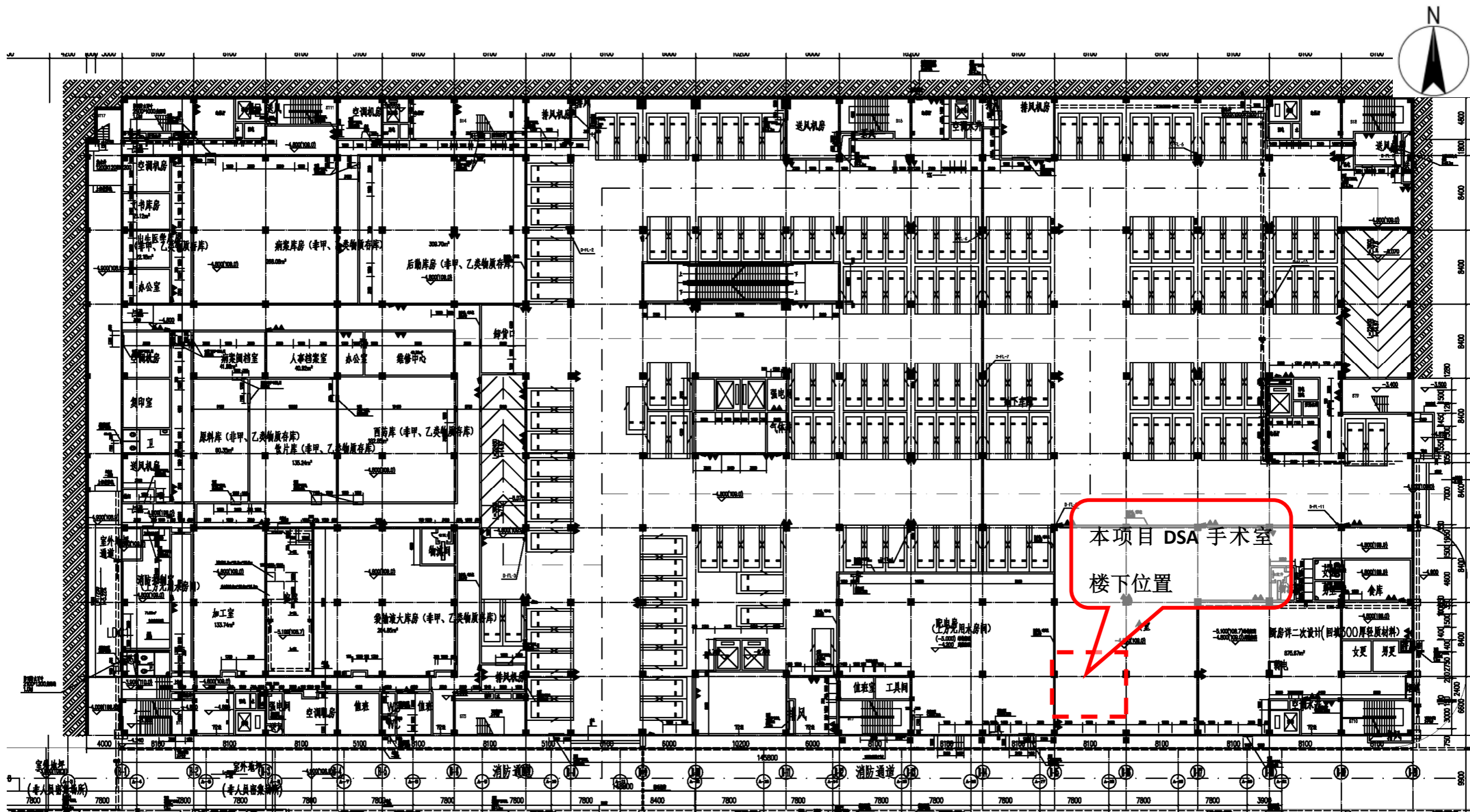


附图六 住院楼一层平面布局图（直线加速器机房楼上）

附图一

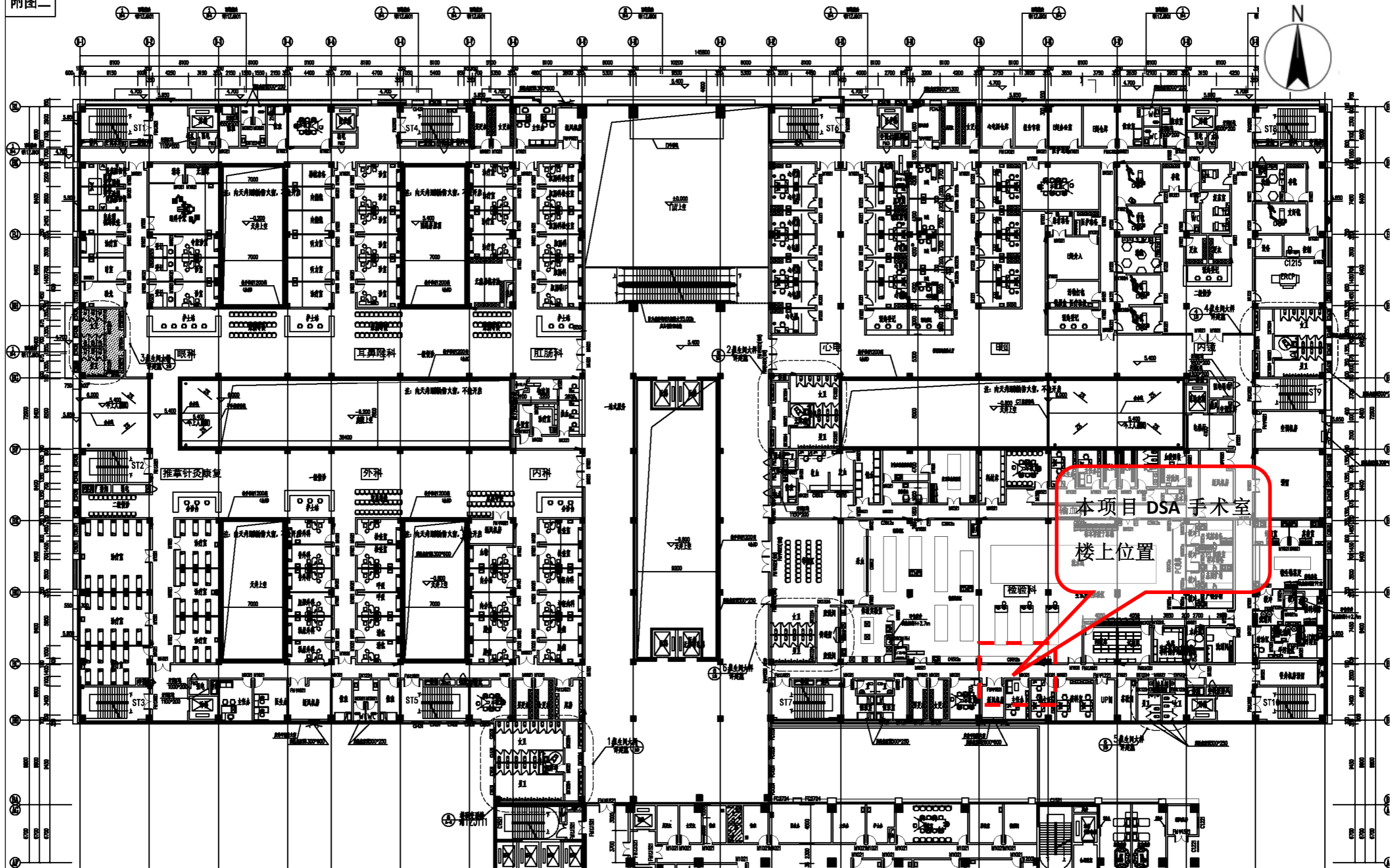


附图七 门急诊医技综合楼一层平面布局图 (DSA 手术室所在楼层)



附图八 门急诊医技综合楼地下一层平面布局图 (DSA 手术室楼下)

附图二



附图九 门急诊医技综合楼二层平面布局图 (DSA 手术室楼上)



住院楼、门急诊医技综合楼北侧



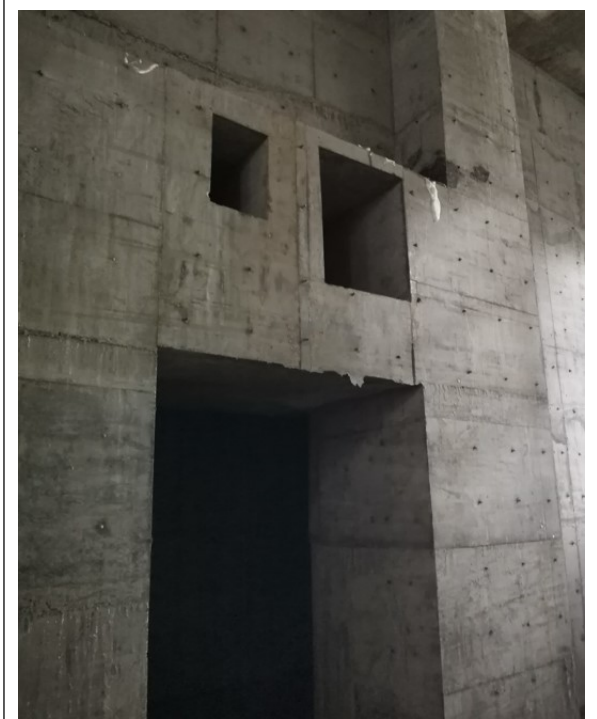
住院楼、门急诊医技综合楼南侧



住院楼、门急诊医技综合楼东侧



住院楼、门急诊医技综合楼西侧



直线加速器机房拟建地现状



DSA 手术室拟建地现状

附图十 项目现场照片

## 委托书

湖南省湘环环境研究院有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等有关法律规定和要求，我单位特委托贵公司承担“安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期）核技术利用扩建项目”的环境影响评价工作。

特此委托！

委托单位（盖章）：安化县中医医院

委托日期：2022年10月15日



## 附件二 质量保证单



### 建设项目环境影响评价现状环境资料

#### 质量保证单

我单位为安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期）核技术利用扩建项目提供了环境现状检测数据，并对所提供的数据资料的准确性和有效性负责。

建设项目名称	安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期） 核技术利用扩建项目
项目所在地	湖南省益阳市安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村
建设单位	安化县中医医院
检测单位	湖南省湘环环境研究院有限公司
检测时间	2022年11月4日
检测项目	环境 $\gamma$ 辐射剂量率

湖南省湘环环境研究院有限公司

2022年11月10日





湖南省湘环环境研究院有限公司  
Hunan Xianghuan Environmental Research Institute Co., Ltd

# 检测报告

湘环院（HJ）-2211190

项目名称：安化县中医医院医疗康复养老建设项目（一期）核技术利用扩建项目

委托单位：安化县中医医院

检测类型：委托检测


报告日期：二〇二二年十一月

湖南省湘环环境研究院有限公司

（检测专用章）



# 检测报告说明

- 一、检测报告无本公司  章、检测专用章及骑缝章无效。
- 二、检测报告无报告编制人、审核人、签发人签字无效。
- 三、检测报告须内容完整，涂改、增删无效。
- 四、由委托单位自行采样送检的样本，报告只对本次来样负责。
- 五、若对本报告有异议，请于收到报告之日起十五日内向我公司提出书面意见，逾期不予受理。
- 六、本报告各页均为报告不可分割之部分，未经公司书面批准，不得部分复制本报告；未经本公司同意，不得以任何方式用于广告宣传。
- 七、本公司坚持“公正、科学、准确、规范”的质量方针，对检测数据负责。

单 位： 湖南省湘环环境研究院有限公司  
Hunan Xianghuan Environmental Research Institute Co., Ltd

地 址：长沙市雨花区井莲路 397 号紫金国际（紫铭大厦）2210

邮 编：410018

电 话：0731-84152990

## 湖南省湘环环境研究院有限公司检测报告

## 一、基本情况:

受检单位	安化县中医医院		
受检单位地址	湖南省益阳市安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村		
委托单位	安化县中医医院		
联系人	李刚强	联系电话	17378079133
检测日期	2022年11月4日		
检测项目	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)		
检测评价依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)		

## 二、检测仪器检定/校准情况:

仪器名称	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射 空气比释动能率仪	检定/校准因子	1.08
仪器型号	JB4000	效率因子	1
仪器编号	17157	计量检定证书编号	2022H21-10-4182795005
有效期至	2023.10.17		

## 三、受检场所基本情况:

受检编号	场所名称	所在位置
01	直线加速器机房、 DSA 手术室 拟建地	益阳市安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村安化县中医医院医疗康复养老建设项目(一期)住院楼负一层直线加速器机房拟建地、门急诊医技综合楼一层 DSA 手术室拟建地
(以下空白)		

编制人:

111

审核人:

朱身所

签发人:

李治国

签发日期:

2022.11.10

湖南省湘环环境研究院有限公司

(检测专用章)

4301110167280



## 湖南省湘环环境研究院有限公司检测报告

## 四、检测结果:

受检编号: 01

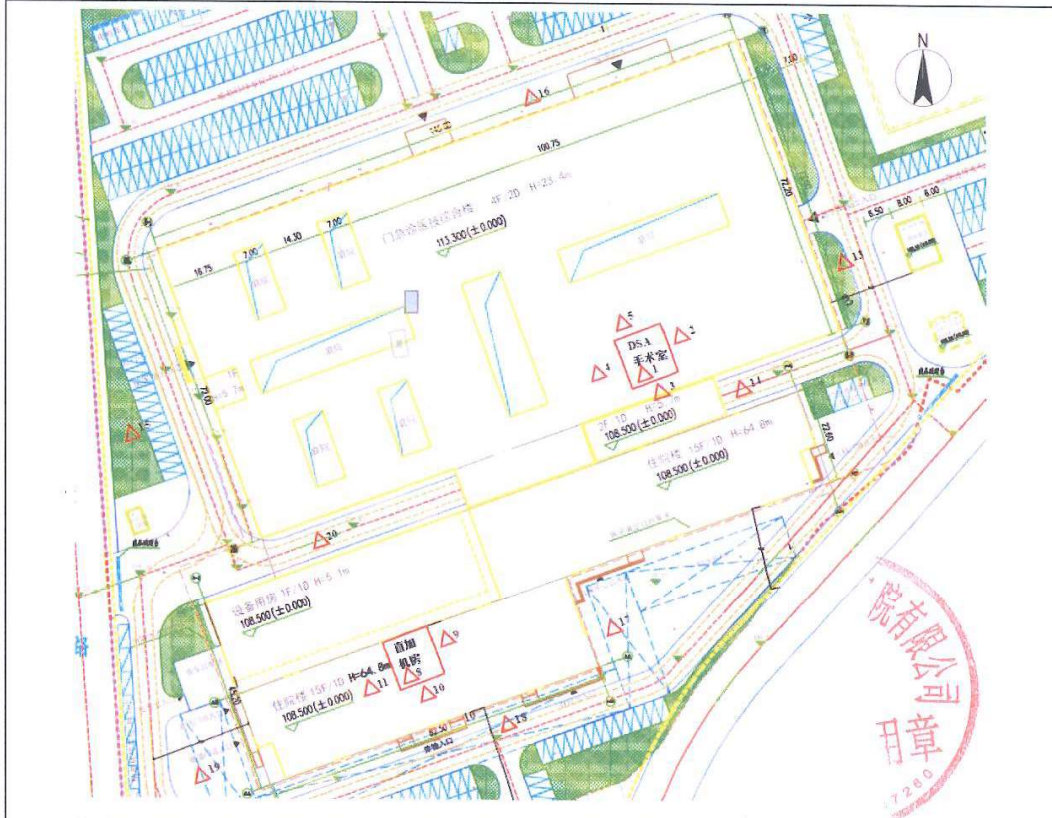
检测结果		
检测条件: 天气: 阴; 相对湿度: 60.3~65.5%; 温度: 14.3~17.5°C。		
检测点位 编号	点位描述	检测结果 (nGy/h)
△1	DSA 手术室拟建地	87.6±3.78
△2	DSA 手术室东侧拟建地	90.2±3.24
△3	DSA 手术室南侧拟建地	89.9±4.42
△4	DSA 手术室西侧拟建地	96.2±1.85
△5	DSA 手术室北侧拟建地	88.2±2.79
△6	DSA 手术室楼上拟建地	91.3±2.46
△7	DSA 手术室楼下拟建地	88.5±3.07
△8	直线加速器机房拟建地	89.2±3.81
△9	直线加速器机房东侧拟建地	93.0±2.60
△10	直线加速器机房南侧拟建地	87.8±3.71
△11	直线加速器机房西侧拟建地	89.6±3.56
△12	直线加速器机房楼上拟建地	87.2±3.50
△13	门急诊医技综合楼东侧	87.5±2.49
△14	门急诊医技综合楼南侧	89.4±2.82
△15	门急诊医技综合楼西侧	88.9±2.98
△16	门急诊医技综合楼北侧	88.2±3.59
△17	住院楼东侧	94.3±3.40
△18	住院楼南侧	94.9±2.47
△19	住院楼西侧	88.9±3.56

湖南省湘环环境研究院有限公司检测报告

△20	住院楼北侧	91.5±2.50
-----	-------	-----------

备注：以上检测数据均未扣除宇宙射线响应值。

检测点位示意图



备注：DSA 手术室拟建于门急诊医技综合楼一层，直线加速器机房拟建于住院楼负一层，△为检测点，其中△6、△7分别为 DSA 手术室楼上、楼下拟建地的巡测点，△12 为直加机房楼上拟建地的巡测点。

—报告结束—

# 安化县环境保护局

安环审（书）[2018]006号

## 关于《安化县中医医院医疗康复养老建设项目环境影响报告书》的批复

安化县中医医院：

你单位提交的《安化县中医医院医疗康复养老建设项目环境影响报告书》及相关附件收悉。经审查、研究，批复如下：

一、安化县中医医院医疗康复养老建设项目位于安化县东坪镇泥埠桥村、烟竹村。总用地面积 98106.6667 平方米，总建筑面积 202655 平方米；其中一期工程安化县中医医院住院综合楼已纳入湖南省十三五卫生项目储备库，用地面积 69773.68 平方米，总建设面积 118264 平方米；住院综合楼建成后达 1425 张床位，配套建设给排水、强弱电、道路绿化及应急、污水处理等基础设施。一期工程总投资 45065.28 万元，其中建设投资 40673.15 万元，预备费为 3012.83 万元。环保设施与工程同时建设，项目全部建成后同时验收。在你单位认真落实环评报告书提出的污染防治和生态保护措施，确保污染物达标排放的前提下，从环境保护的角度分析，我局同意该项目按照报告书提出的地点、规模、工艺、污染防治措施和生态保护措施实施建设。



二、安化县中医医院在项目设计、建设和营运期间，必须严格执行环保“三同时”制度，全面落实环评报告书提出的污染防治措施和生态保护要求，并着重作好如下工作：

1、施工前及施工期间，施工单位需要加强环境管理，建立健全环境管理机构，配备环保人员，完善环境管理制度，制定好风险事故应急预案，定期对“三废”处理设施进行维护和检查，严禁“三废”不经处理直接排放或超标排放；施工中采取有效措施，车辆运输过程中要有遮盖设施，减少扬尘及其他大气污染；项目建成后，做好水土保持与生态恢复工作。

2、必须严格落实环评提出的各项意见，执行环保“三同时”制度，做好“三废”污染防治工作；定期向当地环保和相关管理部门申报排污状况；装修期间使用的涂料包装桶等危险废物不允许随意丢弃，必须交由有处理资质的单位进行处置。

3、建设油烟废气收集通道，经油烟净化设施处理后由食堂屋顶油烟排气筒高空排放；锅炉燃用管道液化气，锅炉废气由排气筒高空排放；该项目污水处理站设计为地埋式，可大量减少臭味气体的散发，采用引风机送入除臭装置消毒净化处理后外排。

4、项目排水方式采取雨污分流、污污分流的方式，院内医疗废水经医疗废水处理站处理后必须达到《医疗机构水污染物排放标准》表2中预处理标准后经专管进入到项目南侧安化县城市污水管网；生活污水经隔油池、化粪池初步处理后必须达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表4中三级标准后排入安化县城市污水管网，最终均沿安化县城市

污水管网进入到安化污水处理厂深度处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准后排入资江。

5、医疗废水污泥经灭菌消毒达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 4 中医疗机构污泥控制标准后,随医疗废物一并处理。

6、除病理性废物外的其余医疗废物在院内收集暂存于院内医疗废物暂存间内,定期交由益阳市特许医疗废物集中处理有限公司处置;病理性废物集中送往安化县殡仪馆火化处理;生活垃圾交由环卫部门定期收集处理。

三、施工前期需完善项目区管网工程建设,确保项目投入使用后废水处理和排放能达标。项目建成后,按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的有关规定,及时申请和办理竣工环保验收手续。项目的环境保护现场监督管理由安化县环保局监察大队负责。

安化县环境保护局  
2018年3月28日





## 辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：安化县中医院

地址：安化县东坪镇沿江大道东路

法定代表人：胡文广

种类和范围：使用Ⅲ类射线装置

证书编号：湘环辐证[H0119]

有效期至：2026年3月11日

发证机关：益阳市生态环境局

发证日期：2021年3月12日

中华人民共和国生态环境部制

# 安化县中医医院文件

安中医发〔2021〕3号

## 安化县中医医院 关于成立辐射防护和安全管理机构的通知

为进一步贯彻落实《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，做好辐射防护工作，减少辐射危害，我单位决定成立辐射防护管理领导小组，具体成员如下：



组长负责辐射防护全面领导及辐射防护日常监督管理工作，对辐射防护管理制度的落实情况进行监督检查；相应成员负责日常工作防护，文件归档保管，文件传达学习等相关工作。

其中张牡丹为辐射防护兼职人员，负责放射诊疗工作的质量保证和安全防护，具体职责如下：

1. 组织制定并落实放射诊疗和辐射防护管理制度；
2. 定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行辐射防护检测、监测和检查；
3. 组织本机构放射诊疗工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训、个人剂量监测和健康检查；
4. 制定辐射事件应急预案并组织演练；
5. 记录本机构发生的辐射事件并及时报告环境保护行政部门。



## 关于确定年剂量管理目标值的文件

根据国家相关法律法规，结合我院拟新增设备的预计使用情况及医院现有医用射线装置的使用情况，确定我院放射工作人员及公众人员年剂量管理目标值如下：

人员类型	年剂量管理目标值
放射治疗和介入医师	5mSv/a
其他放射工作人员	2mSv/a
公众	0.1mSv/a

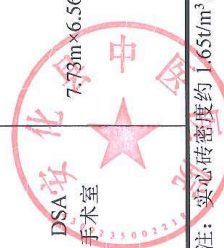


# 附件九 辐射防护设计方案

直线加速器机房、DSA 手术室屏蔽防护参数设计情况一览表

机房名称	机房尺寸	有效使用面积	屏蔽体	屏蔽防护设计参数
直线加速器机房	8.7m×7.7m×4.7m (不含迷道)	66.99m <sup>2</sup>	东侧墙体	主屏蔽墙: 3000mm 普通混凝土 主屏蔽墙宽度: 4100mm 副屏蔽墙: 1800mm 普通混凝土
			南侧墙体	迷路内墙: 1200mm 普通混凝土 迷路外墙: 1200mm 普通混凝土
			西侧墙体	主屏蔽墙: 3000mm 普通混凝土 主屏蔽墙宽度: 4100mm 副屏蔽墙: 1800mm 普通混凝土
			北侧墙体	1800mm 普通混凝土
			顶棚	3000mm 普通混凝土
			地面	夯实土层
			迷路类型	L 型
			防护门	18mmPb 铅板+150mm 含硼聚乙烯 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂 料
			四面墙体	12cm 混凝土+2mm 铅板 12cm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料
			防护门 (3 樘)	不锈钢门内衬 4mmPb 防护门
防护窗	4mmPb 铅玻璃观察窗			
DSA 手术室	7.73m×6.56m×5.2m (长×宽×高)	50.71m <sup>2</sup>		

注: 实心砖密度约 1.65t/m<sup>3</sup>, 混凝土密度约 2.35t/m<sup>3</sup>, 铅密度约 11.3t/m<sup>3</sup>, 硫酸钡防护涂料密度约 2.79t/m<sup>3</sup>。



# 湖南省安化县中医医院

## 安化县中医医院辐射事故应急处理预案

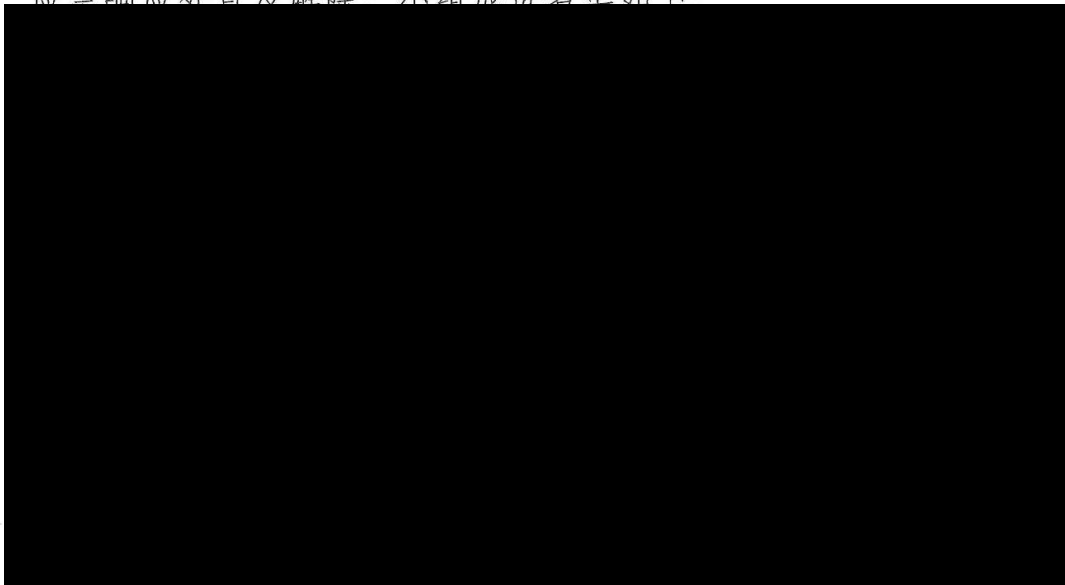
### 一、总则

为及时有效的调查处理辐射事件，减轻事件造成的后果，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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和防护管理办法》及其他有关要求，制定本预案。

### 二、组织机构

#### (一) 应急领导小组

本单位成立了辐射安全应急领导小组，组长为分管领导及相关负责人，成员由各有关人员组成。领导小组具体负责辐射事件发生时的应急处理工作，包括应急处理预案的启动、应急响应外置及解除。小组成员名单如下：



市公安局：110

## （二）应急领导小组职责

1. 定期组织对放射诊疗场所、设备和人员等辐射防护情况进行自查和检测，发现事件隐患及时上报至应急小组，并由应急小组相关负责人督促落实整改措施；

2. 负责辐射事件应急处理可行性方案的研究定制和组织实施工作；

3. 发生人员超剂量照射事件或者设备出现故障时，立即启动本预案；

4. 事件发生后立即组织有关部门人员进行辐射事件应急处理；

5. 发生辐射安全事件 2 小时内报告当地卫生计生、环境保护行政部门；

6. 迅速组织超剂量照射人员就医，撤离控制区内相关人员，控制事件的影响，防止事件的扩大蔓延，并及时对故障射线设备进行维护检修，合格后方可使用。

## 三、辐射事件应急救援应遵循的原则

（一）迅速报告原则；（二）主动抢救原则；（三）生命第一的原则；（四）保护现场，收集证据的原则；（五）科学施救，控制危险源，防止事件扩大的原则；

## 四、辐射事件应急处理程序

### （一）辐射事件应急预案的启动

当发生人为失误或放射诊疗设备故障等原因导致人员受到超过年剂量限值的照射时，当事人应立即报告负责人，

负责人接到报告后应立即报告应急领导小组组长，由组长决定是否启动应急预案并通知相关人员参与应急处置。

### （二）辐射事件应急响应处置

1. 当射线装置发生人员超剂量照射时，应立即切断电源，封锁事故现场，禁止无关人员进入检查室，通知设备生产厂家，并在2小时内报告当地卫生计生行政部门、环境保护部门，配合上述部门进行应急调查处理；

2. 立即转移受照射人员，送至指定的或有条件救治辐射损伤病人的医院进行检查和治疗；

3. 配合行政部门查明原因，对设备故障进行检维修。

### （三）辐射事件应急预案的解除

当发生辐射事件的射线装置修复后，必须经有资质的放射卫生技术服务机构进行检测合格，并报卫生计生行政部门批准方可解除应急预案。对事件有关资料及时收集，认真分析事件原因，并采取妥善的预防类似事件的措施，对有关责任人作出处理。



# 安化县中医医院

## 辐射人员健康、个人剂量和培训考核管理制度

为加强对放射源管理与放射工作人员健康管理，控制放射性物质的照射，规范放射工作防护管理，保障相关员工健康和环境安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，结合我院实际，特制定本方案。

### 一、个人剂量监测

1、我院辐射环境监测工作由放射防护领导小组组织，放射科具体实施，医院医务科负责联系有个人剂量监测资质的机构对我院放射工作人员进行个人剂量监测。

2、个人剂量监测期内，个人剂量计每三个月检测一次。佩戴周期第三个月份的月底各有关部门放射防护管理人员收齐本部门放射工作人员的个人剂量计后交至医务科更换佩戴个人剂量计，医务科统一将个人剂量计送至有资质机构检测并领取新的个人剂量计。

3、剂量监测结果一般每季度由医务科向各有关部门通报一次；当次剂量监测结果如有异常，医务科通知具体放射工作人员及部门分管领导。

4、医务科和放射防护领导小组负责建立我院放射工作人员的个人剂量档案。

岗。

2、卫生系统每两年培训一次，培训时间不少于两天；从事Ⅱ类射线装置使用的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加考核，有效期为五年，有效期届满时，按要求进行复训；仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员由医院从国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）和辐射安全培训微信公众号（“辐射安全培训”）上公布的参考试题库中按照考核规则选取题目，对本院仅从事Ⅲ类射线装置使用的辐射工作人员进行自主考核，有效期为五年，有效期届满时，按要求进行复训。

3、在培训中不得无故不参加，不得找人替代个旷课，若连续两次无故不参加或他人替代和旷课者，由医院或科室劝其调离放射工作岗位。

4、对初次参加放射诊疗工作的人员、放射实习生实习前必须进行相应的培训，培训方式和内容由医院或科室统一安排，并将培训内容、培训方式和考核成绩报医院放射防护管理部门备案后方可从事放射类工作。

5、对所有接受培训放射诊疗人员要求：

1) 了解本岗位工作中的辐射安全问题和潜在危险，并对其树立正确的态度；

2) 了解有关安全法规及与本岗位有关的辐射安全规程；

3) 了解和掌握减少受照剂量的原理和方法，以及有关



## 二、放射工作人员健康检查

1、我院医务科联系有放射人员职业健康检查资质的医院,组织相关放射工作人员每1~2年进行一次职业健康检查,并建立职业健康档案。未经体检和体检不合格者,不得从事放射性工作。

2、放射工作人员上岗前,应当进行上岗前的职业健康检查,符合放射工作人员健康标准的,方可参加相应的放射工作;

3、定期组织上岗后的放射工作人员进行职业健康检查,两次检查的时间间隔不应超过2年,必要时可增加临时性检查;

4、发现不宜继续从事放射工作的人员,按照法规要求及时调离放射工作岗位,并妥善安置;对需要复查和医学随访观察的放射工作人员,应当及时予以安排;

5、放射工作人员脱离放射工作岗位时,放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查;

6、为放射工作人员建立职业健康监护档案,并终生保存。

7、允许放射工作人员查阅、复印本人的职业健康监护档案。

## 三、放射人员培训考核

1、所有从事放射工作、的人员必须按照规定持有《放射工作人员证》和《辐射工作人员岗位培训合格证》上岗,必须参加放射防护和有关法律知识的培训,考核合格后方可上

防护器具、衣具的正确使用方法；

4) 提高工作人员操作技术熟练程度，避免一切不必要的照射；

5) 了解与掌握操作中避免或减少事故后果的原理和方法，懂得有关事故应急的必须对策。

6、对每个工作人员的安全培训情况要建立档案，该档案至少保存到该培训人员脱离辐射工作十年以后。



# 安化县中医医院设备维修及保养制度

## 一、设备的定期维护（每三个月进行一次）：

1、设备机械性能维护，配置块安全装置检查，各机械限位装置有效性检查，各运动运转装置检查，操作完整性检查。

2、设备操作系统的维护，检查操作系统的运行情况，各配置块及软件的运行状况和安全，大型设备均由产品公司专业技术人员进行维护、升级、调校、备份、记录。

3、设备电器性能维护：各种应急开关有效性的检查，参数的检查等。

二、设备的性能检测：每年进行一次，由医院设备科委托具有相应资质的第三方完成，医院设备科派人随同，并做好相关记录，检测报告应由设备科备案保存，同时复印一份给到医务科。

## 三、日常维护：

1、每日设备开机后应检查机器是否正常，有无错误提示，记录并排除。

2、做好设备损伤系统的重启，恢复设置工作，应做到每日一次。

3、严格执行正确开关机程序，设备不工作期间应调至待机状态。

4、每日工作完成后，做好设备的清洁工作，避免污染及粉尘等造成设备故障。

## 四、专人负责：

每台设备的维护保养由专人负责，日常工作做好工作记录，出现故障及时上报相关科室领导，如故障不能及时排除应能知设备科及相关部门，及时进行排障和维修，并作好记录。



# 个人剂量、辐射场所监测计划

按照国家有关标准、规范的要求，安排本单位的辐射监测计划，并遵守下列规定：

## 一、个人剂量监测

1、外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天；内照射个人剂量监测周期应按照有关标准执行。

2、建立并终生保存个人剂量监测档案，允许放射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

3、个人剂量监测档案应当包括：

（1）常规监测的方法和结果等相关资料；

（2）应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。

4、放射工作人员进入放射工作场所，应当遵守相关规定。

5、正确佩戴个人剂量计，严禁将个人剂量计遗落在导管室，规范个人剂量计的佩戴。

6、负责个人剂量监测工作人员把本单位放射工作人员个人剂量计送检到具备相应资质个人剂量检测技术服务机构承担。

## 二、辐射场所监测

1、每年至少一次对所有辐射工作场所及其防护设施进行辐射防护监测。

2、辐射工作场所监测不合格的，医院暂停使用该辐射

工作场所。待该辐射工作场所加强防护并监测合格后再投入使用。

3、辐射工作场所监测委托具备相应资质的第三方技术服务机构承担。



## 辐射防护与安全保卫制度

一、放射影像科主任负责放射诊疗工作的辐射安全防护。

二、每年至少一次，由医院委托有资质的第三方机构对辐射工作场所和防护设施进行辐射防护检测，保证辐射水平符合有关规定或者标准。

三、辐射工作人员须按规范佩戴内、外照射个人剂量计，个人剂量监测周期应按照有关标准执行。

四、按照有关规定和标准，对辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的健康检查，定期进行专业及防护知识培训，并分别建立个人剂量、职业健康管理和教育培训档案。

五、辐射工作人员对患者和受检者进行医疗照射时，应当遵守医疗照射正当化和放射防护最优化的原则，有明确的医疗目的，严格控制受照剂量，对邻近照射野的敏感器官和组织进行屏蔽防护，并事先告知患者辐射对健康的影响。

六、在实施放射诊断检查前应当对不同检查方法进行利弊分析，在保证诊断效果的前提下，优先采用对人体健康影响较小的诊断技术。实施检查应当遵守下列规定：

（一）严格执行检查资料的登记、保存、提取和借阅制度，不得因资料管理，受检者转诊等原因使用受检者受到不必要的重复照射。

（二）不得将X射线胸部检查列入对婴幼儿及少年儿童体检的常规检查项目。

（三）对育龄妇女腹部或盆骨进行X线检查前，应问明

是否怀孕，对非特殊需要，对受孕后八至十五周的育龄妇女，不得进行下腹部放射影像检查。

（四）应当尽量以胸部 X 射线摄影代替胸部荧光透视检查。

（五）实施 X 射线照射时，应当禁止非受检者进入操作现场，因患者病情需要其他人陪检时，应对陪检者采取防护措施。

