

核技术利用建设项目

首都儿科研究所附属儿童医院通州院区  
使用直线加速器项目环境影响报告表

首都儿科研究所附属儿童医院

2024年4月

表 1 项目基本情况

建设项目名称		首都儿科研究所附属儿童医院通州院区使用直线加速器项目				
建设单位		首都儿科研究所附属儿童医院				
法人代表		张建	联系人	杨晓倩	联系电话	
注册地址		北京市朝阳区雅宝路 2 号				
项目建设地点		北京市通州区宋庄镇，北京城市副中心 0704 街区				
立项审批部门		北京市发展和改革委员会	批准文号	京发改（审）（2023）636 号		
建设项目总投资（万元）		*****	项目环保投资（万元）	101	投资比例（环保投资/总投资）	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积(m <sup>2</sup> )	190
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			
	其他	/				
	<p><b>1.1 建设单位概况</b></p> <p>首都儿科研究所是新中国第一家儿科医学研究所，前身是中国医学科学院儿科研究所，成立于 1958 年。1983 年归属北京市卫生局，正式更名为首都儿科研究所，1986 年附属儿童医院正式成立。附属儿童医院（以下简称“医院”）为三级甲等医院，属于公立非营利性医疗机构，是集儿科基础研究、临床、高等教育、预防保健为一体的儿科医学机构，是北京协和医学院联合申报儿科学博士、硕士学位授权点，国务院学位办批准的临床医学一级学科硕士学位授权点，北京大学医学部博士、硕士培养点。</p>					

医院技术实力领先，拥有呼吸内科、重症医学科 2 个国家临床重点专科，国家卫计委卫生行业专项课题先天重大畸形治疗技术科技攻关牵头单位、中国出生缺陷救助“示范基地”、全科联盟联合诊疗中心成员单位、中国儿童糖尿病管理中心、中华医学会儿科学组委员单位 5 个国家级平台，爱婴医院、北京市/朝阳区危重新生儿转会诊指定医院、儿科学科协同发展中心（东区）牵头单位、呼吸道疾病诊断治疗中心、北京市级危重新生儿救治中心、北京市新生儿学组组长单位 6 个北京市级平台。

首都儿科研究所附属儿童医院位于北京市朝阳区雅宝路 2 号，编制床位 400 张。医院面向 0 至 18 岁儿童提供预防保健和医学诊疗服务，设有 31 个临床科室，6 个医技科室。2023 年门诊量 257 万余人次，出院病人 4.1 万余人次，住院手术病人 1.2 万余人次。

首都儿科研究所附属儿童医院通州院区建设项目（以下简称“首儿所通州院区项目”）是落实北京城市总体规划，有序推进医疗卫生功能疏解转移，促进医疗卫生资源均衡布局的重点工程项目，是完善副中心公共服务体系的重点项目。首儿所通州院区项目位于北京市通州区宋庄镇，规划北京城市副中心 0704 街区内，用地面积约 91524 平方米，设置床位 800 张，总建筑面积约 18.6 万平米，其中，地上建筑面积 113300 平方米，地下建筑面积为 73100 平方米，主要功能为门（急）诊、住院、医技、传染性疾病预防、教学科研、办公等，配套建设给水、排水、通风、热力、气体供应等辅助工程。

2022 年 11 月 4 日，首儿所通州院区项目（不含核技术利用建设内容）取得了《北京市通州区生态环境局关于对首都儿科研究所附属儿童医院通州院区建设工程项目环境影响报告书的批复》（通环审〔2022〕0046 号）。首儿所通州院区建设工程项目计划于 2024 年上半年开工建设。

首都儿科研究所附属儿童医院院本部和规划的通州院区建设项目地理位置见附图 1 所示。

首儿所通州院区项目用地规划情况见附图 2 所示，项目建筑设计布局情况及主要建筑设计鸟瞰图见图 1-1 所示。

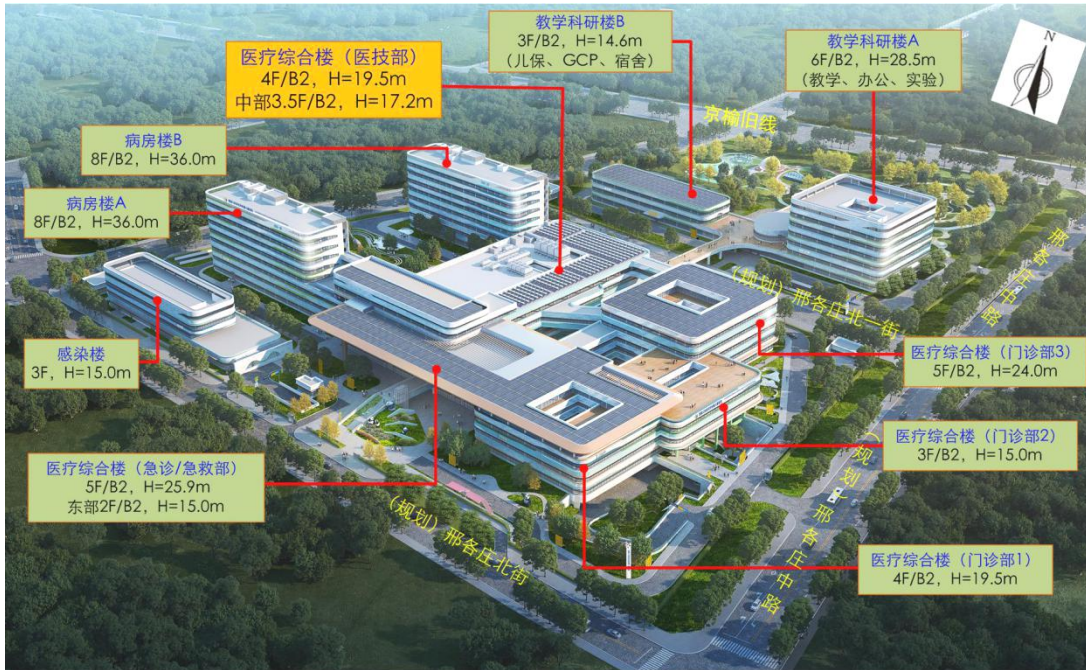


图 1-1 首儿所通州院区项目建筑设计鸟瞰图

## 1.2 本项目核技术利用内容

首儿所通州院区规划开展放射诊断、核医学诊疗和放射治疗项目，按照工程建设安排，与整体工程同期建设，同步投入使用。

本报告评价内容为：建设放射治疗科，使用 1 台医用 6/10MV 电子直线加速器（属于 II 类射线装置）。

本项目属于使用 II 类射线装置类核技术利用建设项目。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》《建设项目环境保护管理条例》等法律、法规有关规定和要求，本项目需进行环境影响评价。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，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”，需编制环境影响评价报告表，在项目建设前报生态环境管理部门审批。

## 1.3 实践正当性分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)，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时，该实践才是正当的。

放射性同位素与射线装置应用于放射诊断、放射治疗和核医学诊疗是临床医学的重要而又先进的技术手段，对于保障人体健康，诊断和治疗疾病有着十分重要的作用。本项目建设运营以后，将为北京市城市副中心及周边区域居民提供优质的核技术应用医疗服务，具有明显的社会效益，同时将提高医院的医学诊疗技术和服务水平，吸引更多的就诊人员，在服务保障儿童健康的同时也将为医院创造经济效益。

综合分析，本项目的实施对受照患者和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，对工作人员和公众的辐射影响完全满足国家相关标准要求，项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》有关辐射防护“实践的正当性”原则要求。

## 1.4 产业政策与规划符合性分析

### 1.4.1 产业政策符合性分析

首儿所通州院区项目不属于《北京市新增产业的禁止和限制目录(2022年版)》(京政办发〔2022〕5号)规定的禁止和限制范围。2023年11月，项目取得《北京市发展和改革委员会关于批准首都儿科研究所附属儿童医院通州院区项目建议书(可行性研究报告)的函》批复文件。根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》，医院的建设属于“鼓励类”中“三十七、卫生健康，1.医疗服务设施建设”；放射介入用DSA设备属于“鼓励类”中“十三、医药，4.高端医疗器械创新发展：高性能医学影像设备”。因此，本项目属于政策鼓励类产业，符合国家和北京市产业政策。

### 1.4.2 规划符合性分析

本项目符合《北京市城市副中心(通州区)“十四五”时期卫生健康事业发展规划》(北京市通州区卫生健康委员会，通卫健发〔2021〕15号)提出的建设与城市副中心功能定位相适应的、优质高效的医疗服务体系，建设首都儿科研究所附属儿童医院通州院区，承担辐射全区及(河北省廊坊市)北三县的儿科疑难重症诊疗职能的规划任务要求。

本建设项目符合《北京城市副中心控制性详细规划(街区层面)(2016年—2035年)》提出的提供基本民生服务保障，坚持病有所医，建立覆盖城乡、服务均等的医疗服务体系的规划目标要求。本项目规划建设用地位于该规划0704街区范围内，属于“医疗卫生用地”。

## 1.5 本项目位置及选址情况

首儿所通州院区项目位于北京市通州区宋庄镇，京榆旧线道路南侧，规划北京城市副中心 0704 街区内，其东侧为规划邢各庄中路，南侧为规划邢各庄北街，西侧为规划辛庄中路，院区中部有规划邢各庄北一街穿过。项目建设用地位置和周围环境情况见附图 1、附图 2 和附图 3 所示。本建设项目场址原为农田和林地等开发利用的土地。

本项目将放疗科选址在医疗综合楼医技部地下一层相对单独的区域，工作区相对集中布置，便于服务门诊和住院患者，便于人员管控。加速器治疗室选址比较全面地考虑建设场地空间适用性和医院的整体医疗流程便利性，尽可能减少对周围环境的辐射影响，辐射工作场所周围相邻区域设计为公众人员无法到达或者较少停留场所。综合分析，项目选址相对合理可行。

## 1.6 核技术利用及辐射安全管理现状

### 1.6.1 核技术利用现状

首都儿科研究所附属儿童医院目前在放射科、骨科、口腔科配置使用 CT 机、DR 机、X 射线 C 形臂机等设备开展放射诊断应用，配置 1 台 DSA 设备在心血管内科、介入血管瘤科开展介入放射诊断和治疗应用。医院现有核技术利用已获得北京市生态环境局行政许可。医院持有的辐射安全许可证有效期至 2025 年 8 月 11 日，获得许可的种类和范围是：使用 II 类、III 类射线装置。已获许可使用的射线装置情况见表 1-2。

表 1-2 现状使用射线装置情况表

序号	装置名称	类别	数量	用途	使用场所
1	数字血管造影机 (DSA)	II	1	介入诊疗	心血管内科
2	CT 机	III	2	放射诊断	放射科 (门诊楼)
3	CT 机	III	1	放射诊断	放射科 (发热门诊楼)
4	DR 机	III	3	放射诊断	放射科 (门诊楼)
5	床旁机	III	4	放射诊断	放射科 (病房楼)
6	床旁机	III	1	放射诊断	放射科 (发热门诊楼)
7	双能骨密度仪	III	1	放射诊断	放射科 (门诊楼)
8	数字胃肠机	III	1	放射诊断	放射科 (门诊楼)
9	口腔 CT 机	III	1	放射诊断	口腔科

10	牙片机	III	1	放射诊断	口腔科
11	医用 X 射线 C 型臂	III	1	放射诊断	骨科
说明：共计 17 台，其中，1 台 II 类射线装置，16 台 III 类射线装置					

### 1.6.2 履行环保审批情况

近 5 年来办理的建设项目环保审批及环保验收的情况表 1-3。

表 1-3 建设项目履行环保审批情况

序号	环评批复文号 / 备案号	项目名称	类别	备注
1	20191101050001458	新建射线装置应用项目	登记表	新增 1 台口腔 CT 机。已登记入证
2	201911010500008113	新建射线装置应用项目	登记表	新增 1 台牙科 CR X 射线机。已登记入证
3	202011010500004925	新建射线装置应用项目	登记表	发热门诊新增 1 台 CT 机、1 台 DR 机、1 台床旁 DR 机。已登记入证
4	202111010500000064	新建射线装置应用项目	登记表	新增 1 台床旁 DR 机。已登记入证
5	2206-110105-04-01-944434	新建 III 类射线装置应用场所建设项目	登记表	骨科新增 1 台 C 形臂 X 射线机。已登记入证
6	221011010500000064	更新 III 类射线装置并改建应用场所建设项目	登记表	更新 1 台 DR
7	京环审 (2024) 2 号	新增使用血管造影机项目	报告表	新增 1 台双管头 DSA。建设中，未登证
8	通环审 (2022) 0046 号	首都儿科研究所附属儿童医院通州院区建设工程项目	报告书	评价内容不含核技术利用内容
9	202411010500003158	新增医用 C 形臂并改建机房建设项目	登记表	院本部新增 1 台 C 形臂 X 射线机 (2024 年 3 月备案)

### 1.6.3 辐射安全管理现状

#### (1) 设置辐射安全与防护管理机构

首都儿科研究所附属儿童医院成立医院辐射安全防护小组负责全院辐射安全与防护监督管理工作，划定职责与分工，保障医院辐射工作人员、非放射工作岗位工作人员和社会公众的健康与安全。由院长任组长，主管院领导任副组长，医务处、医学工程处、总务处、保卫处、放射科、心血管内科、介入血管瘤科、口腔科和骨科等负责人担任小组成员，负责管理全院辐射安全管理工作。院部办公室、有关职能部门和科室人员，要求按照辐射安全责任制的相关要求，履行各自辐射安全工作职责，分管负责人对职责范

围内的辐射安全工作负责。医务处负责管理全院辐射安全工作，内设专人承办医院辐射安全日常事务工作。

#### (2) 建立辐射防护规章制度

医院根据放射诊疗应用实际情况，已制定了相对完善的管理制度和操作规程，包括辐射安全防护小组及岗位职责、射线装置操作规程、辐射工作人员培训计划、辐射工作场所安全和防护管理制度、设备检修维护制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、工作场所和环境辐射水平监测方案、台帐管理制度、辐射安全事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

#### (3) 辐射工作人员管理

医院现有从事辐射工作的人员共 75 人，均已通过了辐射防护与安全培训考核，并取得合格证书持证上岗。医院现有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托北京市疾病预防控制中心承担，监测频度为每 3 个月检测一次。评价期间评价单位调阅了医院 2022 年度工作人员个人剂量监测报告，全部辐射工作人员年受照剂量监测结果均不超过 0.136mSv，说明医院辐射安全与防护措施可行。

#### (4) 辐射环境监测管理

医院已制定辐射工作场所监测制度和监测方案，每年一次委托专业检测机构实施监测，检测内容包含工作场所辐射水平监测和环境辐射水平监测，监测记录和监测报告存档。辐射环境监测报告随本单位辐射安全和防护年度评估报告一并提交北京市生态环境局。2023 年 4 月，医院委托凯杰方大检测技术河北有限公司对辐射工作场所进行了检测，检测评价结果为：机房屏蔽体外周围剂量当量率均不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足 GBZ130—2020 的相关规定要求。

#### (5) 辐射安全管理年度报告

医院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，未发生辐射安全事故（件），依据法律法规每年对本单位射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，已编写并上报了 2023 年度评估报告。



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
	-							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何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》（GB18871—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	额定流强 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	II	1	待定	电子	X 射线: 10MV 电子束: 22MeV	X 射线: 6MV/10MV 普通模式: 600MU/min; 6MV FFF 模式: ≤1400MU/min; 10MV FFF 模式: ≤2400MU/min 电子束: 1000cGy/min	放射治疗	医疗综合楼 (医技部) 地下一层放射治疗科	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	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 (μA)	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
加速器废靶，加速器 维修拆除的活化部件	固态	活化成分		-	-	-	不暂存	交城市放射性废物库， 或由厂家回收
臭氧和氮氧化合物 (直线加速器机房)	气态	-	-	-	少量	$O_3 < 0.30\text{mg}/\text{m}^3$	不暂存	工作场所通风系统收 集，送至楼顶高处排放

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/k 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改&lt;建设项目环境保护管理条例&gt;的决定》（国务院 682 号令）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）修改，施行）；</p> <p>(6) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》（部令 第 47 号）对其进行了修改，2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令 第 7 号）对其进行了修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）；</p> <p>(9) 《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）；</p> <p>(10) 《关于发布&lt;放射性废物分类&gt;的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号）；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021 版）》（生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(12) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环境保护部办公厅环办辐射函〔2016〕430 号文）；</p> <p>(13) 《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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令 第 9 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行）；</p>
------------------	--

	<p>(15) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，北京市环境保护局文件，京环发 [2011] 347 号；</p> <p>(16) 《北京市环境保护局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，京环办 [2018]24 号， 2018 年 1 月 25 日。</p>
技术标准	<p>(1) 《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 核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1—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) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157—2021）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61—2021）；</p> <p>(6) 《环境空气质量标准》（GB3095—2012）；</p> <p>(7) 《放射性废物管理规定》（GB14500—2002）；</p> <p>(8) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）；</p> <p>(9) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020）；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128—2019）；</p> <p>(11) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1—2007）；</p> <p>(12) 《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>(13) 《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS674—2020）；</p> <p>(14) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1—2019）。</p>
其他	<p>(1) 首都儿科研究所附属儿童医院通州院区建设工程核技术利用项目环境影响评价委托服务合同书；</p> <p>(2) 首都儿科研究所附属儿童医院提供的与本项目环评相关的资料；</p> <p>(3) 首都儿科研究所附属儿童医院通州院区建设工程核技术利用项目防护设计图纸及方案；</p> <p>(4) 生态环境部发布《2022 年全国辐射环境质量报告》。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

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）要求，并结合本项目具体情况，确定评价范围为：以辐射工作场所控制区实体屏蔽外周界向外围扩展 50m 的区域。本项目评价范围主要为辐射工作场所所在医疗综合楼—医技部建筑及相邻的门诊部建筑和病房楼建筑，以及北侧相邻规划市政道路——邢各庄北一街。

### 7.2 保护目标

本项目环境保护目标主要为辐射工作人员和公众，包括：（1）放疗科辐射工作人员；（2）核医学科辐射工作人员；（3）承担介入手术的辐射工作人员；（4）公众，包括：① 辐射工作场所所在建筑及周围相邻建筑内的非放射性岗位工作人员、患者及其陪护人员、来访者等；② 评价范围内经过或停留的其他人员。具体列于表 7.2-1。

**表 7.2-1 环境保护目标调查情况表**

直线加速器治疗室 / 医疗综合楼医技部，地下一层				
周围 50m 范围内建筑物	方位	距离	环境保护目标	规模
直线加速器治疗室及其控制室	场所内	-	辐射工作人员	6 人
CT 模拟定位机检查室	西侧	5m	辐射工作人员	2 人
放疗科工作区	南侧	紧邻至 12m	辐射工作人员、公众	12 人
东侧公共通道、电梯前室、楼梯间	东侧	2m 至 13m	公众	流动人员
北侧公共通道	北侧	紧邻至 3m	公众	流动人员
学术沙龙	上方	紧邻	公众	流动人员
医疗综合楼医技部、门诊 3 号楼；病房楼 B	周围	紧邻至 50m	公众	180 人

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）有关辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值规定。摘录列于表 7.3-1。

**表 7.3-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值**

辐射工作人员	公众关键人群组成员
--------	-----------

连续 5 年的年平均有效剂量不超出 20mSv，且任何一年中的有效剂量不超出 50mSv。	年有效剂量不超出 1mSv，特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。
眼晶体的当量剂量 150mSv/a； 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a。	眼晶体的当量剂量 15mSv/a； 皮肤的当量剂量 50mSv/a。

注：表中剂量限值不包括医疗照射和天然环境辐射照射。

### 7.3.2 剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 11.4.3.2 款，规定了个人受照射剂量约束值管理要求，按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数，公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。

综合考虑本项目使用放射性同位素和射线装置规划，并为将来扩大核技术应用实践规模留出余地，建议本项目取年有效剂量限值的 1/4 作为职业照射个人有效剂量约束值，即 5mSv/a；公众受照剂量约束值取 0.1mSv/a。

### 7.3.3 放射工作场所周围剂量率控制水平

参考《放射治疗放射防护要求》(GBZ121—2020)有关规定确定，有关内容摘录如下：放射治疗机房墙和入口门外 30 cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平：

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，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平，见式 (A)：

$$\dot{H}_c \ll H_e / (t \times U \times T) \dots\dots\dots (A)$$

式中：

$\dot{H}_c$  ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$H_e$  ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

t ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）；

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；



T ——人员在关注点位置的居留因子，全居留取 1；部分居留取 1/4；偶然居留取 1/16。

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平：①人员居留因子  $T > 1/2$  的场所： $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；②人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所： $\leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ；

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平。

#### 7.3.4 工作场所空气中 $\text{O}_3$ 和 $\text{NO}_2$ 浓度限值

执行职业卫生防护标准《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》(GBZ2.1—2019)规定，工作场所空气中  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_2$  浓度限值分别为  $0.3\text{mg/m}^3$  和  $5\text{mg/m}^3$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

## 8.1 项目地理及场所位置

首都儿科研究所附属儿童医院通州院区建设项目位于北京市通州区宋庄镇，京榆旧线道路南侧，规划北京城市副中心 0704 街区内。本建设项目场址原为农田和林地等开发利用土地。根据现场踏勘，目前项目所在地为施工工地，已开挖建筑基坑，拟用场地周围主要为道路、预留建设空地、施工营地、物料堆场等。拟建地周围评价范围内没有发现电离辐射源，与周围辐射环境趋于一致。

放疗科工作区设在医技楼地下一层北区。

## 8.2 环境质量和辐射现状

### 8.2.1 项目所在区域辐射环境质量调查

生态环境部发布的《2022 年全国辐射环境质量报告》监测数据显示，北京市环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线响应值）自动监测结果：年均值范围在 61.0~90.0nGy/h，累积剂量监测结果：年均值范围在 64.7~83.0nGy/h。

根据《北京市环境天然贯穿辐射水平调查研究》（《辐射防护》，1992 年 11 月刊）调查结果，北京市宇宙射线电离成分所致室外环境空气吸收剂量率范围在 30.5~38.1nGy/h；通州区原野  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率（扣除宇宙射线响应值）范围在 44.0~65.8nGy/h，道路  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率（扣除宇宙射线响应值）范围在 25.0~76.2nGy/h。

### 8.2.2 项目场址辐射环境质量监测结果

#### （1）环境现状监测情况

评价单位委托浙江建安检测研究院有限公司对建设项目场地及周围环境辐射水平进行了检测。监测因子为环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

监测日期：2022 年 6 月 30 日。天气情况：晴，温度 22℃，相对湿度 49%。

#### （2）监测技术方法及监测仪器

依据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行现场检测。

监测设备型号及技术指标列于表 8.2-1 内。

**表 8.2-1 X-γ辐射剂量当量率仪技术参数表**

仪器名称	X-γ 辐射剂量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess
仪器编号	05037405
能量范围	20keV-7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h-100 μ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 μ Sv/h
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书	DLj12021-16347
检定有效期	2021 年 07 月 30 日~2022 年 07 月 29 日

(4) 监测质量保证措施

- ① 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的代表性和可比性；
- ② 监测方法采用国家有关部门颁发的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；
- ③ 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- ④ 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验；
- ⑤ 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(5) 辐射环境现状监测结果及评价

本建设工程项目场址环境辐射环境监测结果见表 8.2-2，监测布点图见图 8.2 所示。

**表 8.2-2 建设项目场址环境辐射监测结果表**

监测点编号	监测点位置描述	监测结果 (nGy/h)
1	场地东北角点位①	28±2.8
2	场地东侧点位②	28±2.1
3	场地东侧点位③	30±1.8
4	场地东南角点位④	32±1.4
5	场地南侧点位⑤	37±2.1
6	场地南侧点位⑥	38±1.9
7	场地西南角点位⑦	35±1.1

8	场地西侧点位⑧	33±1.6
9	场地中部点位⑨	38±2.0
10	场地西侧点位⑩	41±2.2
11	场地中部点位⑪	38±1.9
12	场地中心点位⑫	36±1.7
13	场地西北角点位⑬	31±2.0

说明：监测结果已扣除宇宙射线响应值。



图 8.2 建设场地环境监测布点位置示意图

### 8.2.3 项目场址辐射环境质量评价

从辐射环境监测结果可知，拟建项目场址环境 $\gamma$ 辐射水平与北京市及通州区环境天然贯穿辐射剂量率调查结果相比较，属于正常本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期污染源项分析

本项目主体工程的环境影响工作已另行委托环境影响咨询服务机构承担。本项目建设施工主要包括：工作用房建筑主体结构和二次结构施工，电气、供排水、通风等工程施工，装修施工、设备安装、调试等施工。在本项目代建单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

本项目所有设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线和臭氧。建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过机房屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

### 9.2 电子直线加速器污染源项分析

#### 9.2.1 医用直线加速器放射治疗技术简述

放射治疗是利用辐射对恶性肿瘤进行照射使其生长受到抑制而致死的一种疗法，简称放疗。放疗的基本原则是破坏恶性肿瘤和保存正常组织。放射治疗是从发现 X 射线及放射性物质后才开始的，随着放射物理学、放射生物学、临床肿瘤学及各种放射治疗装置的发展，已和手术治疗、化学治疗一起成为治疗恶性肿瘤的三大主要手段。约有 70% 的恶性肿瘤患者需要进行放射治疗。

常用的放射治疗设备依辐射来源可划为加速器治疗装置和放射性核素治疗装置两大类。按照射方式可分为体外远距离用的外照射治疗机及在人体腔内或肿瘤组织间近距离照射用的后装源治疗机两大类。临床上常用电子直线加速器产生 6MV、10MV 或更高能量 X 射线，以及电子束开展放射治疗。

#### 9.2.2 医用直线加速器工作原理及设备构成

典型医用直线加速器结构组成见图 9.2-1 所示。

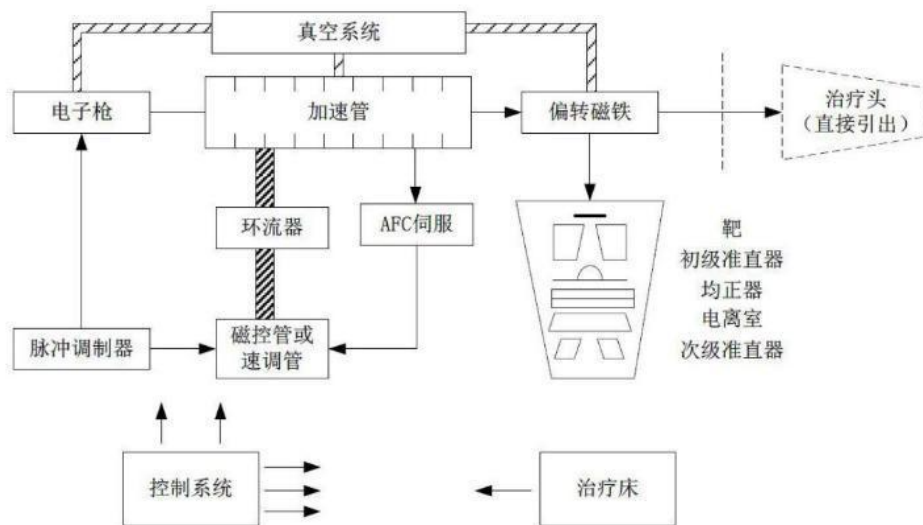


图 9.2-1 医用电子直线加速器结构框图

医用电子直线加速器是利用微波电场，沿直线加速电子达到较高能量，从而获得高能 X 射线或电子线的放射治疗装置。其主要构成包括：①加速系统；②辐射系统；③剂量检测系统；④机架及治疗床运动系统；⑤电气控制系统；⑥温控及充气系统六部分组成。其中，加速系统是医用电子直线加速器的核心，由加速管、微波传输系统、微波功率源、高压脉冲调制器等组成。

加速器辐射系统位于机架端部，主要由靶、X 射线均整器、电子线散射箔、准直器、电离室、多叶光栅、辐射屏蔽体等组成，其作用是使从加速系统产生的辐射符合放射治疗的特殊要求（均整器模式、无均整器模式、输出射线种类及能量、辐射剂量率、辐射野面积形状等）。

加速电子束经偏转或垂直出射，与高原子序数物质如钨制成的靶相互作用，韧致辐射产生 X 射线，其能谱中最大能量等于入射电子的能量，平均能量约等于其 1/3 最大能量。X 射线均整过滤器在初级准直器开口的下方，为一锥形体。在有均整器（Flattening Filter, FF）模式下，由于均整器呈锥形，射线束穿过后，其中央部分的强度会被减弱，在照射野内的分布变得较均匀。在非均整器（Flattening Filter Free, FFF）模式下设备输出剂量率可显著提高，极大缩短治疗时间，在旋转调强放疗临床适用性方面显示了较明显的优势。

在电子束治疗模式时，加速电子经偏转后穿过电子窗直接引出。由于束流宽度仅为 3mm，不能满足临床治疗要求。为将射线束展宽，根据电子束易于散射的特性，通常采用散射箔技术。电子束通过散射箔扩展后，先经过次级准直器，再经电子束限光筒形成治疗用照射野。

### 9.2.3 加速器机架及治疗床控制

加速器机架带动辐射头沿旋转轴做  $0^{\circ} \sim \pm 180^{\circ}$  范围旋转，使得辐射束可随机架旋转而改变射入方向。治疗床用于支撑患者，方便放疗摆位，由床面纵向运动部件、横向运动部件、垂直升降部件、公转部件组成。治疗床整体绕等中心的旋转与机架旋转运动的结合，使得辐射束可以从任何方向入射病灶。

加速器机架及治疗床控制如图 9.2-2 所示。

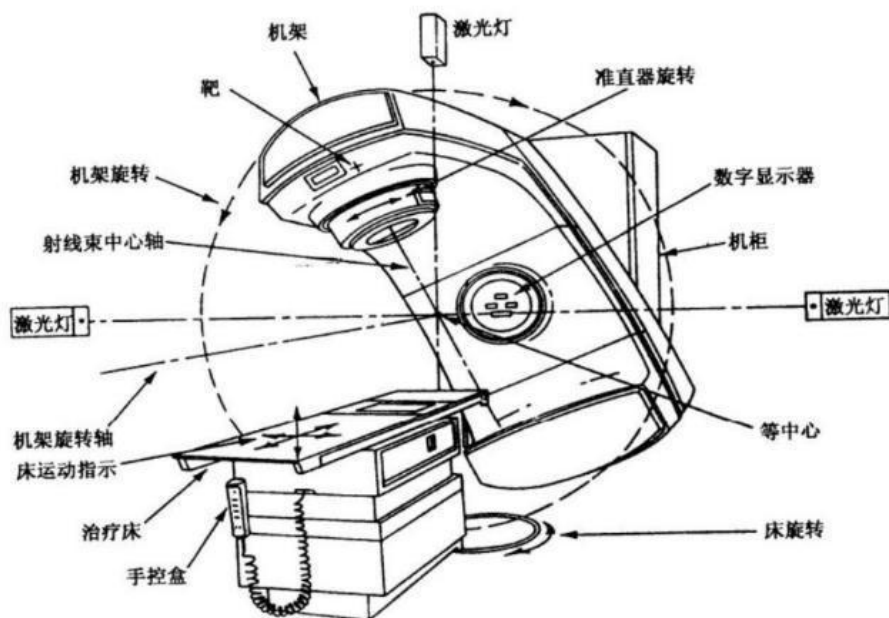


图 9.2-2 常见直线加速器治疗单元结构示意图

### 9.2.4 加速器放射治疗工作流程

- ①临床诊断：确定为加速器放疗临床适应症患者，进行 CT 模拟治疗定位。
- ②设计治疗计划：借助计算机治疗计划系统（TPS）进行治疗计划设计，选择能量、照射野大小、治疗剂量与剂量比、楔形滤过板等。
- ③确认治疗计划：对患者治疗计划进行剂量模拟验证，修订完善治疗计划。

④执行放射治疗计划，工作步骤如下：

- 1) 核对患者基本信息。
- 2) 放疗技师及护理人员引导患者进入治疗室，进行摆位。
- 3) 固定患者治疗体位。
- 4) 除了待治疗病人，其余人员撤出治疗室，关闭防护门。
- 5) 核对加速器的物理、几何参数，按照治疗计划启动加速器出束指令，进行治疗。治疗期间通过视频监控和对讲系统观察掌握患者情况。
- 6) 治疗完毕，加速器停止出束，工作人员方可进入治疗室。
- 7) 工作人员协助患者下床，观察患者无异常情况时允许其离开治疗室。

### 9.2.5 主要放射性污染和污染途径

(1) 拟配置设备放射技术参数

表 9.2-1 拟配置电子直线加速器放射技术参数表

序号	技术指标	技术指标或参数
1	设备名称型号	待定
2	X 射线能量(MV)	两档：6、10
3	电子线能量 (MeV)	6、9、12、15、22
4	主射束最大出束角度	半角 14°
5	源轴距 (SAD)	1.0m
6	X 射线最大照射野	40cm×40cm
7	等中心点 X 线剂量率最大值*	6MV/10MV 普通：600MU/min 6MV FFF 模式：1400MU/min 10MV FFF 模式：2400MU/min
8	X 线影像系统	断层扫描束：140kV
9	机头 X 射线泄漏率	≤0.1%
10	治疗束屏蔽体	-

说明：输出剂量标定 100MU=100cGy=1Gy；电子线治疗最大剂量率≤1000cGy/min。

(2) 加速器设备运行工作负荷

本项目拟选直线加速器可选 6MV/10MV 两档 X 线束和多档电子线治疗模式，并具备 CT 影像系统，可选择 X 线常规旋转治疗模式、适形调强放射治疗 (IMRT) 模式、电子线治疗模式和 kV 级 CT 成像模式。加速器放射治疗 6MV 档 X 线束、10MV 档 X 线束和电子线治疗模式的高压机时占比约为 8:1:1。有效开机时间每年按 50 周计，每台



加速器每周最多治疗 200 人次，X 线束既开展常规放射治疗，也开展 IMRT、VMAT 等适形调强放射治疗，治疗患者比例约为 1:9，保守假设全部患者都采用 X 线束适形调强放射治疗，每人每次照射时间约为 4.0min，预计直线加速器放射治疗全年有效开机时间约为 667h。kV 级 CT 成像累计开机时间约 83h/a。

### (3) 主要放射性污染物

电子直线加速器运行时高速电子轰击靶物质生产韧致辐射（X 射线）。本项目加速器常规（FF 模式）最大输出 X 射线辐射剂量率为 600cGy/min，10MV FFF 模式 2400cGy/min。有用线束外泄漏辐射剂量为有用线束的 0.1%，X 射线照射至墙壁和患者身体将产生散射辐射。加速器运行产生的 X 射线贯穿辐射、泄漏辐射和散射辐射进入外环境，对环境有一定的影响。

本项目拟使用的电子直线加速器最高输出的是 6MV/10MV 的 X 射线和 22MeV 的电子束。在照射野处剂量相同时，电子束使用时的平均电子束流约为 X 射线的  $10^{-3}$ ，且电子束使用时无重靶和有限束集光筒联锁，产生的韧致辐射能量大约为高能电子最大能量的 1/3，即本项目电子直线加速器最大电子线能量为 22MeV，其韧致辐射能量约为 7.3MV，小于设备的最大 X 线能量 10MV。因此，加速器电子治疗时的机房防护要求，低于 X 射线治疗时的防护，无需考虑电子线辐射影响。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1—2007）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020），本项目 X 射线能量不高于 10MV 的加速器，故无需考虑中子辐射及中子俘获  $\gamma$  射线辐射影响。

因此，本项目主要污染因子为直线加速器在开机期间 X 射线，其次为臭氧和氮氧化物等。X 射线辐射只有在加速器运行时产生，停机后就消失。加速器运行产生的 X 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境。

#### a) 正常工况时的污染途径

① 直线加速器产生的韧致辐射 X 射线，这些射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响。

② 空气在加速器 X 射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生  $O_3$  和氮氧化物等有害气体。

③ 加速器靶材及其他部件可能存在感生放射性物质。

b) 事故工况下的污染途径

发生的事故工况主要有以下几种情况：

① 加速器发生控制系统故障或人员疏忽，使得工作人员受到误照射。

② 加速器发生控制系统故障或辐照参数设置错误，使得受检者受到超剂量照射。

③ 机房门机连锁装置故障，人员误入机房受到辐射照射。

④ 门机连锁失效，在治疗室防护门未完全关闭的情况下，射线装置出束致使较强的 X 射线泄漏到加速器治疗室外，可能导致周围人员受到意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 工作场所选址、布局与管理分区

本项目放射治疗科规划配置使用 1 台（套）直线加速器放射治疗设备。加速器布置于医技部（楼）地下一层，其位置见附图 3 和图 10.1-1 所示。加速器治疗室东侧与公用设备间、弱电间和强电间相接，以东是公共通道；南侧与放疗科示教/会议室、资料室、卫生间等相邻；西侧是控制室、水冷设备机房和放疗科患者通道；北侧紧邻公共通道，以北是建筑窗井及回填土层；治疗室下方无建筑，正上方为即地上一层为本院学术沙龙。

本工作场所位于放疗科的放射治疗工作区，为相对独立区域，远离儿科病房等特殊人群及人员密集区域，选址较为合理。治疗室出入通道设有迷道，辅助冷水机房、控制室与治疗室分室设置，实行隔室操作，有用束朝向避开了控制室和其他有人员停留且居留因子较大的区域，控制室设置靠近治疗室门，建筑空间布局紧凑节约用地，既方便放射治疗工作，又能满足辐射安全管理与防护要求。

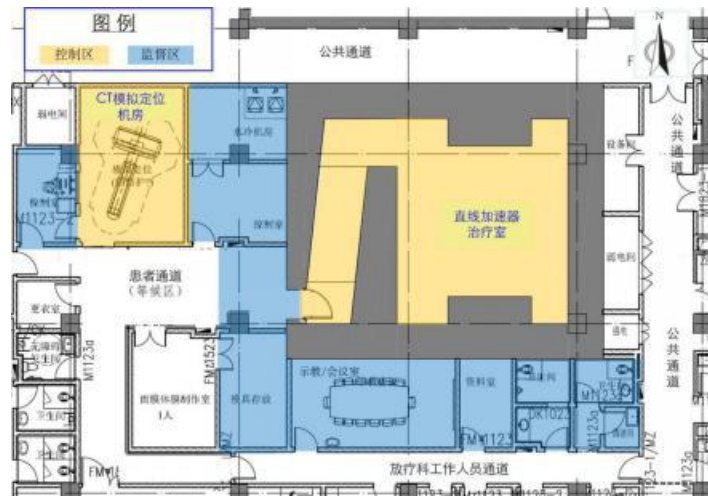


图 10-1 放疗科工作场所平面布局简图

为满足辐射安全管理要求，各工作场所划分为控制区和监督区(见图 10-1 所示)。

表 10-1 加速器放疗工作场所辐射安全管理分区说明表

工作场所名称	控制区	监督区
直线加速器治疗室	治疗室（含迷道）	控制室、附属水冷设备机房；治疗室防护门外通道；与加速器治疗室相邻的放疗科模具存放室、示教/会议室、资料室、卫生间等区域。

在治疗室工作人员允许情况下，相关人员方可进入治疗室。当加速器设备处于治疗状态时，控制区（治疗室）内除患者外其他人员不得滞留，以辐射安全连锁和警示装置控制及严格的管理制度保障此区的辐射安全。在治疗室门口设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，治疗室内（含迷道）安装视频监控系统，以防止和避免人员误入。对于监督区应定期进行辐射照射的监督和评价，以保证职业人员受照剂量满足剂量约束管理目标要求。

## 10.2 辐射安全防护措施

### （一）辐射防护设计

加速器治疗室主体结构设计采用密度不小于  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$  的钢筋混凝土建造，进出通道设有迷路，安装电驱动防护门，治疗束照射区的墙体和顶棚结构局部加厚。治疗室下方无建筑。治疗室建筑结构及放射防护设计情况见表 10-2。

表 10-2 直线加速器治疗室辐射防护设计一览表

工作场所名称		直线加速器治疗室
几何尺寸	使用面积	74m <sup>2</sup> （不含迷道）
	室内高度	3.7m（吊顶高度 3.0m）
	体积	222m <sup>3</sup>
屏蔽材料及厚度	东墙	170cm 厚度砼
	南墙	主屏区内凸设计, 300cm 厚度砼, 宽度 400cm; 次屏区 170cm 厚度砼
	西墙	迷道内墙 140-220cm 厚度砼, 外墙 100-183cm 厚度砼; 迷道宽度 230cm
	北墙	主屏区内凸设计, 300cm 厚度砼, 宽度 400cm; 次屏区 170cm 厚度砼
	顶板	主屏区内凸设计, 厚 300cm 砼, 宽度 400cm 砼; 次屏区厚 150cm 砼
	防护门	10mmPb+100mm 含硼 10%的聚乙烯
通风系统	通风装置	机房通风采用全排、全送设计, 上进风、下排风路径
	通风次数	≥4 次/h
	通风量	1000m <sup>3</sup> /h

### （二）辐射安全与防护措施

#### （1）安全防护措施

a. 将加速器治疗室及其配套工作场所划分成控制区和监督区。治疗室(含迷道)为控制区，控制室及治疗室其他相邻房间为监督区。

b. 在治疗室防护门外设立放射性警告标志和中文警示说明，安装工作状态指示灯，以

防止公众误入受到不必要的照射。

c. 机房改造设计充分考虑电离辐射对工作人员和周围公众健康的影响，满足安全与防护技术要求。墙体有足够的屏蔽防护厚度，并设置迷道，迷道外口安装防护门。

d. 须配备 UPS 自动供电系统。当治疗过程中停电，UPS 自动供电系统能使计算机保留病人的治疗记录，同时确保防护门能够开启，使病人安全转移。

e. 安装电视监控、对讲系统，在治疗过程中能够观察病人状况，此外，也可以观察治疗室是否有人员滞留。控制室南墙设置窗户。工作人员通过窗户查看通道靠近防护门的情况。

f. 治疗室工作人员配备便携式剂量监测报警仪。机房内安装固定式辐射剂量监测仪器，用于监测机房内的辐射水平并帮助辐射工作人员判断设备的工作状态。

g. 治疗室内安装通风换气系统。换气次数不低于 4 次/h。送风口设置在机房顶部西侧，排风口设置在机房东侧墙体下端部距地 30cm 处。送风口和排风口呈对角线布置。

h. 排风管道在防护门上方采用“Z”方式穿出机房。线缆采用“U”型方式下穿屏蔽墙。

i. 紧急开门设施：在防护门外装关门按钮；门内侧墙壁上安装开门按钮，紧急情况可实施手动开门。

j. 其他要求：电动防护门具有防夹功能；机房内安装应急照明装置，设火灾自动报警装置,配消防器材等。

## (2) 安全联锁系统

安全联锁系统包括：加速器出束条件的控制、门机安全联锁、紧急设施和警示系统等。

a. 治疗系统采用数字密码登陆管理，专人操作控制，以免丢失、误用和滥用。

b. 出束联锁条件：加速器系统安全自检无误；通道口防护门关闭。

c. 门机安全联锁：为防止有人在加速器出束时误入加速器治疗室，迷道防护门和出束照射系统进行了联锁。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。

d. 紧急停机设施：紧急停机按钮安装在控制室的操作台（1 个）、加速器设备外壳（2 个）、治疗室内墙壁（3 个）和迷道墙壁（1 个）。当遇到意外情况，可随时按动急停开关，切断设备高压，停止出束。紧急停止开关必须采用手动方式才能复位。

加速器机房安全联锁和警示系统的逻辑系统设计见图 10-2 所示。

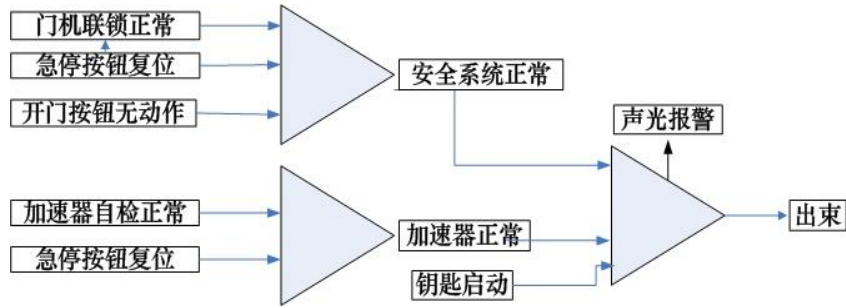


图 10-2 加速器机房联锁系统逻辑图



图 10-3 加速器机房安全措施布置建议图

根据原环保部辐射安全与防护监督检查技术程序，表 10-4 列出了本项目加速器机房拟采取的安全与防护设施设计方案。

表 10-4 加速器机房安全与防护设施设计要求一览表

序号	项目	辐射安全与防护监督检查内容	环评建议设计内容
1*	A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设置钥匙和电子密码
2*		控制台是否有紧急停机按钮	1 个
3*		电视监控与对讲系统	视频监控覆盖治疗室和迷路； 控制室与治疗床旁对讲系统
4*		治疗室门与束流联锁	门机（源出束）联锁
5		治疗室内准备出束音响提示	设计出束声音提示

6*	B	入口电离辐射警告标志	电离辐射警告标志
7*	警示装置	入口有工作状态显示	工作状态指示灯
8	C 照射室 紧急设施	紧急开门按钮及指示、说明	迷道门内侧墙壁设开门按钮
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	治疗机架至少 2 个；治疗室墙壁 3 个，迷路墙壁 1 个
11*		治疗床有紧急停机按钮	治疗床 1 个
12	D 监测设备	治疗室内有固定式辐射剂量监测仪	1 套，探头置于迷路内口距地 1.5m 处
13*		便携式辐射监测仪	1 台
14*		个人剂量报警仪	2 台
15*		个人剂量计	每人 1 个
16	E 其它	治疗室内防夹人装置	电动防护门具有防夹功能
17		通风系统	全排全送通风设计，换气不低于 4 次/h。
18		火灾自动报警装置	1 套
19		灭火器材	干粉灭火器

注：带\*内容是必须要求。

### 10.3 三废的治理

《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）指出，X 射线能量低于 10MV 的加速器，无需考虑中子辐射及中子俘获  $\gamma$  射线，本项目使用的加速器最大能量为 10MV，故本项目可不考虑中子、放射性活化气体以及活化产物的环境影响。

加速器运行产生的电子线、X 射线与空气作用会产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。治疗室设计安装通风换气系统，换气次数不低于 4 次/h。治疗室空气中的有害气体，经机房通风系统排放到室外大气环境中。治疗室通风排放口设在所在建筑顶部高处。

本项目放射性废物是加速器的废弃靶，只在加速器装置需要更换金属靶时才产生，换下的废靶均由加速器供应厂家直接回收，不在医院内存储。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物、设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。本项目非辐射内容已另行委托环境影响评价，在此不再分析施工期的影响。设备安装及调试过程会产生放射性污染，因此。射线装置安装应由专业人员进行，医院方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

环评建议在设备安装调试阶段，医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在门上粘贴电离辐射警告标志，采取管控措施，禁止无关人员靠近。由于设备安装调试时间用时短，而且均在放射工作场所内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

### 11.2 直线加速器运行环境影响分析

#### 11.2.1 基本情况说明

##### (一) 直线加速器配置使用规划

放疗科规划配置 1 台电子直线加速器用于放疗治疗，将安置于医疗综合楼医技部地下一层加速器治疗室。拟选加速器具有 6MV 和 10MV 两个能量档位 X 射线及电子线治疗模式，待选直线加速器主要技术参数汇总列于见表 11.2-1。

表 11.2-1 拟配置使用直线加速器技术参数表

拟选设备	X 射线最大能量	X 射线最高输出率	源轴距 (SAD)	等中心距地面高度	线束张角	最大照射野	射线泄漏率
直线加速器	X 射线 10MV，最大剂量率 1440 Gy/h； X 射线 6MV，最大剂量率 840 Gy/h； 电子线最大输出剂量率：600 Gy/h		1.0m	1.3m	28°	40×40cm	≤0.1%

##### (二) 治疗室周围附加剂量率评价方法

本项目拟选加速器具有 6MV 和 10MV 两个能量档位 X 射线，评价时保守按照 10MV



档 X 射线，最大输出剂量率，最大照射野，机房周围关注点有公众人员全居留为假设情况，预测分析治疗束、泄漏射线和散射辐射的剂量率贡献值。预测方法参考《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）。

本项目拟选电子直线加速器最大电子线能量为 22MeV，其韧致辐射能量小于设备的最大 X 线能量 10MV。加速器电子治疗时的机房防护要求，低于 X 射线治疗时的防护，无需考虑电子线辐射影响。拟配置直线加速器能量不大于 10MV，故无需考虑中子、感生放射性以及中子活化的辐射影响问题。

### 11.2.2 有用线束主屏蔽区宽度核算

以待选加速器中“最大照射野”较大的“加速器 1”为代表，核算机房建筑有用线束主屏蔽区宽度数据。根据《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）附录 D 中例举的公式（见公式 11.2-1）计算有用线束主屏蔽区的宽度，机房主屏蔽墙宽度核算示意图 11.2-1，计算参数及结果见表 11.2-2。

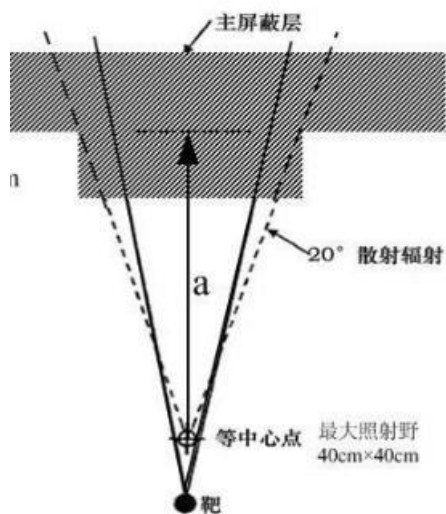


图 11.2-1 主束在屏蔽墙的投影区宽度估算示意图

$$Y_p = 2[(a + SAD) \times \tan\theta + 0.3] \dots\dots\dots \text{（公式 11.2-1）}$$

式中：

$Y_p$  —— 机房有用射线束主屏蔽区的宽度，m；

$\theta$  —— 治疗束的最大半张角（相对束中的轴线）， $\theta$ 取 14°；

$SAD$ ——源轴距，m；（对于医用电子直线加速器  $SAD=1m$ ）；

$a$  ——等中心至墙的距离，m；

**表 11.2-1 加速器治疗室主屏蔽结构宽度核算**

机房名称	主屏蔽墙位置	主屏蔽墙形式	等中心至墙的距离 (m)	计算值 (m)	设计值 (m)	评价结果
直线加速器治疗室	北墙主屏蔽墙宽度	内凸	5.1	3.64	4.0	满足
	南墙主屏蔽墙宽度	内凸	5.1	3.64	4.0	满足
	顶棚主屏蔽层宽度	内凸	3.9	3.04	4.0	满足

由核算结果可知，拟用加速器治疗室南、北侧墙及顶棚的主屏蔽混凝土结构层设计宽度能够满足屏蔽有用射线束的要求。

### 11.2.3 剂量评价关注点的导出剂量率参考控制水平

本项目居留因子取值参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）附录A，具体情况见表 11.2-2。

**表 11.2-2 不同场所居留因子取值说明表**

场所类别	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、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区。
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的患者检查室 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、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

本评价参考标准 GBZ/T201.2—2011 示例，在加速器治疗室外设定评价关注点，并见图 11.4-2 和图 11.4-3 所示。本项目加速器治疗室所在区域无地下层不设关注点。

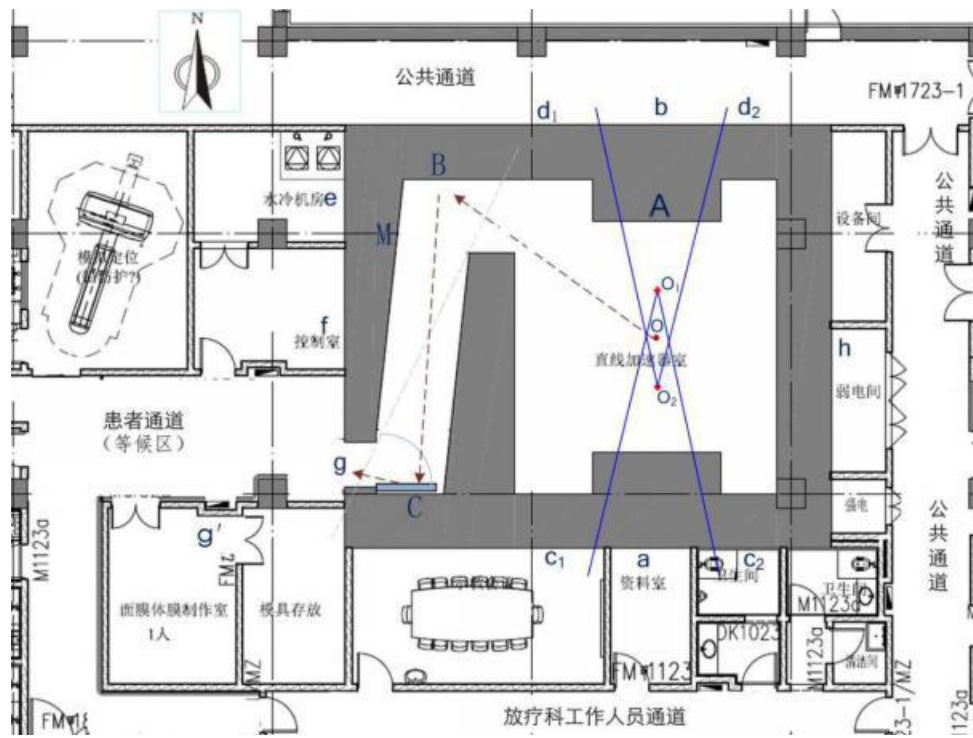


图 11.2-2 加速器治疗室周围剂量评价关注点分布图--平面

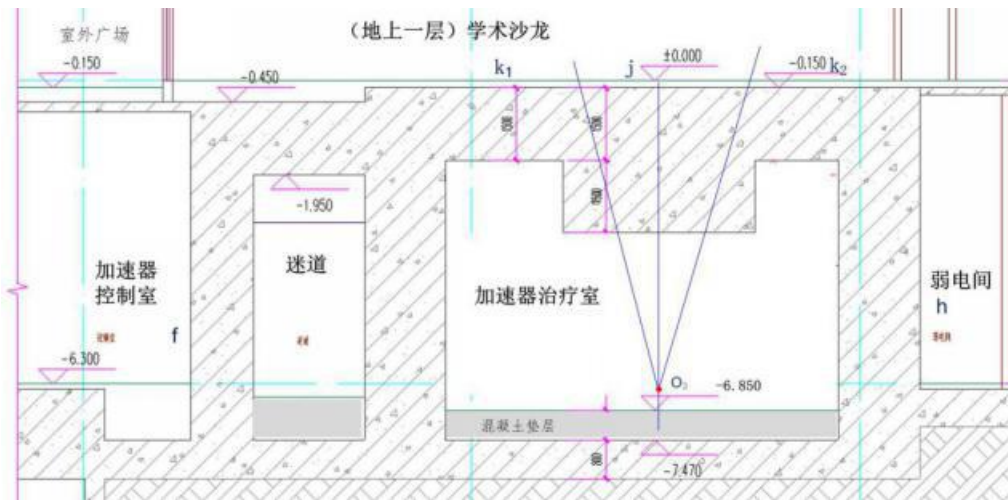


图 11.2-3 加速器治疗室周围剂量评价关注点分布图--剖面

按照 GBZ121—2020 给出的治疗机房墙外和出入口防护门外关注点导出剂量率控制水平分析方法，计算公式如下：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-2)}$$

式中：

$H_c$ ：周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

t：治疗装置周治疗照射时间，h；

U：有用线束向关注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。

对于直线加速器机房墙外和入口门外关注点的剂量率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  $H_c$ ：

a) 使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由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  $H_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )：

①放射治疗机房外辐射工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

②放射治疗机房外非辐射工作人员： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

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  $H_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )：

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

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

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

本项目直线加速器投入使用后，规划每天开展放射治疗的患者不超过 40 人，平均每名患者治疗照射最大时间为 4min，每周工作 5 天，则直线加速器运行的周照射时间为 13.3h，预计全年可治疗患者 10000 人次，累计年照射时间为 667h。

表 11.2-3 各关注点辐射剂量率参考控制水平 ( $\dot{H}_c$ )

场所名称	关注点	点位描述	辐射类型	$H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	使用因子 (U)	居留因子 (T)	$\dot{H}_{c,\text{max}}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	出束时间 t (h/ 周)	$\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	
									计算值	最终取值
加速器 治疗室	a	南墙主屏蔽区外 30cm (资料室)	治疗束	$\leq 100$	1/4	1/4	10	13.3	120	10
	c <sub>1</sub> 、c <sub>2</sub>	南墙次屏蔽区外 30cm (示教室、卫生间)	泄漏+散射 辐射	$\leq 100$	-	1/4	10	13.3	30	10
	b	北墙主屏蔽区外 30cm (公共通道)	治疗束	$\leq 5$	1/4	1/4	10	13.3	6.0	6.0
	d <sub>1</sub> 、d <sub>2</sub>	北墙次屏蔽区外 30cm (公共通道)	泄漏+散射 辐射	$\leq 5$	-	1/4	10	13.3	1.5	1.5
	e	迷道内口东墙外 30cm 处 (水冷机房)	泄漏辐射	$\leq 100$	-	1/40	10	13.3	301	10
	f	西墙外 30cm 处 (控制室)	泄漏辐射	$\leq 100$	-	1	2.5	13.3	7.5	2.5
	g	防护门外	泄漏+散射 辐射	$\leq 5$	-	1/8	10	13.3	3.0	3.0
	h	东墙外 30cm 处 (弱电间)	泄漏+散射 辐射	$\leq 5$	-	1/40	10	13.3	15	10
	j	顶棚主屏区外 30cm 处 (学术沙龙)	治疗束	$\leq 5$	1/4	1/4	10	13.3	6.0	6.0
	k <sub>1</sub> 、k <sub>2</sub>	顶棚次屏蔽区上 30cm 处 (学术沙龙)	泄漏+散射 辐射	$\leq 5$	-	1/4	10	13.3	1.5	1.5

说明：泄漏+散射辐射分别以  $H_c$ 、 $H_{c,\text{max}}$  的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，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。

#### 11.2.4 有用线束和泄漏辐射

根据拟建加速器技术参数和治疗室设计方案，参考《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）中的计算方法，预测加速器以最高能量运行时有用线束、泄漏辐射对治疗室外各关注点的辐射剂量率水平。

首先按公式 11.2-3 计算有效厚度  $X_e(\text{cm})$ ：

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11.2-3）}$$

式中：

$X_e$ ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，cm；

$X$ ——屏蔽墙体厚度，cm；

$\theta$ ——入射角夹角。

再按式 11.4-5 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ 。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11.2-4）}$$

式中： $TVL_1(\text{cm})$ 和  $TVL(\text{cm})$ 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明  $TVL_1$  时， $TVL_1 = TVL$ 。

按式 11.2-5 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11.2-5）}$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目 X 射线最高输出率：10MV 加速器为  $1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$f$ ——对有用线束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率，取 0.001；

$R$ ——辐射源点(靶点)至关注点的距离，m；

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

表 11.2-4 各关注点有用线束和泄漏辐射剂量率的预测结果

场所名称	关注点	点位描述	源项	有效屏蔽厚度 (cm)	入射角 $\theta$ (°)	距离 R (m)	$f$	TVL1 (cm)	TVL (cm)	预测值 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
加速器治疗室	a	南墙主屏蔽区外 30cm (资料室)	治疗束	300	0	7.9	1	41	37	2.31E-1
	c <sub>1</sub> 、c <sub>2</sub>	南墙次屏蔽区外 30cm (示教室、卫生间)	泄漏辐射	170	30	9.1	0.001	35	31	2.75E-2
	b	北墙主屏蔽区外 30cm (公共通道)	治疗束	300	30	7.9	1	41	37	2.31E-1
	d <sub>1</sub> 、d <sub>2</sub>	北墙次屏蔽区外 30cm (公共通道)	泄漏辐射	170	30	9.1	0.001	35	31	2.75E-2
	e	迷道内口东墙外 30cm 处 (水冷机房)	泄漏辐射	170	15	10.2	0.001	35	31	9.09E-2
	f	西墙外 30cm 处 (控制室)	泄漏辐射	300	0	9.4	0.001	35	31	1.10E-6
	g	出入口防护门外	泄漏辐射	180	15	11.3	0.001	35	31	6.29E-3
	h	东墙外 30cm 处 (弱电间)	泄漏辐射	170	0	6.1	0.001	35	31	7.91E-2
	h'	东侧公共通道	泄漏辐射	170	0	8.3	0.001	35	31	4.27E-2
	j	顶棚主屏区外 30cm 处 (学术沙龙)	治疗束	300	0	6.5	1	41	37	3.41E-1
k <sub>1</sub> 、k <sub>2</sub>	顶棚次屏蔽区上 30cm 处 (学术沙龙)	泄漏辐射	150	30	7.5	0.001	35	31	4.06E-2	

说明：1、按照加速器在 10MV X 射线模式运行，等中心点处的最大输出剂量率  $\dot{H}_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv/h}$  计算。

### 11.2.5 与主束区相接的次屏蔽区散射辐射

对于与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区，除了考虑有用线束的泄漏辐射外，还需考虑有用线束水平或向顶部照射时，人体散射辐射穿过次屏蔽区后的剂量影响。散射辐射主要考虑患者一次散射辐射的剂量率影响。根据《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），患者一次散射辐射的剂量率可按公式 11.2-6 进行估算。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-6)}$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

$a_{ph}$ ——患者  $400\text{cm}^2$  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  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子；根据 GBZ/T201.2—2011 附录表 B.2 可查，10MV 出束模式患者  $30^\circ$  散射角取  $a_{ph}=3.18\times 10^{-3}$ ； $45^\circ$  散射角取  $a_{ph}=1.35\times 10^{-3}$ 。

F——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；取  $40\times 40\text{cm}^2$ 。

$R_s$ ——患者（位于等中心点）至关注点的距离，m。

B——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

根据上述公式和参数，可计算各个关注点的患者一次散射剂量率贡献值，计算参数及结果见表 11.2-5。

表 11.2-5 关注点散射辐射剂量率预测结果

场所名称	关注点	点位描述	有效厚度 (m)	入射角 $\theta$ ( $^\circ$ )	距离 $R_s$ (m)	TVL1 (cm)	TVL (cm)	预测值 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
加速器治疗室	c1、c2	南墙次屏蔽区外 30cm (示教室、卫生间)	1.7	30	8.1	28	28	3.55E-2
	d1、d2	北墙次屏蔽区外 30cm (公共通道)	1.7	30	8.1	28	28	3.55E-2
	k1、k2	顶棚次屏蔽区上 30cm 处 (学术沙龙)	1.5	30	6.5	28	28	2.83E-1



### 11.2.6 迷路外口散射辐射

本项目直线加速器有用线束不向迷路内墙照射。根据《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），在有用线束水平方向照射北墙（b 点）情况，相应迷路入口处的辐射剂量考虑如下：

a)迷路入口 g 点包括下列辐射（散射路径见图 11.2-3 所示）：

1) 人体受有用线束照射时，散射至 B 区的辐射经迷路至 C 区再次散射至防护门外 g 处的辐射，散射路径为“o<sub>2</sub>→o（等中心点）→B（迷路内口）→C（迷路外口）→g”；

2) 至 B 区的泄漏辐射受墙体散射至 C 区，再散射至 g 处的辐射，散射路径为“o<sub>2</sub>→B→C→g”；

3) 有用线束穿出人体达到位置 A，受主屏蔽墙的散射至迷路外墙（M 区）再次散射，到达 g 处的辐射。散射路径为“o<sub>2</sub>→A→M→C→g”。

在估算 g 处的附加剂量率时，以加速器向 b 方向水平照射时 1) 项人体散射辐射作为以上三项之和的近似估计，通常可忽略 2)、3) 二项。

结合本项目直线加速器治疗室建筑布局，迷路入口散射辐射影响主要考虑患者散射至 B 处再经 C 处散射至机房屏蔽门外 g 点，该处辐射剂量率按公式 11.2-7 进行计算，计算结果见表 11.4-6。

$$\dot{H}_g = \frac{a_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{a_2 \times A_1}{R_2^2} \times \frac{a_3 \times A_2}{R_3^2} \times \dot{H}_0 \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-7)}$$

式中：

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

$a_{ph}$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ ——散射因子；

F——有用束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；

$A_1$ ——B 处的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$A_2$ ——C 处的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$R_1$ ——“o—B(散射体中心点)”之间的距离，m；

$R_2$ ——“B—C(散射体中心点)”之间的距离，m；

$R_3$ ——“C—g”之间的距离，m；

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

表 11.2-6 迷路入口患者散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ 预测结果

参数指标	取值及计算结果	备注
$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$1.44\times 10^9$	FFF 模式下最大剂量率
$a_{\text{ph}}$	$1.35\times 10^{-3}$	治疗束 45° 散射辐射
F ( $\text{cm}^2$ )	1600	40cm×40cm
$a_2$	0.022	45° 入射, 0° 散射
$a_3$	0.013	0° 入射, 75° 散射
$A_1$ ( $\text{m}^2$ )	8.5	
$A_2$ ( $\text{m}^2$ )	4.5	
$R_1$ (m)	7.9	
$R_2$ (m)	10.2	
$R_3$ (m)	1.8	面膜体膜制作室关注点计算: R3 取 3.5m, $\dot{H}_g=1.07\mu\text{Sv}/\text{h}$
$\dot{H}_g$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	4.04	

NCRP No.151 报告给出，迷路入口来自有用束和机头泄漏射线的散射辐射，其能量较低，平均值约为 0.2MeV，在 Pb 中的 TVL 为 5mm。NCRP No.151 报告给出 Pb 对 6MV 和 10MV X 射线的 TVL 为 5.7cm，本评价对加速器运行泄漏辐射屏蔽估算时保守采用此值。加速器机房设计安装 6mmPb 当量铅钢复合材质防护门。机房迷路入口附近泄漏和杂散射辐射线经过防护门屏蔽后，门外 g 处辐射剂量率计算见表 11.2-7。邻近防护门的面膜体膜制作室关注点附加辐射剂量率预计为  $6.75\times 10^{-2}\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 11.2-7 防护门外辐射剂量率估算表

参数	患者散射辐射通过迷路散射	机头泄漏辐射贯穿迷路内墙
屏蔽前剂量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	4.04	6.29E-3
铅屏蔽厚度 (mm)	6	15
TVL (mm)	5	57
屏蔽后剂量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$2.55\times 10^{-1}$	$3.43\times 10^{-3}$
合计	$2.58\times 10^{-1}\mu\text{Sv}/\text{h}$	

### 11.2.7 辐射环境影响评价

#### ① 辐射剂量率

加速器机房外的附加辐射剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较见表 11.4-8。

表 11.2-8 辐射剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

机房名称	关注点	点位描述	辐射剂量率预测结果 (μSv/h)			剂量率参考控制水平值 (μSv/h)	是否符合要求
			有用线束/泄漏	散射辐射	合计		
加速器治疗室	a	南墙主屏蔽区外 30cm (资料室)	2.31E-1	-	2.3E-1	10	符合
	c1、c2	南墙次屏蔽区外 30cm (示教室、卫生间)	2.75E-2	3.55E-2	6.3E-2	10	符合
	b	北墙主屏蔽区外 30cm (公共通道)	2.31E-1	-	2.3E-1	6.0	符合
	d1、d2	北墙次屏蔽区外 30cm (公共通道)	2.75E-2	3.55E-2	6.3E-2	1.5	符合
	e	迷道墙外 30cm 处 (水冷机房)	9.09E-2	-	9.1E-2	10	符合
	f	西墙外 30cm 处 (控制室)	1.10E-6	-	1.1E-6	2.5	符合
	g	出入口防护门外	2.55E-1	3.43E-3	2.6E-1	10	符合
	h	东墙外 30cm 处 (弱电间)	7.91E-2	-	7.91E-2	10	
	j	顶棚主屏区外 30cm 处 (学术沙龙)	3.41E-1	-	3.4E-1	6.0	符合
	k1、k2	顶棚次屏蔽区上 30cm 处 (学术沙龙)	4.06E-2	2.83E-1	3.2E-1	1.5	符合

通过上表可以看出，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足相应的剂量率参考控制水平的要求。

②工作人员及公众受照剂量估算

照射剂量采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式：

$$D_r = D \times U \times T \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（公式 11.2-8）}$$

式中：

$D_r$ ——人员受照剂量，mSv/a；

$D$ ——关注点处的辐射剂量率，μSv/h；

$t$ ——年出束时间，h/a；

$U$ ——使用因子

T——居留因子。

根据公式（11.2-8）计算各预测点位人员所受的辐射影响（年有效剂量）见表 11.2-9。

表 11.2-9 加速器运行所致人员有效剂量预测表

场所名称	关注点	位置描述	附加剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	使用因子 U	居留因子 T	有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	剂量约束值 ( $\text{mSv/a}$ )
加速器治疗室	a	南墙主屏蔽区外 30cm (资料室)	2.3E-1	0.25	1/4	$9.6 \times 10^{-3}$	5.0
	c <sub>1</sub> 、c <sub>2</sub>	南墙次屏蔽区外 30cm (示教室、卫生间)	6.3E-2	1	1/4	$1.1 \times 10^{-2}$	5.0
	b	北墙主屏蔽区外 30cm (公共通道)	2.3E-1	0.25	1/4	$9.6 \times 10^{-3}$	0.10
	d <sub>1</sub> 、d <sub>2</sub>	北墙次屏蔽区外 30cm (公共通道)	6.3E-2	1	1/4	$1.1 \times 10^{-2}$	0.10
	e	迷道内口东墙外 30cm 处 (水冷机房)	9.1E-2	1	1/40	$1.5 \times 10^{-3}$	0.10
	f	西墙外 30cm 处 (控制室)	1.1E-6	1	1	$7.3 \times 10^{-7}$	5.0
	g	出入口防护门外 30cm 处	2.6E-1	1	1/8	$2.2 \times 10^{-2}$	0.10
	g'	面膜体膜制作室	6.8E-2	1	1/4	$1.1 \times 10^{-2}$	5.0
	h	东墙外 30cm 处 (弱电间)	7.91E-2	1	1/40	$1.3 \times 10^{-3}$	0.10
	h'	东侧公共通道	4.27E-2	1	1/4	$7.2 \times 10^{-4}$	0.10
	j	顶棚主屏区外 30cm 处 (学术沙龙)	3.4E-1	0.25	1/8	$7.1 \times 10^{-3}$	0.10
	k <sub>1</sub> 、k <sub>2</sub>	顶棚次屏蔽区上 30cm 处 (学术沙龙)	3.2E-1	1	1/8	$2.7 \times 10^{-3}$	0.10

说明：保守按照最大能量 10MV 档 X 射线、最大输出剂量率 1440Gy/h、全年出束 667h/a 计算。

本项目待选“加速器 2”具有主束自屏蔽设计，X 射线能量 6MV，最大输出剂量率和最大照射野指标均低于上述预测的“加速器 1”数据，在相同工作负荷条件下，设备运行对周围环境的影响小于上述预测结果。

由估算结果可知，加速器运行对放疗科工作人员辐射照射贡献较小，预计不超过  $1.1 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足工作人员的剂量约束值不大于  $5 \text{mSv/a}$  的要求；加速器治疗室周围公众可能受照剂量预计低于  $2.2 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足公众剂量约束值不大于  $0.10 \text{mSv/a}$  的要求。

加速器治疗室位于医疗综合楼医技部地下一层，经过土壤层和建筑屏蔽以及进一步的距离衰减，评价范围内公众辐射照射有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本

标准》(GB18871-2002)中剂量限值(1mSv/a)的要求和本项目管理目标剂量约束值要求:公众年有效剂量不超过0.10mSv。

环评建议:加速器治疗室北侧与大楼公共通道相邻,有部分区域处于加速器主屏墙外侧,为尽可能减少公众受到不必要的辐射照射,降低辐射安全风险,建议在加速器治疗室北墙外公共通道设置电离辐射警告标识和警示语(如:此处邻近辐射工作场所,请勿停留)标牌,提示医院工作人员、患者及陪护人员不要在该处停留。

### 11.2.8 废气影响分析

#### 1) 臭氧

参考王时进等学者发表的《辐射所致臭氧的估算与分析》(中华放射医学与防护杂志,1994年4月第14卷第2期)给出的公式,估算直线加速器辐射所致臭氧的产额和浓度。

##### ① 有用线束的O<sub>3</sub>产额

采用公式(11.2-9)计算有用射线束所致O<sub>3</sub>产额的公式:

$$P = 2.43 \dot{D}_0 (1 - \cos \theta) R G \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-9)}$$

式中:

P为O<sub>3</sub>的产额,mg/h;

$\dot{D}_0$ 为辐射有用线束在距1m处的输出量,Gy/m<sup>2</sup>·min;

R为X射线束靶点到屏蔽物(墙)的距离,m;

G为空气吸收100eV辐射能量产生的O<sub>3</sub>分子数,取值为10;θ为有用束的半张角。

##### ② 泄漏辐射的O<sub>3</sub>产额

将泄漏辐射看成为4π方向均匀分布的点源,并考虑加速器室墙壁的散射线使室内的O<sub>3</sub>产额增加10%,泄漏辐射产生O<sub>3</sub>的产额P(mg/h)为:

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \dot{D}_0 G V^{1/3} \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-10)}$$

本评价选取加速器有关参数如下: $\dot{D}_0$ =(均值)8Gy/min;R=4.0m;θ=+14°/-14°;G=10;加速器治疗室容积V≈222m<sup>3</sup>(不含迷道)。

计算得出有用线束的O<sub>3</sub>产额P=23.1mg/h;泄漏辐射的O<sub>3</sub>产额P=1.6mg/h。二项合计,P=22.4mg/h。年出束时间667h,则臭氧的年产量约为14.9g。

### ③ 臭氧浓度

治疗室内的产生臭氧一部分由通风系统排到室外，另一部分自然分解。空气中臭氧的平均浓度可用下式计算。

$$Q(t) = \frac{Q_o T}{V} (1 - e^{-t/T}) \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-11)}$$

式中:

$Q(t)$  ——治疗室内  $t$  时刻臭氧的平均浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

$Q_o$  ——臭氧的辐射化学产额,  $\text{mg}/\text{h}$ ;

$V$  ——治疗室体积, 取值  $222\text{m}^3$ ;

$T$  ——有效清除时间,  $\text{h}$ 。如果照射时间很长( $t \gg T$ ), 则:

$$Q(t) = \frac{Q_o T}{V} \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-12)}$$

若以  $t_v$  表示换气一次所需时间  $\text{h}$ ;  $t_d$  表示臭氧的有效分解时间 (取  $0.83\text{h}$ ), 则有效清除时间为:

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11.2-13)}$$

机房设计通风系统换气次数大于 4 次/h, 即  $t_v \leq 0.25\text{h}/\text{次}$ 。由公式 (11.2-13) 计算得  $T$  为  $0.19\text{h}$ 。当  $t \gg T$  时, 臭氧达饱和浓度, 由公式 (11.2-12) 得到在正常排风时治疗室内的臭氧浓度为  $0.019\text{mg}/\text{m}^3$ , 远低于工作场所中  $\text{O}_3$  浓度限值 ( $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ )。治疗室内臭氧通过排风系统由排气筒排放, 经过大气的稀释和扩散作用其浓度进一步降低, 远低于《环境空气质量标准》二级标准中  $\text{O}_3$  的 1 小时平均浓度限值 ( $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ), 对周围大气环境的影响十分轻微。

### 2) 氮氧化物

在多种氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 中, 以  $\text{NO}_2$  为主, 其产额约为  $\text{O}_3$  的一半。工作场所中  $\text{NO}_2$  的浓度限值(GBZ2.1-2019, 浓度限值为  $5\text{mg}/\text{m}^3$ )超出  $\text{O}_3$  的 10 多倍, 环境空气中其浓度限值(《环境空气质量标准》(GB 3095-2012), 1h 平均浓度为  $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ )与  $\text{O}_3$  的浓度限值相同。因而,  $\text{NO}_x$  的产生和排放对周围大气环境的影响很小。

### 3) 加速器治疗室排风系统设置要求

该项目直线加速器机房拟采用“上送下排”方式通风，送风管道与排风管道拟由迷道经防护门上方采用“Z”字形式进出机房，风管尺寸 500mm×250mm。机房内顶部设置 400mm×250mm 的送风口，在加速器治疗室西墙内侧下部设置尺寸为 400mm×300mm 的排风口，风管底部（排风口）离地 30cm。机房的排风管道与大楼排风管道相连后在医疗综合楼门诊部（楼）楼顶（距地面高度 28.5m）排放。

### 11.2.9 放射性固废环境影响分析

本项目更换的废靶件由加速器供应商回收，不在医院存储，因此不会对周围环境产生污染。

### 11.2.10 加速器运行辐射事故影响分析

#### （一）可能发生的辐射事故

- 1) 安全联锁装置发生故障情况下，人员误入运行的治疗室而造成 X 射线误照射。
- 2) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离治疗室，如果加速器运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的 X 射线照射。
- 3) 工作人员在治疗室内摆位操作或其他准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。
- 4) 加速器控制系统出现故障，照射治疗不能停止，病人受到计划外照射。
- 5) 维修期间的事故，加速器维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

#### （二）预防措施

（1）制定自检制度，并严格进行经常性自查，如发现门机联锁、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志不够完善或失灵，以及防护门出现故障，应立即补充和修复。定期进行门机联锁装置、工作指示灯检查，防止人员误入。

（2）加强人员培训，制定规范的操作规程并落实。

#### （3）其它异常运行事件和防范措施

a) 出束不能停止时：按下专用键盘“停束”键，如果加速器继续出束，则将专用键盘“出束钥匙开关”扳至“禁止”位。如继续出束，则按下控制台“急停”开关。在维修人员确保机器能够正常运行之前，操作人员不得试图再次开机。

b) 停电故障：工作人员采用手动方式打开防护门，迅速将病人从治疗床上移出，UPS

系统给电脑自动供电，记录正在治疗病人已经接受的累积治疗剂量。

c) 事故性出束：工作人员在治疗室内为患者摆位或开展其它准备工作，控制台处操作人员误开机出束。医护人员进入加速器室，要保持防护门开启，由于有门机联锁系统，加速器无法启动。为防止陪护人员或其他人员误留在加速器机房内受到误照射，要求加速器在每次出束前，工作人员必须进机房进行巡查，确认无误后方可出束。

d) 维修期间的事故：加速器维修工程师在检修期间误开机出束。在维修加速器时,按下急停开关，或保持防护门开启，这种情况下，加速器无法启动。此外，维修人员携带有个人剂量报警仪，一旦有紧急情况，马上按下墙上的急停按钮，并迅速撤离现场。

e) 工作人员误入：加速器放疗工作人员须携带个人剂量报警仪进入治疗室。一旦出现误入情况，报警仪会提醒工作人员，立即撤出。



## 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

首都儿科研究所附属儿童医院成立医院辐射安全防护小组负责全院辐射安全与防护监督管理工作，划定职责与分工，保障医院辐射工作人员、非放射工作岗位工作人员和社会公众的健康与安全。由院长任组长，主管院领导任副组长，医务处、医学工程处、总务处、保卫处、放射科、心血管内科、介入血管瘤科、口腔科和骨科等负责人担任小组成员，负责管理全院辐射安全管理工作。院部办公室、有关职能部门和科室人员，要求按照辐射安全责任制的相关要求，履行各自辐射安全工作职责，分管负责人对职责范围内的辐射安全工作负责。医务处负责管理全院辐射安全工作，内设专人承办医院辐射安全日常事务工作。

在首都儿科研究所附属儿童医院通州院区组建完成及人员配备到位，开展医疗服务工作之前，将根据医院组织机构编设，临床和医技科室设置情况，调整医院辐射安全防护小组人员组成和职责分工。

根据首儿所通州院区核技术利用内容，医院辐射安全防和环境保护工作领导小组职责应包括：

- 1) 贯彻落实国家和北京市生态环境管理部门有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策、法规及管理要求。
- 2) 负责建立和完善医院放射性药物及放射治疗射线装置的安全管理和辐射防护，放射性药物的订购和安全使用、保护，放射性废物、废水的处理、辐射监测等制度。
- 3) 负责协调和检查本单位辐射安全与辐射保护工作情况，掌握动态管理情况。
- 4) 修订完善辐射事故应急预案，开展事故应急救援物质贮备和应急救援演练，参与辐射事故的调查和处理。
- 5) 负责组织新上岗和复训辐射工作岗位人员参加辐射安全与防护培训。
- 6) 负责辐射防护管理制度的落实情况进行监督检查。

### 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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》相关要求，

使用放射性同位素和射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

首都儿科研究所附属儿童医院目前使用 DSA、CT、DR 等放射诊断设备开展临床应用，已取得使用 II 类、III 类射线装置辐射安全许可证，已经制定有相应的辐射安全防护制度、操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设备检修维护制度、辐射事故应急方案等。医院现有的辐射安全管理制度，包括：《射线装置安全与防护管理制度总则》《辐射安全管理组织》《辐射安全防护管理制度》《射线装置检修维护管理制度》《设备台账管理制度》《工作场所和辐射环境监测管理制度》《辐射工作人员辐射安全培训管理制度》《辐射工作人员个人剂量计管理制度》《辐射事故应急制度》；现有的放射诊断设备安全操作规程，包括：《数字减影血管造影机操作规程》《CT 机操作规程》《X 线机操作规程》《床旁机操作规程》《C 形臂操作规程》等。

首儿所通州院区建成后，医院将增加直线加速器和核医学诊断核技术利用种类，医院将建立有关直线加速器放射治疗和核医学诊断方面的辐射安全管理规章制度、岗位职责和操作规程，补充完善辐射环境监测方案、人员培训计划、辐射事故应急预案，以适应辐射安全管理工作需要。

建设单位承诺在项目建成投入使用之前，建立本项目相关的辐射安全管理规章制度，同时在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本项目应用辐射安全管理规章制度内容要点建议如下：

**操作规程：**针对拟开展的核技术利用项目，制定详细的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。

**岗位职责：**明确辐射工作人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

**辐射防护和安全保卫制度：**根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度重点是：①定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪和表面沾污仪保持良好工作状态；

②辐射工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护，并建立个人剂量档案；③指定专人负责放射性药物的交接工作，防止放射性药物被盗、丢失；④做好辐射工作场所的安全保卫工作，并定期检查。

**设备检修维护制度：**制定设备检修维护制度，明确辐射安全与防护设施以及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全与防护设施以及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

**放射性同位素、射线装置使用登记制度：**针对本项目放射性同位素、射线装置制定使用登记制度，规范放射性同位素、射线装置购买台帐和使用登记记录，对购入的放射性同位素、射线装置的使用情况进行登记和跟踪记录，确保正确无误，帐物相符。

**辐射工作人员培训计划：**制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

**个人剂量监测方案：**制定个人剂量监测方案，明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，医院明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，医院建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

**辐射环境监测方案：**制定辐射环境监测方案，针对本项目辐射监测需要，购置辐射巡测仪、表面沾污仪等监测设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测结果应妥善保存并记录档案，同时应定期上报生态环境主管部门。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用射线装置和放射源的单位，应当对本单位的射线装置和放射源的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

**放射性三废管理制度：**针对本项目可能产生的放射性三废，制定放射性三废管理制度，重点是：①应针对放射性固废，制定废物档案与出入登记管理制度；②明确退役放射源安全处置管理制度；③明确核医学放射性三废的收集、暂存、处理等应严格按照《核医学放射防护要求》（GBZ120—2020）等相关要求进行。

**事故应急预案：**针对本项目直线加速器放射治疗应用和核医学诊断应用过程可能产

生的辐射污染情况，医院应对事故应急预案进行补充完善，制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，防止事故恶化。每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故（事件）情景、演练参与人员等。

### 12.3 辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》的规定，使用射线装置、密封源、非密封放射性物质操作人员与辐射防护负责人应进行辐射安全培训，并持证上岗。生态环境部第 57 号公告(2019 年)要求，通过生态环境部平台报名学习，并在通过辐射安全防护网上考核取得合格证书后方可上岗。

表 12-1 本项目辐射工作人员配备计划

序号	建设内容	人员配备计划
1	放射治疗科	放疗科计划配备 12 人，其中 5 名医师，2 名技师，3 名护师，2 名物理师。

医院承诺待辐射工作人员配备到位后，及时安排辐射工作人员和辐射防护负责人在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上学习本项目相关岗位科目知识，并在辐射安全与防护培训平台上网络报名参加本项目相关考核，考核合格后持证上岗。已取得的原培训合格证书人员及时参加复训。

### 12.4 辐射监测

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，医院应制定相应的辐射监测计划，包括：

- ①项目投用后 3 个月内委托有资质的单位对项目周围环境辐射水平进行验收监测。
- ②委托有资质的单位定期对项目周围环境辐射水平进行监测，周期为 1 次/年。
- ③医院定期（1 次/季度）自行对全院辐射工作场所周围环境辐射水平进行监测，并作好监测记录，监测数据存档。
- ④所有辐射工作人员均应佩戴个人剂量计，并定期（每 3 个月 1 次）送有检测资质

机构进行监测，建立个人剂量监测档案。

⑤所有辐射工作人员上岗前均应进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，应定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案。

本项目辐射监测计划表见表12-2。监测点位可参考本报告辐射工作场所辐射剂量率预测关注点进行布设。

**表 12-2 本项目辐射监测计划**

监测类别	工作场所	监测项目	监测频次	监测设备*
自行监测	直线加速器治疗室	X- $\gamma$ 剂量当量率	工作日监测工作场所； 每季度一次环境监测。	X- $\gamma$ 辐射剂量率仪；固定式X- $\gamma$ 辐射剂量率仪；个人剂量监测报警仪
委托监测	直线加速器治疗室	X- $\gamma$ 剂量当量率	工作场所周围辐射环境监测，每年一次	
	其他	个人外照射剂量	监测周期不超过90d	
	放射性固废	$\gamma$ 辐射剂量当量率	每次处置前	

说明：  
(1) 自行监测由科室组织实施；委托监测由医务处组织实施。  
(2) 医院配置1台X- $\gamma$  辐射剂量率仪供有关科室公用。  
(3) 放疗科配置1套固定式X- $\gamma$  辐射剂量率仪、2台个人剂量监测报警仪。

## 12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）等有关规定，建设单位应制定辐射事故应急预案，辐射事故应急预案应包括下列内容：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急人员的组织、培训以及应急；
- ③可能发生辐射事故类别与应急响应措施；
- ④应急方案已明确应急的具体人员和联系电话；
- ⑤辐射事故应急措施和处理程序；
- ⑥辐射事故的调查和报告；
- ⑦人员培训和演习计划；

- ⑧预案发布；
- ⑨应急联系电话；
- ⑩应急响应流程图。

一旦发生辐射事故时，须立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向通州区生态环境局和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健部门报告。

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。

## 12.6 项目环境保护竣工验收内容建议

建议本项目的环保验收内容列于表 12-3 中。

**表 12-3 项目环境保护竣工验收内容建议表**

验收内容	验收要求
剂量限值和剂量约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定和环评预测结果，本项目所有辐射工作人员年受照剂量约束值均取 5mSv；公众均取 0.1mSv/a 作为年剂量约束值。
剂量率控制水平	直线加速器治疗室四周墙外，防护门外和相邻楼层房间辐射剂量当量率均不大于 2.5 μSv/h。
电离辐射标志和中文警示	辐射工作场所出入通道安装防护门。防护门外设置放射性警告标志和中文警示说明，设置工作状态指示灯。
场所布局和屏蔽设计	加速器治疗室辐射安全管理控制区墙体、顶棚、地板和防护门屏蔽 X/γ射线的能力满足辐射防护的要求。
辐射安全与防护措施	设备由密码或者钥匙启动；直线加速器治疗室工作区实行分区管理、实体屏蔽、放射性警告标识和中文警示说明、工作状态指示灯、急停按钮、门机安全联锁系统、辐射剂量监测和报警系统等，可有效防止职业和公众受到意外照射。
规章制度	针对本项目直线加速器放射治疗应用，制定有管理规章制度，符合医院实际，满足辐射安全管理基本要求。
辐射检测仪器和个人防护用品	放疗科配置 1 套固定式辐射剂量率仪和 2 台个人剂量率报警仪；另外配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪供有关科室定期开展辐射环境自监测。
人员培训	本项目辐射工作人员配备计划见表 12.3，辐射工作人员将在通过辐射安全与防护考核后持证上岗。
应急预案	直线加速器和核医学科场所属于新增种类和类别。因此，医院将对《辐射事故应急预案》进行补充和完善，将放疗用直线加速器有关应急内容纳入医院应急预案中。

表 13 结论与建议

## 13.1 结论

### 13.1.1 核技术应用内容

首都儿科研究所附属儿童医院位于北京市朝阳区雅宝路 2 号，目前在放射科、骨科、口腔科配置使用 CT 机、DR 机、X 射线 C 形臂机等设备开展放射诊断应用，医院现有核技术利用已获得北京市生态环境局行政许可。许可的种类和范围是：使用 II 类、III 类射线装置。

首儿所通州院区建设项目位于北京市通州区宋庄镇，北京城市副中心 0704 街区内，规划用地面积约 91524 平方米，800 张床位，总建筑面积约 18.8 万平米，主要功能为门（急）诊、住院、医技、传染性疾病预防、教学科研、办公等。通州院区规划开展放射诊断、核医学诊疗和放射治疗项目，按照工程建设安排，与整体工程同期建设，同步投入使用。本项目环评内容为放射治疗科加速器治疗应用，使用 1 台医用电子直线加速器（最大能量 $\leq 10\text{MV}$ ），属 II 类射线装置。

### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

#### （一）辐射防护结论

放疗科直线加速器机房的屏蔽防护设计方案能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020）等标准的要求。

#### （二）放射性三废治理和控制结论

本项目加速器运行不产生放射性废气和放射性废水。加速器维修置换的废靶件由加速器供应商回收，不在医院存储，因此不会对周围环境产生污染。加速器运行产生的电子线、X 射线与空气作用会产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。治疗室空气中的有害气体，经机房通风系统排放到室外大气环境中经过大气稀释扩散，对周围环境影响较小。

#### （三）辐射环境影响分析结论

根据本报告表 9、表 10 和表 11 对本次核技术利用项目运行过程中，对周边环境及人员的辐射影响分析可知，在正常情况下，加速器治疗室周围辐射剂量率水平满足相关标准的要求，在运行工程中对周围环境中的工作人员和公众的辐射影响均能满足

本报告提出的剂量约束值的要求，即工作人员受照剂量不超过 5mSv/a，公众总的受照剂量不超过 0.1mSv/a，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）规定的剂量限值要求。

#### （四）辐射安全管理结论

医院设立辐射安全管理领导机构，制定有相应的辐射安全防护制度、操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设备检修维护制度、辐射事故应急方案。医院将针对本项目使用放射性同位素和射线装置的具体情况，健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案、放射性三废管理制度等，并制定辐射事故应急预案。

#### （五）可行性分析结论

（1）实践正当性符合性。放射性同位素与射线装置应用于放射诊断、放射治疗和核医学诊疗是临床医学的重要而又先进的技术手段，对于保障人体健康，诊断和治疗疾病有着十分重要的作用。本项目建设运营以后，将为北京市城市副中心及周边区域居民提供优质的核技术应用医疗服务，具有明显的社会效益，同时将提高医院的医学诊疗技术和服务水平，吸引更多的就诊人员，在服务保障儿童健康的同时也将为医院创造经济效益。本项目符合辐射实践正当性原则。

（2）产业政策符合性。本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》的“鼓励类”中“三十七、卫生健康中的 5、医疗卫生服务设施建设”；“鼓励类”中“六、核能中的 6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”。因此，本项目建设符合国家产业政策。

（3）选址可行性。本建设项目符合《北京城市副中心控制性详细规划（街区层面）（2016 年—2035 年）》提出的提供基本民生服务保障，建立覆盖城乡、服务均等的医疗服务体系的规划目标要求。本项目规划建设用地位于该规划 0704 街区范围内，属于“医疗卫生用地”。本项目将放疗科辐射工作场所选址在医疗综合楼医技部地下一层相对单独的区域，工作区相对集中布置，便于服务门诊和住院患者，便于人员管控。项目选址比较全面地考虑建设场地空间适用性和医院的整体医疗流程便利性，尽可能减少对周围环境的辐射影响，辐射工作场所周围相邻区域设计为公



众人员无法到达或者较少停留场所。综合分析，项目选址相对合理可行。

综上所述，首都儿科研究所附属儿童医院通州院区使用直线加速器项目在落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

## 13.2 承诺

首都儿科研究所附属儿童医院做出如下承诺：

(1) 遵守有关放射性污染防治和放射诊疗的法律、法规和规定，执行管理制度，落实管理责任。

(2) 在本项目投入使用之前，调整辐射安全与环境保护管理机构职责及人员组成及工作分工，完善本单位辐射安全管理体系，制定相关管理制度和工作规程，完善辐射事故应急预案。

(3) 配备满足工作需要的，具有相应放射诊疗资质的医、技、护岗位工作人员。组织从事辐射工作的人员参加辐射安全法律法规和放射防护知识培训，考核合格方安排上岗。定期组织在岗放射工作人员参加辐射安全知识继续教育。

(4) 配备满足工作需要的辐射监测设备，落实辐射环境监测制度，发现监测结果异常，及时查找原因，进行整改。

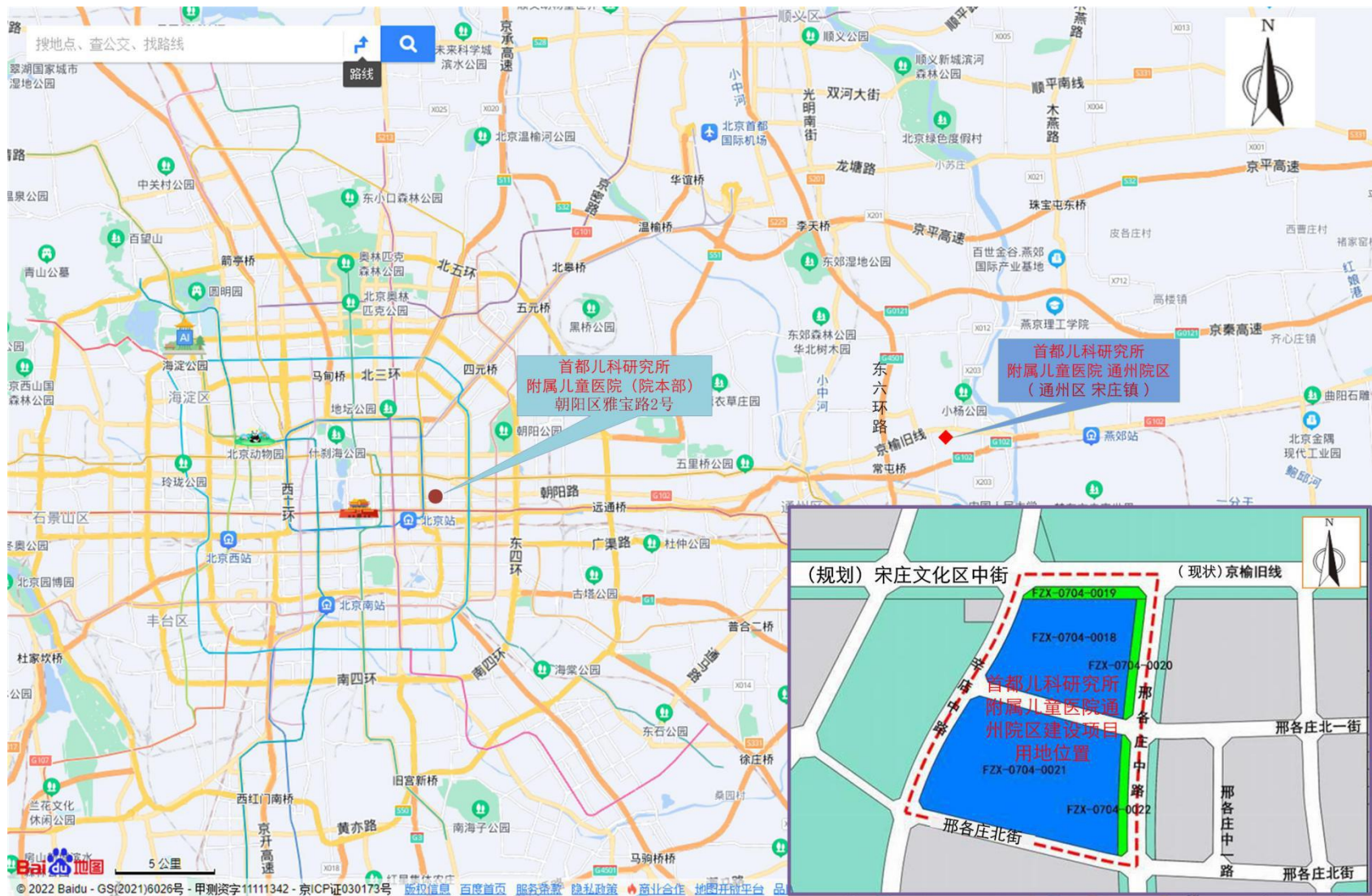
(5) 加强工程项目的建设施工质量，确保放射工作场所建筑工程质量。

(6) 采购符合国家和行业技术标准的医疗设备。

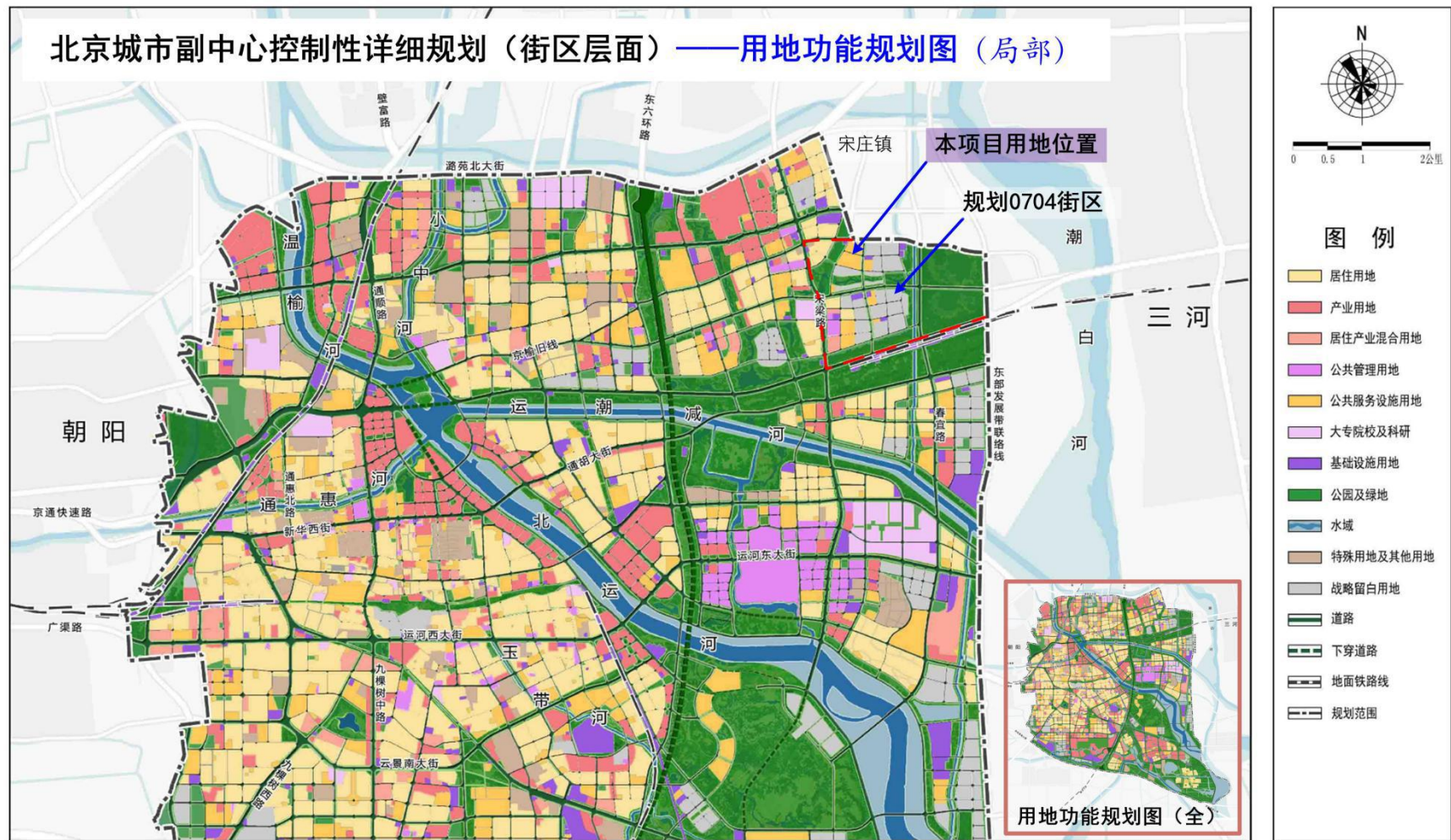
(正文结束)

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



附图 1 首儿所通州院区建设项目地理位置示意图



附图2 首儿所通州院区建设项目用地地区位图