

天津市第五中心医院  
新建使用II类射线装置（医用电子直线加速器）项目  
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：天津市第五中心医院

编制单位：中核第四研究设计工程有限公司

2024年7月

建设单位法人代表：张骞 (签字)

编制单位法人代表：闵苹 (签字)

项 目 负 责 人：杨笑宇 (签字)

填 表 人：杨笑宇 (签字)

建设单位：天津市第五中心医院

电话：130\*\*\*\*\*

传真：/

邮编：300450

地址：天津市滨海新区塘沽西半圆路3号

编制单位：中核第四研究设计工程有限公司

电话：130\*\*\*\*\*

传真：0311-8591\*\*\*\*

邮编：050021

地址：石家庄市体育南大街261号

## 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 项目建设情况 .....	10
表 3 辐射安全与防护设施/措施 .....	20
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 .....	28
表 5 验收监测质量保证及质量控制 .....	28
表 6 验收监测内容 .....	28
表 7 验收监测.....	28
表 8 验收监测结论 .....	28
附图.....	28
附件.....	28

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	天津市第五中心医院新建使用II类射线装置（医用电子直线加速器）项目				
建设单位名称	天津市第五中心医院				
建设项目性质	√新建 □改建 □扩建				
建设地点	天津市滨海新区塘沽西半圆路3号，天津市第五中心医院综合医疗楼（住院部）地下二层加速器治疗室2				
源项	放射源		/		
	非密封放射性物质		/		
	射线装置		1台医用电子直线加速器（II类射线装置）		
建设项目环评批复时间	2024年4月25日	开工建设时间	2024年5月10日		
取得辐射安全许可证时间	2024年6月18日	项目投入运行时间	2024年6月20日		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2024年6月20日	验收现场监测时间	2024年6月25日		
环评报告表审批部门	天津市生态环境局	环评报告表编制单位	中核第四研究设计工程有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	天津迈迪珂屏蔽技术有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	天津迈迪珂屏蔽技术有限公司		
投资总概算	2000万元	辐射安全与防护设施投资总概算	46.6万元	比例	2.3%
实际总概算	2000万元	辐射安全与防护设施实际总概算	46.6万元	比例	2.3%
验收依据	<p><b>1.1 验收依据</b></p> <p><b>1.1.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度</b></p> <p>1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，自2015年1月1日起施行）；</p> <p>2) 《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，自2003年10月1日起施行）；</p> <p>3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，自2018年12月29日起施行）；</p> <p>4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第253号发布，国务院令第682号修订，自2017年10月1日起施行）；</p> <p>5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号发</p>				

- 布，国务院令 第 709 号修订，自 2019 年 3 月 2 日起施行）；
- 6) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行）；
- 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令 第 31 号发布，生态环境部令 第 20 号修订，自 2021 年 1 月 4 日起施行）；
- 8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令 第 18 号，自 2011 年 5 月 1 日起施行）；
- 9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会发布公告 2017 年第 66 号，自 2017 年 12 月 5 日起施行）；
- 10) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》（原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，自 2018 年 1 月 1 日起施行）；
- 11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行）；
- 12) 《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）；
- 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》（生态环境部第 57 号公告，自 2020 年 1 月 1 日起施行）；
- 14) 《关于〈印发污染影响类建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》（环办环评函〔2020〕688 号，自 2020 年 12 月 13 日起施行）；
- 15) 《突发环境事件信息报告办法》（原环境保护部令 第 17 号，自 2011 年 5 月 1 日起施行）；
- 16) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号，自 2006 年 9 月 26 日起施行）；
- 17) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号，自 2016 年 3 月 7 日起施行）；
- 18) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部第 9 号，自

- 2021年3月15日起施行)；
- 19)《天津市生态环境保护条例》(天津市第十七届人民代表大会第二次会议通过,2019年3月1日起实施)；
- 20)《产业结构调整指导目录(2024年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号,自2024年2月1日起施行)；
- 21)《关于发布建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类的公告》(生态环境部公告,2018年第9号,2018年5月15日施行)；
- 22)《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》(国环规环评[2017]4号,2017年11月22日起施行)。

### **1.1.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范**

- 1)《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与格式》(HJ10.1-2016)；
- 2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；
- 3)《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；
- 4)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；
- 5)《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)；
- 6)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)；
- 7)《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)；
- 8)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；
- 9)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；
- 10)《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；
- 11)《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)；
- 12)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)。

### **1.1.3 建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定**

- 1)《天津市第五中心医院新建使用II类射线装置(医用电子直线加速器)

	<p>项目环境影响报告表》及其批复（审批文号：津环辐许可表[2024]023 号）（附件一）；</p> <p>2) 建设单位提供的其他工程资料。</p>
验收执行标准	<p><b>1.2 验收执行标准</b></p> <p><b>1.2.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</b></p> <p>本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射的防护和实践中源的安全。</p> <p><b>B1.1 职业照射</b></p> <p><b>B1.1.1 剂量限值</b></p> <p><b>B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；</li> <li>b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；</li> <li>c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；</li> <li>d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。</li> </ul> <p><b>B1.2 公众照射</b></p> <p><b>B1.2.1 剂量限值</b></p> <p>实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 年有效剂量，1mSv；</li> <li>b) 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；</li> <li>c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；</li> <li>d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。</li> </ul> <p><b>1.2.2 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）</b></p> <p>本标准适用于利用医用电子加速器、X 射线立体定向放射治疗系统等设备开展放射治疗的防护要求。</p> <p><b>6.1 布局要求</b></p>

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。

## 6.2 空间、通风要求

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

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

## 6.3 屏蔽要求

### 6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 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 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  $\dot{H}_c$ ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，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 (1)：

$$\dot{H}_c \leq H_c / (t \times U \times T) \quad \text{式 (1)}$$

$\dot{H}_c$  — 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 ( $\mu\text{Sv/周}$ ), 其值按如下方式取值: 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 ( $\text{h/周}$ ) ;

$U$ —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, 取值方法参见附录 A。

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  $c_{\text{max}} H$  :

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

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

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平  $\dot{H}_{c, \text{max}}$ , 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  $\dot{H}_c$ 。

### 6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所张立体角区域时, 距治疗机房顶外表面 30 cm 处, 或在立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。

6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外, 若存在天空反射和侧散射, 并对治疗机房墙外关注点位置照射时, 该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和, 按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。

## 6.4 安全装置和警示标志要求

### 6.4.2 联锁装置

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

### 6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志:

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

#### 6.4.4 急停开关

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

#### 6.4.6 视频监控、对讲交流系统

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

### 附录 A 不同场所的居留因子

A.1 不同场所的居留因子见表 1-1。

表 1-1 不同场所的居留因子

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、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物中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室房门外 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、楼梯、无人看管的电梯

#### 1.2.3 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

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

- a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5 mSv/a。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。

## 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。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于10 MV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。

## 6.2 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；

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 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、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;

d) 质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关(身份识别系统)。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流输运通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系, 清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时, 如超出设定的清场巡检响应时间, 需重新进行清场巡检;

f) 安全联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, 任何联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联锁恢复及功能测试。

综合考虑 GB18871-2002 和 HJ1198-2021 的要求, 根据本项目实际情况及辐射防护最优化原则, 本次评价取 2mSv/a 作为职业工作人员的年有效剂量管理目标值; 取 0.1mSv/a 作为公众人员的年有效剂量管理目标值。

#### **1.2.4 《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)**

##### **4.1 工作场所空气中化学有害因素的职业接触限值。**

工作场所空气中臭氧最高容许浓度为 0.3mg/m<sup>3</sup>, 氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的时间加权平均容许浓度为 5mg/m<sup>3</sup>。

## 表 2 项目建设情况

### 2.1 项目建设内容

#### 2.1.1 建设单位情况

天津市第五中心医院始建于 1949 年，是本地区最早创建的国立医院，位于天津市滨海新区核心区，是一所集医疗、教学、科研、预防保健、康复为一体的大型三级甲等综合医院。医院占地 62000m<sup>2</sup>，建筑面积 121000m<sup>2</sup>，设有 44 个临床医技科室，18 个教研室，2 个研究机构，10 个国家级临床住院医师规范化培训基地。在职职工 1600 余人，其中高级职称 220 余人，博、硕士 450 余人。

#### 2.1.2 项目建设内容和规模

医用电子直线加速器是一种利用微波电磁场加速电子并且具有直线运动轨道的加速装置，一般用于患者肿瘤或其他病灶放射治疗。它能够产生高能 X 射线或电子线，具有剂量率高，照射时间短，照射野大，剂量均匀性和稳定性好，半影区小等特点。

天津市第五中心医院综合医疗楼（住院部）（地上 16 层，地下 2 层）地下二层的加速器治疗室 1 现有一台医用电子直线加速器（型号为 Precise），但是设备整体老化，故障率较高，影响医院的放射治疗工作。

有鉴于此，天津市第五中心医院投资 2000 万元（含环保投资 46.6 万元）在综合医疗楼（住院部）地下二层的加速器治疗室 2（北纬 39°0'53.2"，东经 117°38'28.3"，紧邻加速器治疗室 1）新增一台医用电子直线加速器装置（新增医用电子直线加速器正式投运之前，现有型号 Precise 的医用电子直线加速器将予报废）。新增医用电子直线加速器投运后，将极大地提升医院放射治疗能力，缓解地区患者就诊压力。新增的医用电子直线加速器基本情况和相关参数如表 2-1 所示。

表 2-1 本项目新增医用电子直线加速器基本情况

装置名称	类别	型号	使用房间	工作模式	射线能量	有用线束等中心轴距靶 1m 处最大剂量率	备注
医用电子直线加速器	II 类	Elekta Synergy	加速器治疗室 2	X 射线档	6MV、10MV	6Sv m <sup>2</sup> min <sup>-1</sup>	新增
				电子线档	6MeV、8MeV、10MeV、12MeV、15MeV	6Sv m <sup>2</sup> min <sup>-1</sup>	

在医用电子直线加速器治疗之前，需要对患者进行模拟定位 CT 扫描，以便确定病灶位置，该 CT 装置属于 III 类射线装置，位于医技楼一层放射科 CT 室。该 CT 装置已完成环境影响登记表备案，并录入医院的辐射安全许可证。

天津市第五中心医院为项目配置了 4 名职业工作人员，均已通过辐射安全培训，考核合格持证（考核成绩单）上岗。天津市疾病预防控制中心出具的天津市第五中心医院辐射工作人员 2023 年度个人剂量计检测报告显示，上述 4 名职业工作人员的个人剂量常规监测均达标。

### **2.1.3 建设地点、总平面布置和周围环境敏感目标分布情况**

#### **1) 建设单位地理位置及周边环境概况**

天津市第五中心医院位于天津市滨海新区塘沽西半圆路 3 号。西北侧隔医院路与河滨里小区相望；东北侧隔西半圆路与远洋里小区相望；医院东侧是河滨公园广场；西侧是基督教会塘沽堂；南侧是河滨公园。

医院主体部分呈现不规则的五边形。主要建筑物包括院区中部的综合医疗楼（分为门急诊楼、医技楼和住院部三部分）；西部的科研教学楼、锅炉房及垃圾站；东部的内科综合楼和发热门诊楼。

医院还有一部分建筑（业务管理综合楼）位于西半圆路东北侧，与医院主体部分通过过街天桥相连接。医院的地理位置图见附图一，周边关系图见附图二，总平面布局图见附图三。

#### **3) 周围环境保护目标分布情况**

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中对评价范围和保护目标的要求，“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”。因此，本项目的评价范围为加速器治疗室 2 屏蔽体边界外 50m 范围，评价范围内无居民点、学校等环境敏感点，见附图三。

加速器治疗室 2 北侧的加速器治疗室 1 有 1 台已投运但即将退役的医用电子直线加速器，除此之外，本项目评价范围内无其他拟建、在建及已建核技术利用项目。

加速器治疗室 2 位于综合医疗楼（住院部）地下二层西端，其西侧、南侧、上方和下方均为土壤层，人员不可达。环境保护目标主要集中于加速器治疗室 2 的东侧和北侧，具体情况详见表 2-2。

综合医疗楼（住院部）北侧的停车场，西侧的锅炉房、垃圾站，南侧的河滨公园部分区域均在本项目评价范围内，因此，该处公众人员亦属于本项目的环境保护目标。

表 2-2 本项目涉及的主要环境保护目标情况

新增射线装置所在房间	方位	名称	距离 (m)	人员类别	人数 (人)
加速器治疗室 2	东	控制室 2	6.5	职业工作人员	2
	东	候诊区	10	公众人员	约 10
	东	通道	6.5	公众人员	3~5
	北	加速器治疗室 1	5	公众人员	1~2
	北	控制室 1	12	公众人员	2
	上方 (地面)	空地	8	公众人员	约 5
	东	办公室、诊室等	10~50	公众人员	30~50
	西	锅炉房、垃圾站	40~50	公众人员	3~5
	北	停车场	30~50	公众人员	约 20
	南	河滨公园 (包括其内绿植温室)	30~50	公众人员	10~50

#### 2.1.4 环评及审批情况

2023 年 9 月，天津市第五中心医院委托中核第四研究设计工程有限公司对其新建使用Ⅱ类射线装置（医用电子直线加速器）项目进行环境影响评价。

中核第四研究设计工程有限公司编制的《天津市第五中心医院新建使用Ⅱ类射线装置（医用电子直线加速器）项目环境影响报告表》于 2024 年 4 月 25 日获得了天津市生态环境局批复，批复文号：津环辐许可表[2024]023 号，见附件一。

天津市第五中心医院于 2024 年 6 月 18 日申请领取了新的辐射安全许可证，证书编号：津环辐证[00409]，许可种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。有效期至 2025 年 12 月 27 日，详见附件二。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》和《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》等法律法规的规定。天津市第五中心医院委托中核第四研究设计工程有限公司进行本项目的竣工环境保护验收监测报告表编制工作。中核第四研究设计工程有限公司对项目的运行情况和环保措施落实情况进行了现场验收检查，并委托河北冀辐源环保科技有限公司对本项目进行验收监测，并以此为基础编制完成本环境保护验收监测报告表。

本次竣工环保验收项目基本信息表见表 2-3，本次验收内容和环评阶段对照一览表见表 2-4。

表 2-3 本次竣工环保验收项目基本信息表

建设单位	天津市第五中心医院		
通信地址	天津市滨海新区塘沽西半圆路 3 号		
法人代表	张骞	邮政编码	300450
联系人	孙巨龙	联系电话	13021323481
项目名称	天津市第五中心医院新建使用II类射线装置（医用电子直线加速器）项目		
项目建设地点	天津市滨海新区塘沽西半圆路 3 号，天津市第五中心医院综合医疗楼（住院部）地下二层加速器治疗室 2		
建设性质	新建		
环评单位	中核第四研究设计工程有限公司	环评时间	2024 年 4 月
审批部门	天津市生态环境局	审批时间	2024 年 4 月 25 日
批准文号	津环辐许可表[2024]023 号		

表 2-4 本项目环评审批情况和实际建设情况对照一览表

验收内容	审批情况	实际建设情况	是否一致
工程规模	新增一台医用电子直线加速器装置，属于II类射线装置	新增一台医用电子直线加速器装置，属于II类射线装置	一致
设备技术参数	新增的医用电子直线加速器，型号为 Synergy，工作模式分为 X 射线档和电子线档，X 射线档工况的射线能量为 6MV 或 10MV；电子线档能量分别为：6MeV、8MeV、10MeV、12MeV 和 15MeV；两种工作模式的有用线束等中心轴距靶 1m 处最大剂量率均为 $6\text{Sv m}^2 \text{min}^{-1}$ 。 项目运行后，每个工作日，多数患者（28 人）治疗使用 6MV 的 X 射线档，少数患者（2 天）治疗使用电子线档（最高 15MeV）。	新增的医用电子直线加速器，型号为 Elekta Synergy，工作模式分为 X 射线档和电子线档，X 射线档工况的射线能量为 6MV 或 10MV；电子线档能量分别为：6MeV、8MeV、10MeV、12MeV 和 15MeV；两种工作模式的有用线束等中心轴距靶 1m 处最大剂量率均为 $6\text{Sv m}^2 \text{min}^{-1}$ 。 项目运行后，每个工作日，多数患者（28 人）治疗使用 6MV 的 X 射线档，少数患者（2 天）治疗使用电子线档（最高 15MeV）。	装置型号略有差异。
工作场所	综合医疗楼（住院部）地下二层的加速器机房 2	综合医疗楼（住院部）（地上 16 层，地下 2 层）地下二层的加速器治疗室 2	机房名称发生变化

### 2.1.5 项目变动情况

本次竣工环保验收现场检查确认，本项目医用电子直线加速器所在机房名称由环评文件及其批复中的“加速器机房 2”更改为“加速器治疗室 2”，同样地，紧邻的“加速器机房 1”更改为“加速器治疗室 1”。

加速器治疗室 2 新增的医用电子直线加速器在环评文件及其批复中的型号为：Synergy，现变更为：Elekta Synergy，该装置相关参数信息以及本项目所采取的实体屏蔽措施、其他安全环保措施等情况均与前期的环境影响报告表及其批复情形相符。

依据《关于<印发污染影响类建设项目重大变动清单（试行）>的通知》（环办环评函〔2020〕688号），本项目正式运行之后的实际情况相较于环评文件及其批复有所变化，但不属于重大变动。因此，可以进行竣工环境保护验收。

### 2.1.6 辐射安全与防护设施实际总投资

经核实，本项目实际总投资 5000 万元，其中，辐射安全与防护设施投资 46.6 万元，占总投资比例为 2.3%，与环评文件及其批复相符。辐射安全与防护设施主要用于：加速器机房 2 墙体和防护门屏蔽防护、急停按钮和应急开门按钮、安全联锁装置、工作状态指示灯、警示标志标识、个人剂量报警仪、固定式辐射剂量监测仪、视频监控、对讲设备系统、通风系统，其明细见表 2-5。

表 2-5 辐射安全与防护设施投资明细表

序号	主要辐射防护设备设施	价格（万元）
1	防护门屏蔽防护	10
2	急停按钮和应急开门按钮	3
3	安全联锁装置（包括高压联锁）	4
4	工作状态指示灯	2
5	警示标志标识	0.1
6	个人剂量计	0.1×4=0.4
7	个人剂量报警仪	0.6
8	固定式辐射剂量监测仪	0.5
9	便携式 X-γ 剂量率仪（利旧）	0
10	视频监控	8
11	对讲交流系统	4
12	通风系统和电缆系统	14
合计		46.6

## 2.2 源项情况

本项目医用电子直线加速器主要性能参数及机房信息见表 2-6。

表 2-6 本项目新增的医用电子直线加速器的主要性能参数和机房信息

工作场所	综合医疗楼（住院部）地下二层加速器治疗室 2	
场所规模	加速器治疗室 2 净面积 90.3m <sup>2</sup> ，净高 4.2m。	
设备型号	Elekta Synergy	
工作模式	X 射线档	电子档
射线能量	6MV、10MV	6MeV~15MeV
距靶 1m 处最大剂量率	6Sv m <sup>2</sup> min <sup>-1</sup>	

正常治疗距离	100cm
出束方向	北、南侧主屏蔽墙方向、垂直向上
有用线束最大张角	28°
X射线泄漏率	0.1%
照射野大小	0×0~40cm×40cm

### 2.3 主要工艺流程及产物环节

医用电子直线加速器为远距离放射性治疗机。工作原理为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，所形成的电子束由电子窗射出，经调制、准直后射向患者病灶；或者通过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线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶，对患者身体内部的肿瘤病灶进行照射，从而达到杀死肿瘤细胞，对患者实施放射治疗的目的。医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。典型医用电子直线加速器组成见图2-1。

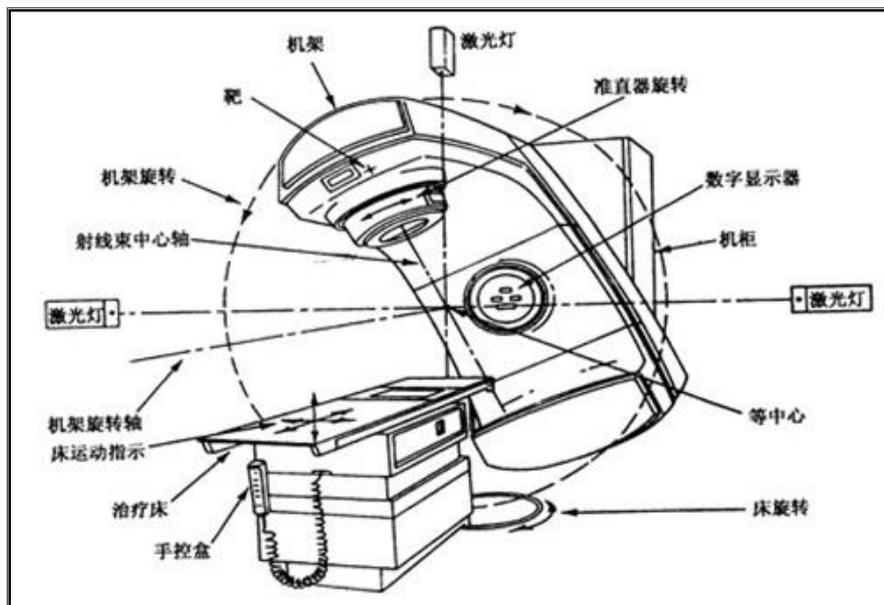


图 2-1 典型医用电子直线加速器结构示意图

医用电子直线加速器的放射治疗流程如下所述：

#### 一、放疗前准备

##### 1) 制定治疗方案

放射治疗前，医生根据每位患者的详细病史和体征、病理诊断、实验室和影像检查资料、全身情况等，制定最适合的个体治疗方案，确定初步的放疗原则，需要增强

剂量的患者由医师处方增强造影剂并安排静脉留置针，为模拟定位做准备。

#### 2) 体位固定及模拟定位

确定放疗原则后，医师、物理师和技师根据患者具体情况选择和制作固定模具，进行患者体位固定。然后对患者进行模拟定位 CT 扫描，确定病灶位置。

#### 3) 放疗靶区的确定

由物理师将图像导入计划系统，进行初步的影像数据处理，保证图像高质量，医师准确勾画靶区。影像数据经过初步的处理后，由医师勾画放疗病灶靶区和需保护的重要器官组织轮廓图，精确放疗靶区。

#### 4) 计划设计和评估优化

放疗靶区和重要器官组织轮廓勾画完成后，由物理师根据医师要求设计精确复杂的放疗计划，并进行评估优化。

### 二、开机前准备

#### 1) 开机

开机前技师须检查相关系统否处于正常状态，打开监控系统，打开加速器工作站电源开关，打开显示器开关，登陆控制平台、观察工作站上的功能指示灯是否全亮，机器处于预热状态进行晨检。

#### 2) 晨检

机械检查：包括机架、机头旋转运动是否正常；准直器角度；标尺灯；等中心精度是否准确；治疗床的各个运动是否正常。

激光灯检查：必须保证其水平及垂直方向完全重合，并于等中心处交汇，如有漂移应立即调整。

设备状态检查：主要有水温、水压、气压等，水压、气压低于标准时应及时补充到标准范围内。

安全检查：包括剂量报警、门机联锁及防护门防挤压功能、急停开关、视频监控、对讲交流系统是否正常。

预热 15min 后进行各种线质能量训机，一切正常后准备治疗患者。

### 三、实施治疗

1) 新患者第一次治疗必须由医师、物理师、技师共同进行位置及剂量验证，无误后共同完成首次治疗。

2) 放射治疗一般由 1 名医师和 1 名技师共同完成。先在控制室内核对治疗参数，然后在加速器机房内进行摆位，按照标记线摆好患者，加入挡块，楔形板等需要的辅助器材，在摆位过程中，要注意医患安全，严禁砸伤碰伤患者机器互撞现象发生。

3) 医师、技师等人撤出加速器机房，关闭加速器机房防护门，开机照射。治疗中开启视频监控系统，密切监视患者体位是否移动，如果发现患者体位移动，应立即停止治疗并做相应处理，纠正后再进行照射。

4) 治疗结束，切断高压电源，停止出束，患者离开。整个治疗过程中，除患者外其他人员均不在加速器机房，医师和技师在控制室内通过视频监控系统观察患者情况。

医用电子直线加速器放射治疗流程及产污环节示意图见图 2-2。

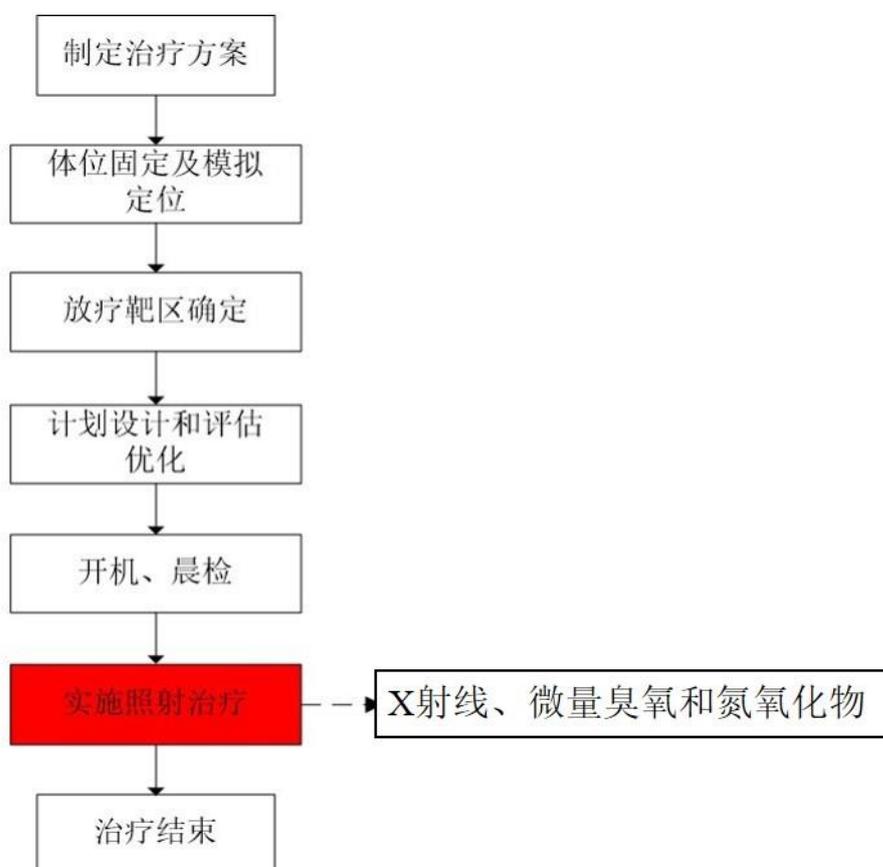


图 2-2 本项目医用电子直线加速器治疗流程及产污环节示意图

本项目主要污染因子为医用电子直线加速器装置发出的 X 射线和微量臭氧、氮氧化物。医用电子直线加速器使用一定年限（一般为 5 年）或退役时产生的废靶件（约重 20kg），属于放射性固体废物，但不会在天津市第五中心医院内暂存，直接由原厂家回收。

## 2.4 人员配置及工作时间

天津市第五中心医院为本项目配备了 4 名职业工作人员，具体为医师 1 名、技师 1 名、物理师 1 名和护士 1 名。上述 4 名职业工作人员原为加速器机房 1 的工作人员，本项目新增医用电子直线加速器投运之后，加速器机房 1 的现有医用电子直线加速器将予报废，4 名职业工作人员由加速器机房 1 转岗至加速器机房 2，专门供职于本项目，且不兼职医院其他放射性工作岗位。

根据天津市第五中心医院预计，本项目建成投入运营后，每日最多接诊 30 名患者，其中，28 人使用 6MV 的 X 射线档进行放射治疗。

本项目每周工作 5 天，年工作 50 周，每名患者一周之内将陆续接受 4 个治疗野定向照射，每野次治疗剂量为 1.5Gy 计，则医用电子直线加速器 X 射线档（6MV）工况的负荷及出束时间如下：

- 1) 周工作最大负荷为  $W=28 \text{ 人次/天} \times 5 \text{ 天/周} \times 1.5 \text{ Gy/野次} \times 4 \text{ 野次}=840\text{Gy/周}$ ；
- 2) 周照射时间  $t=840\text{Gy} \div 360\text{Gy/h}=2.33\text{h/周}$ ；
- 3) 年照射时间  $t=2.33\text{h/周} \times 50 \text{ 周/a}=116.67\text{h/a}$ 。

## 2.5 主要污染源

本项目医用电子直线加速器的实用工况主要为 6MV 的 X 射线档，污染因子主要为 X 射线，且仅当医用电子直线加速器出束运行时才产生，除 X 射线以外，医用电子直线加速器在出束时，发出的 X 射线与空气作用会产生极微量的臭氧和氮氧化物。

医用电子直线加速器使用一定年限（一般为 5 年）或退役时产生的废靶件（约重 20kg），属于放射性固体废物，但不会在天津市第五中心医院内暂存，直接由原厂家回收，几乎不会对环境产生辐射影响。

本项目运行以后，少数患者（2 人/d）会在电子线档（最高能量 15MeV）工况下，接受治疗。根据环评文件，当电子线能量为 15MeV 时，电子在混凝土中最大穿透距离仅为 3.8cm，远低于加速器治疗室 2 屏蔽体最薄防护厚度 120cm，加速器治疗室 2 的墙体和厚度能够完全屏蔽能量为 15MeV 的电子线，可不再作特殊的防护要求。因此，不必将电子的辐射剂量视为本项目主要污染源。

此外，本项目新增的医用电子直线加速器 X 射线档最高能量 10MV（在实际运行中，X 射线档最高能量为 6MV），依据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），中子及感生放射线辐射影响亦不构

成本项目的主要污染源。

基于上述原因，本项目未进行有关中子和电子的验收监测，详见监测报告（附件四）。

### 表 3 辐射安全与防护设施/措施

#### 3.1 辐射安全与防护设施/措施

##### 3.1.1 工作场所布局分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中有关辐射工作场所分区的原则，并结合本项目实际情况，加速器治疗室 2 及其周边区域控制区、监督区划分如图 3-1 所示：



图 3-1 加速器治疗室 2 周边控制区与监督区划分

##### 3.1.2 屏蔽防护设施

加速器治疗室 2 为钢筋混凝土结构，南北向净长 9.3m（含内凸主屏蔽墙），东西向净宽 10m（不含 1.2m 宽迷道墙），净高 4.2m；净面积 90.3m<sup>2</sup>；净容积 379.3m<sup>3</sup>；机房入口门洞尺寸为 1.5m×4.2m，迷道宽度 2m。

加速器治疗室 2 迷道入口处的防护门为电动推拉门（宽 1.9m×高 4.4m），门墙之间间隙不超过 10mm，防护门左右及上方搭接为 200mm。防护门具有防挤压、防夹感应开关。防护门的材质为 15mm 铅+120mm 含硼石蜡。相应屏蔽参数见表 3-1。

表 3-1 加速器治疗室 2 屏蔽参数一览表

防护措施		防护材料	防护材质厚度, mm
北墙	主屏蔽墙	钢筋混凝土	1900
	次屏蔽墙	钢筋混凝土	1300
南墙	主屏蔽墙	钢筋混凝土	2500
	次屏蔽墙	钢筋混凝土	1300
东墙		钢筋混凝土	1300
西墙		钢筋混凝土	1300
迷道墙		钢筋混凝土	1200
顶板	主屏蔽墙	钢筋混凝土	2500
	次屏蔽墙	钢筋混凝土	1300
防护门		铅	15mm 铅+120mm 含硼石蜡

### 3.1.3 辐射安全与防护措施

#### 1) 急停按钮和应急开门按钮

加速器治疗室 2 机房迷道入口处（防护门内侧）、四周墙壁上各设置了 1 个急停按钮。此外，控制室 2 和治疗床处，均另设有急停按钮。在东墙靠近防护门处设置一个应急开门按钮。

#### 2) 警告标志

本项目在加速器治疗室 2 防护门外明显位置处设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

#### 3) 联锁装置

加速器治疗室 2 采用电动推拉式防护门，防护门与医用电子直线加速器启动电路实行门机联锁，即防护门关闭之前，医用电子直线加速器无法启动；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。同时，加速器治疗室 2 防护门设置高压联锁。

#### 4) 视频监控、对讲交流

加速器治疗室 2 设置 24h 摄像头监控系统，可以使控制台上的职业工作人员能清楚地观察到加速器治疗室 2 内的医用电子直线加速器工作情况和病人情况，发现异常可及时处理。此外，加速器治疗室 2 和控制室内配备了扩音与对讲装置，方便职业工作人员与患者对话，指导患者配合治疗。

#### 5) 电缆布设

缆线采用电缆沟布设，并采用埋地U型穿墙管道，电缆沟从机房埋地U型穿墙至控制室。电缆沟尺寸宽100mm×深100mm（或宽200mm×深200mm），电缆沟盖板为活动盖板（不锈钢材质，厚3mm），沟壁支模浇筑，沟内保持光滑、清洁，沿墙电缆沟与墙体保持100mm距离。穿墙孔避开初级射线直接照射，不会破坏治疗室的整体屏蔽效果。

#### 6) 通风系统

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020），放射治疗机房的通风换气次数应不小于4次/小时。加速器治疗室2设置有独立的机械排风系统，顶板设置2个双层百叶送风口，迷道墙内侧距地面0.15m高处设置1个回风口，风机风量约7000m<sup>3</sup>/h，换气次数10~12次/小时，通过风管（横截面630mm×400mm）将微量臭氧和氮氧化物向东引至综合医疗楼（住院部）顶层上方，最终排放到大气环境中。

#### 7) 监测仪器

为本项目4名职业工作人员每人配备一套个人剂量计，操作医用电子直线加速器之前，须正确佩戴个人剂量计。此外，加速器治疗室2配备一台个人剂量报警仪，并在治疗室迷道墙壁上设置1台固定式辐射剂量监测仪。另为本项目配备一台便携式X-γ剂量率仪（现有利旧），用于加速器治疗室2周边自主监测。

#### 8) 人员管理

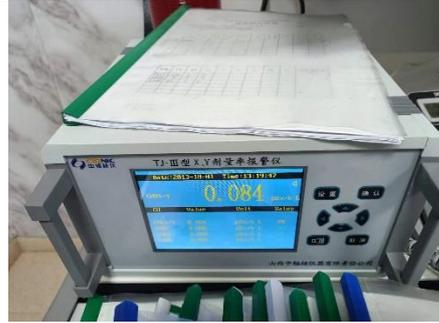
本项目配备的4名职业工作人员均已经过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，考核成绩合格可上岗；项目运行过程中，职业工作人员严格遵守各项操作规程，认真检查安全连锁，保证安全连锁正常运行。

表 3-2 本项目部分安全防护设施、监测仪器、个人防护用品实物及实景图

 <p>个人剂量计</p>	 <p>便携式 X-γ 辐射剂量率仪</p>
--	--



个人剂量报警仪



固定式辐射剂量监测仪显示端



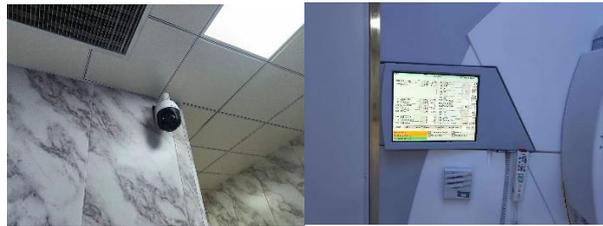
墙壁上的急停按钮



应急开门按钮



治疗床边的急停按钮



摄像头和对讲装置



控制室控制台



控制台实时监控画面



辐射警告标识及工作状态指示灯



顶板百叶送风口



上墙的规章制度



本项目医用电子直线加速器铭牌  
(型号: Elekta Synergy)



加速器治疗室 2 内景



加速器治疗室 1 内景



加速器治疗室 2 正上方 (医院路面)

加速器治疗室 2 平面图及辐射安全与防护设施分布图见附图四。

### 3.1.4 辐射安全管理措施

#### 1) 辐射安全管理机构及管理制度

天津市第五中心医院已调整成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，全面领导医院的放射诊疗安全防护、质量保证及环境保护工作。

组长：张骞（法定代表人）

核辐射防护负责人：孙巨龙

成员：杜新平、高翔、吴培东、李晓文、王振兴、徐春雷、宋迎、徐萍、董军鹤、宋爱军、刘兰、杨明翰、王骏飞、李又洁、刘圣源、李国忠、王宽、周洁、张法越、孙光斌、邵志江、王志兴、高翠格、张璐、鲁杰、赵万涛、沈泉旭

该领导小组主要职责如下：

(1) 组长作为辐射安全与环境保护管理领导小组第一责任人，监管医院辐射安全管理及执行情况，对医院核技术利用项目负总责。

(2) 核辐射防护负责人专职负责医院核技术利用项目的辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理。

(3) 其他成员作为安全管理人员，负责收集、整理、分析医院辐射防护的有关资料，及时制定并采取防护措施，负责制定射线装置操作维护规程，督促各有关部门采取有效的防护措施、合理使用个人防护用品，并对辐射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

为使本项目顺利运行，天津市第五中心医院前期已制定了《辐射安全防护和安全保卫制度》、《安全防护设施维护与维修制度》、《辐射防护和废物处理制度》、《辐射监测制度》、《仪器管理、操作、保养和维修制度》、《放射性工作人员教育、培训制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》《医用电子直线加速器操作规程》、《放射性工作场所分区管理规定》、《核技术利用项目质量保证大纲》和《放射事故应急处理预案》。

根据本项目的实际需要，天津市第五中心医院医院对既有的《医用电子直线加速器操作规程》、《放射性工作场所分区管理规定》、《辐射监测制度》和《放射事故应急处理预案》进行了修订、完善。

这些制度和应急预案涵盖了辐射防护安全保卫、医护人员岗位职责、职业工作人员健康管理、设备维护维修、辐射事故应急处置等多方面，均已得到良好落实。

### 3.1.5 辐射安全与防护培训管理

天津市第五中心医院为本项目配置的 4 名职业工作人员，均通过了核技术利用辐射安全与防护考核，当前合格证书（考核成绩单）均在有效期内。详见表 3-3 和附件三。

表 3-3 本项目辐射工作人员培训信息表

序号	姓名	性别	证书（成绩报告单）编号	有效期
1	丁国伟	男	FS22TJ0200081	2022.11.11~2027.11.11
2	梁春梅	女	FS22TJ0200082	2022.11.16~2027.11.16
3	刘永超	女	FS22TJ0200073	2022.9.22~2027.9.22
4	卢曼维	女	FS22TJ0200080	2022.11.11~2027.11.11

### 3.1.6 监测计划

辐射监测主要包括工作场所监测、个人剂量监测和仪器检定：

#### 1) 工作场所监测

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《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）等标准要求，医院制定了本项目工作场所监测方案，对工作场所及周围环境辐射水平，每年委托有相应资质的单位进行一次监测，并出具监测报告，同时，利用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪每月进行一次自主监测。

##### （1）监测工况

加速器治疗室 2 内医用电子直线加速器设定在 X 射线照射状态，并处于可选的最高能量档匹配的等中心处最高剂量率、最大照射野，和等中心处最高剂量率档匹配的最高能量、最大照射野。当使用模体时，模体几何中心处于有用束中心轴线上，模体的端面与有用束中心轴垂直。

##### （2）监测方法

测量时测量仪器距监测点处检测表面 30cm，距离地面 50cm~150cm，加速器治疗室 2 外距离中心点最近处作为巡测起点，围绕该起点进行上下左右巡测找出最大剂量点。待仪器稳定后进行测量。

##### （3）监测点位的选取

监测点位主要选取加速器治疗室 2 四周屏蔽墙外的关注点，包括主、次屏蔽墙外 30cm 处、侧墙外 30cm 处、防护门外 30cm 处、控制室控制台处、管线洞口处等。对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点监测。

#### 2) 个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的相关要求，常规监测的周期应综合考虑辐射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期为 3 个月。

本项目个人剂量监测主要是利用光子个人剂量计，对职业工作人员所受的外照射个人累积剂量进行监测，每名职业工作人员均佩戴个人剂量计，每3个月将个人剂量计送交有资质的单位进行检测，并建立个人剂量监测档案，终生保存。

#### 3) 仪器检定

定期对便携式 X- $\gamma$  辐射检测仪进行检定，每年至少检定 1 次。

### 3.1.7 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，天津市第五中心医院定期开展辐射安全状况检查，基于实际运行情况，完成辐射安全年度评估报告，并按时向天津市生态环境局备案。

年度评估报告包括辐射安全与环境保护管理机构的设定、辐射工作人员所受年有效剂量、辐射防护与监测设备、辐射安全和管理制度及应急预案、辐射监测等方面的内容。

### 3.2 “三废”的治理

本项目医用电子直线加速器运行过程中产生的“三废”主要包括：放射性固体废物和非放射性废气。

#### （1）放射性固体废物

医用电子直线加速器更换下来的废靶件（约20kg），交由原厂家回收，几乎不会对环境产生辐射影响。

#### （2）非放射性废气

医用电子直线加速器在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用，会产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目加速器机房内均设有排风系统，换气次数满足标准要求，将机房内产生的少量的臭氧和氮氧化物经排风管道高空排入大气后，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对外环境基本无影响。

## 表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

### 4.1 环境影响报告表主要结论

#### 1) 项目概况

为了满足放射治疗需求，更加便捷的为患者服务，天津市第五中心医院拟在综合医疗楼（住院部）地下二层加速器机房 2 新增一台医用电子直线加速器。项目总投资 2000 万元，其中环保投资 46.6 万元，所占总投资比例为 2.3%。

本项目新增医用电子直线加速器基本情况见表 4-1。

表 4-1 本项目新增医用电子直线加速器基本情况

装置名称	类别	型号	使用房间	工作模式	射线能量	有用线束等中心轴距靶 1m 处最大剂量率	备注
医用电子直线加速器	II 类	Synergy	加速器机房 2	X 射线档	6MV、10MV	6Sv m <sup>2</sup> min <sup>-1</sup>	新增
				电子线档	6MeV、8MeV、10MeV、12MeV、15MeV	6Sv m <sup>2</sup> min <sup>-1</sup>	

#### 2) 实践的正当性

本项目建成以后可为患者提供放射治疗服务，并提高天津市第五中心医院的医疗卫生水平，具有较高的临床应用价值和社会效益。经辐射屏蔽并采取相应的辐射安全和管理措施后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的效益足以弥补其可能引起的辐射危害。因此，综合考虑社会、经济等方面因素，本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

#### 3) 选址可行性和布局合理性

天津市第五中心医院主体部分位于天津市滨海新区塘沽西半圆路 3 号，中心坐标北纬 39°0'53"，东经 117°38'28"。西北侧隔医院路与河滨里小区相望；东北侧隔西半圆路与远洋里小区相望；医院东侧是河滨公园广场；西侧是基督教会塘沽堂；南侧是河滨公园。本项目设置在综合医疗楼（住院部）地下二层，本项目评价范围内无居民点、学校等环境敏感点。项目选址可行、布局合理，且符合当地区域总体规划和用地规划。

#### 4) 辐射安全与防护分析结论

本项目加速器机房 2 四周墙体、入口门、顶板均采取了相应的屏蔽措施，拟设置门机联锁装置，防护门上方设置了工作状态指示灯，室内设有视频监控及对讲交流系统，控制室控制台和室内墙壁上设有急停开关，迷路入口墙上设有紧急开门按钮，室内设有通风系统，职业工作人员配备有个人剂量计及个人剂量报警仪等。在落实以上各项辐射安全与防护措施后，本项目的辐射安全满足标准要求。

## 5) 环境影响分析结论

经预测，项目建成投运后，加速器机房 2 屏蔽体外剂量当量率均满足各关注点周围剂量当量率参考控制水平的要求；加速器机房 2 周边职业工作人员年受照剂量为  $2.40 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，满足本项目  $2 \text{mSv/a}$  的职业工作人员年有效剂量管理目标值要求；公众人员年受照剂量最高为  $2.22 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足本项目  $0.1 \text{mSv/a}$  的公众人员年有效剂量管理目标值要求。

## 6) 辐射环境管理

天津市第五中心医院放射诊疗安全与防护管理领导小组，负责全院的辐射安全与放射防护管理领导工作。所制定的规章制度涵盖辐射防护安全保卫、医护人员岗位职责、医用电子直线加速器操作、职业工作人员学习培训、设备维护维修以及放射事故应急处理等多方面，具有较强可操作性。

## 7) 环保可行性结论

在落实各项安全与防护措施，加强环境保护管理的情况下，天津市第五中心医院新建使用II类射线装置（医用电子直线加速器）项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等相关标准的要求。因此，从辐射环境保护角度论证，项目建设具有环境可行性。

### 4.2 环境影响评价报告表的建议和承诺

天津市第五中心医院承诺把本环评文件中的各项辐射安全措施落到实处，确保本项目对环境及人员的影响，在法规标准允许的范围之内。

1) 项目运行时，严格按照已制定的各项环境保护和辐射防护措施执行，尽可能降低项目运行过程中对环境造成的影响。

2) 严格执行项目规定的各项安全和管理制度，确保项目的安全稳定运行。

3) 本项目竣工并试运行后，天津市第五中心医院按照《建设项目环境保护管理条例》要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

### 4.3 审批部门审批决定

关于《天津市第五中心医院新建使用II类射线装置（医用电子直线加速器）项目环境影响报告表》，天津市生态环境局批复意见如下（审批文号：津环辐许可表[2024]023号）：

一、天津市第五中心医院位于天津市滨海新区塘沽西半圆路 3 号，拟投资 2000 万元人民币（其中环保投资 46.6 万元），新建使用II类射线装置（医用电子直线加速器）

项目。主要建设内容为：在综合医疗楼地下二层加速器机房 2 使用一台 Synergy 型医用电子直线加速器（X 射线能量 6-10MV，电子线能量 6-15MeV），用于放射治疗。

2024 年 4 月 10 日-2024 年 4 月 16 日，我局将该项目环境影响报告表全本在天津市生态环境局官网进行了受理公示，公示期间未收到公众对该项目的意见和建议。你单位在全面落实报告表和批复提出的各项污染防治措施的前提下，我局同意该项目环境影响报告表结论。

二、你单位在项目实施和运行过程中应对照环境影响报告表，认真落实各项环境保护措施，并重点做好以下工作：

1、认真贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》、《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》等法律、法规的要求。项目投入运行前须重新申请领取《辐射安全许可证》，严禁不按照许可证规定的种类和范围从事放射性同位素和射线装置的使用活动。

2、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和该项目环境影响报告表预测，拟建项目辐射职业人员照射剂量约束值执行 2mSv/a，公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a。

3、对直接从事使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

4、依据环境影响报告表对辐射工作场所实行分区管理，划分控制区、监督区。在控制区及其出入口处必须设置明显的电离辐射标识和中文警示说明。如加速器机房 2 要有门机联锁装置、急停开关、紧急开门按钮、通风系统、视频监控、对讲系统；加速器机房 2 门口和内部应设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示等装置；机房 2 内设置固定式场所辐射探测报警装置，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。

5、建立健全操作规程、岗位职责、辐射防护措施、培训计划、监测方案等规章制度，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划。按规定配备便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计和固定式场所辐射探测报警装置及与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品，本项目新增配备不少于 1 个人剂量报警仪、4 个人剂量计、1 套固定式场所辐射探测报警装置。

6、医用电子直线加速器使用一定年限（一般为 5 年）或退役时产生的废靶件等放射性固体废物不暂存，交由原厂家回收处理。

三、本项目配套建设的环境保护设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。项目竣工后，你单位应按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）要求，做好项目验收工作。验收合格后，方可投入使用。

四、你单位应建立健全辐射事故应急预案，如发生辐射事故立即启动应急预案，采取应急措施，并向主管部门报告。

五、建设项目环境影响报告表自批准之日起超过 5 年，项目方开工建设的，其环境影响报告表应当报我局重新审核。

六、你单位应在收到本批复后 5 个工作日内，将批准后的项目环境影响报告表分别送天津市生态环境保护综合行政执法总队和天津市滨海新区生态环境局，并按规定接受各级生态环境主管部门的事中事后监管。

#### 4.4 环评批复落实情况

本项目已经落实了环评批复的各项要求，具体情况如表 4-1 所示。

表 4-1 本项目环评批复及落实情况

序号	环评批复要求	现场调查与检测结果	落实情况
1	认真贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》、《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》等法律、法规的要求。项目投入运行前须重新申请领取《辐射安全许可证》，严禁不按照许可证规定的种类和范围从事放射性同位素和射线装置的使用活动。	本项目采取的辐射安全防护措施符合相关法律法规要求。建设单位已取得新辐射安全许可证，证书编号：津环辐证[00409]，见附件二。	已落实
2	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和该项目环境影响报告表预测，拟建项目辐射职业人员照射剂量约束值执行 2mSv/a，公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a。	环评阶段和竣工环境保护验收阶段辐射工作人员职业照射剂量约束值执行 2mSv/a，公众成员照射剂量约束值执行 0.1mSv/a，与批复要求一致。	已落实
3	对直接从事使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	本项目 4 名职业工作人员均已进行辐射安全培训，考核合格持证上岗。详见附件三。	已落实
4	依据环境影响报告表对辐射工作场所实行分区管理，划分控制区、监督区。在控制区及其出入口处必须设置明显的电离辐射标识和中文警示说明。如加速器机房 2 要有门机联锁装置、急停开关、紧急开门按钮、通风系统、视频监控、对讲系统；加速器机房 2 门口和内部应设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示等装置；机房 2 内设置固定式场所辐射探测报警	左列所列的各项辐射安全防护措施，医院均已落实到位，详见表三所述。	已落实

	装置，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。		
5	建立健全操作规程、岗位职责、辐射防护措施、培训计划、监测方案等规章制度，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划。按规定配备便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计和固定式场所辐射探测报警装置及与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品，本项目新增配备不少于 1 个人剂量报警仪、4 个人剂量计、1 套固定式场所辐射探测报警装置。	左列要求的个人剂量报警仪、个人剂量计和固定式场所辐射探测报警装置，医院均已落实到位，详见表三所述。 与本项目相关的规章制度均已上墙，见表 3-3 照片，涵盖了操作规程、岗位职责、辐射防护措施、培训计划、监测方案等诸多方面。	已落实
6	医用电子直线加速器使用一定年限（一般为 5 年）或退役时产生的废靶件等放射性固体废物不暂存，交由原厂家回收处理。	本项目正式投运以后，产生的废靶件不暂存，交由原厂家回收处理。	已落实
7	本项目配套建设的环境保护设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。项目竣工后，你单位应按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）要求，做好项目验收工作。验收合格后，方可投入使用。	现场调查确认，本项目符合“三同时”要求。	已落实
8	你单位应建立健全辐射事故应急预案，如发生辐射事故立即启动应急预案，采取应急措施，并向主管部门报告。	医院已制定《放射事故应急处理预案》，满足左列要求。	已落实
9	建设项目环境影响报告表自批准之日起超过 5 年，项目方开工建设的，其环境影响报告表应当报我局重新审核。	不涉及	不涉及

## 表 5 验收监测质量保证及质量控制

### 5 验收监测质量保证及质量控制

#### 5.1 质量保证和质量控制

河北冀辐源环保科技有限公司于 2024 年 6 月 25 日对本项目开展了验收监测。为保证监测数据能够反映项目环境影响情况，监测期间采取如下措施：

- 1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- 2) 监测期间，该项目正常运行，各环保设备设施运行正常；
- 3) 本次监测所使用的仪器设备满足本项目环境监测的要求，仪器设备均经过有资质部门检定和校准，并处于检定有效期以内。进行辐射环境监测前均进行自检和本底测试，确认仪器设备可以稳定可靠后方投入使用。
- 4) 分析方法采用国家有关部门颁布的标准或推荐分析方法，监测人员均掌握辐射防护的基础知识与辐射环境监测技术和质量控制程序及监测数据的数理统计方法；
- 5) 从事辐射环境监测的人员均经过环保部门培训合格，持证上岗；
- 6) 监测数据严格执行审核制度，经过审核后由技术总负责人签发。

#### 5.2 检测分析方法

本项目验收检测采取的检测项目及依据见表 5-1。

表 5-1 检测项目及依据

序号	检测项目	检测依据
1	X- $\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

#### 5.3 检测仪器

本项目验收检测仪器情况见表 5-2。

表 5-2 检测仪器

仪器名称	型号	量程	校准日期	检验检测机构	资质认定证书编号
剂量率仪	FH40G+FHZ672E-10	1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h	校准日期 2023年12月16日， 有效期至 2024年12月15日	河北省 市场监 督管理 局	240312341856

## 表 6 验收监测内容

### 6.1 验收监测内容

根据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求以及本项目环境影响报告表及其批复，结合本次验收项目的工艺特点，本项目竣工环境保护验收监测内容为：

（1）检查本项目新增的医用电子直线加速器在验收监测期间的运行工况是否符合建设项目竣工环境保护验收监测要求，监测正常运行工况条件下加速器治疗室 2 周围 X- $\gamma$  辐射剂量率。

（2）监测、检查落实环评报告表和生态环境主管部门批复提出的各项辐射污染防治措施情况及其效果。

（3）检查已制定的各项辐射管理制度是否符合相关法规要求。

### 6.2 验收现场监测

为掌握本项目正常运行工况（即 6MV 的 X 射线档）条件下，加速器治疗室 2 周围 X- $\gamma$  辐射剂量率水平，河北冀辐源环保科技有限公司于 2024 年 6 月 25 日对本项目开展了验收监测，并出具了检测报告（编号：冀辐源环检（2024）第 106 号），详见附件四。

#### 6.2.1 验收监测因子

X- $\gamma$  辐射剂量率。

#### 6.2.2 监测方法

依据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）进行监测。

### 6.2.3 现场监测点位布置图



图 6-1 本项目监测布点图

## 表 7 验收监测

### 7.1 验收监测期间运行工况记录

本项目医用电子直线加速器具有 X 射线档和电子线档两种工作模式，其中 X 射线档的最大能量又有 6MV 和 10MV 的区别。据天津市第五中心医院职业工作人员介绍，本项目新增的医用电子直线加速器正式投运之后主要使用 6MV 的 X 射线档工况，不使用 10MV 的 X 射线档或电子线档工况，少数患者在电子线档（最高能量 15MeV）下接受放射治疗，但本次验收不考虑电子和中子的辐射影响，原因见“2.5 主要污染源”一节所述。

2024 年 6 月 25 日，河北冀辐源环保科技有限公司开展的验收监测即在 6MV 的 X 射线档工况下进行，且医用电子直线加速器出束时处于调强模式。

### 7.2 验收监测结果

现场监测结果如表 7-1 所示：

表 7-1 正常工况下，加速器治疗室 2 周边 X-γ 辐射剂量率

序号	检测对象	检测点位	X-γ 辐射剂量率(nGy/h)	
			关机	开机
1	医用电子直线加速器 (Elekta Synergy)	加速器治疗室 2 北侧 (加速器治疗室 1 内部)	68.8±0.4	69.9±0.6
2		加速器治疗室 2 铅门中部 0.3m 处	62.7±0.5	64.6±0.4
		加速器治疗室 2 铅门上缝 0.3m 处		72.3±0.4
		加速器治疗室 2 铅门左缝 0.3m 处		65.6±0.4
		加速器治疗室 2 铅门下缝 0.3m 处		72.5±0.9
		加速器治疗室 2 铅门右缝 0.3m 处		62.9±0.5
3		加速器治疗室 2 东侧控制室 2	77.2±1.2	<b>79.7±1.2</b>
4		加速器治疗室 2 东侧水冷室	77.8±1.3	<b>79.7±1.2</b>
5		上方路面	57.8±0.3	61.4±0.5

备注：1、医用电子直线加速器开机出束时，处于调强模式。

2、加速器治疗室 2 的西侧、南侧、下方和上方（负一层）均为厚实土层，人员不可达。

根据环评文件中对加速器治疗室 2 周边各处辐射剂量率限值，并结合表 7-1 可知，在正常出束的工况下，加速器治疗室 2 周边的 X-γ 辐射剂量率满足环评文件的要求。X-γ 辐射剂量率最高值出现在加速器治疗室 2 东侧控制室 2 或水冷室，其值为 79.7nGy/h（合  $7.97 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ），

本项目环评文件显示：该医用电子直线加速器 6MV 的 X 射线调强模式全年出束

116.67h（合 7000min）。

出于安全保守考虑，同时也为是计算简捷，现假定本项目职业工作人员和周边公众人员的居留因子均为 1。

结合表 7-1，可知加速器治疗室 2 屏蔽体外职业工作人员（公众人员）受到的年有效剂量最高值出现在加速器治疗室 2 东侧控制室 2 或水冷室，其值为：

$79.7\text{nGy/h} \times 10^{-3}$ （nGy/h 和  $\mu\text{Sv/h}$  的转换系数） $\times 116.67\text{h/a} \times 1$ （居留因子） $\times 10^{-3}$ （ $\mu\text{Sv/a}$  和  $\text{mSv/a}$  的转换系数） $= 9.30 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$

满足环评文件及其批复要求的职业工作人员年有效受照剂量不超过 2mSv，公众人员不超过 0.1mSv 的要求。

综上所述，本项目在正常运行的情况下，加速器治疗室 2 屏蔽体外侧辐射剂量率、职业工作人员、公众人员所受年有效剂量值均能满足环评文件及批复要求。

## 表 8 验收监测结论

### 验收监测结论:

1) 天津市第五中心医院新建使用II类射线装置(医用电子直线加速器)项目落实了相应的环境影响评价制度、辐射安全许可制度和建设项目环境保护“三同时”制度。环境影响报告表批复中所确定的辐射防护和安全措施已基本落实。

2) 检测报告显示:在本项目 Elekta Synergy 型医用电子直线加速器正常运行的工况下,加速器治疗室 2 屏蔽体外侧辐射剂量率、职业工作人员年受照剂量、公众年受照剂量均满足各自的标准要求。

3) 现场检查结果表明,天津市第五中心医院辐射安全管理机构健全,辐射防护和安全管理基本完善,辐射防护管理工作基本规范,相关法规要求基本落实。

4) 本项目职业工作人员均通过了辐射安全与防护培训,经考核合格后持证上岗。

5) 配备了必要的辐射监测等仪器。

6) 制订了比较完善的辐射事故应急处理预案。

综上所述,天津市第五中心医院已基本落实《天津市第五中心医院新建使用II类射线装置(医用电子直线加速器)项目》及其批复要求,实际建设内容与原环评报告表及其批复对比未发生重大变动。天津市第五中心医院具备使用医用电子直线加速器装置所需安全防护措施条件,医用电子直线加速器放射治疗活动对周围环境产生的影响符合辐射防护和环境保护的要求,本项目的建设符合《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》和《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》等法律法规文件的规定,具备竣工环保验收条件,建议通过竣工环境保护验收。

## 附图

附图一 天津市第五中心医院地理位置图

附图二 天津市第五中心医院周边关系图

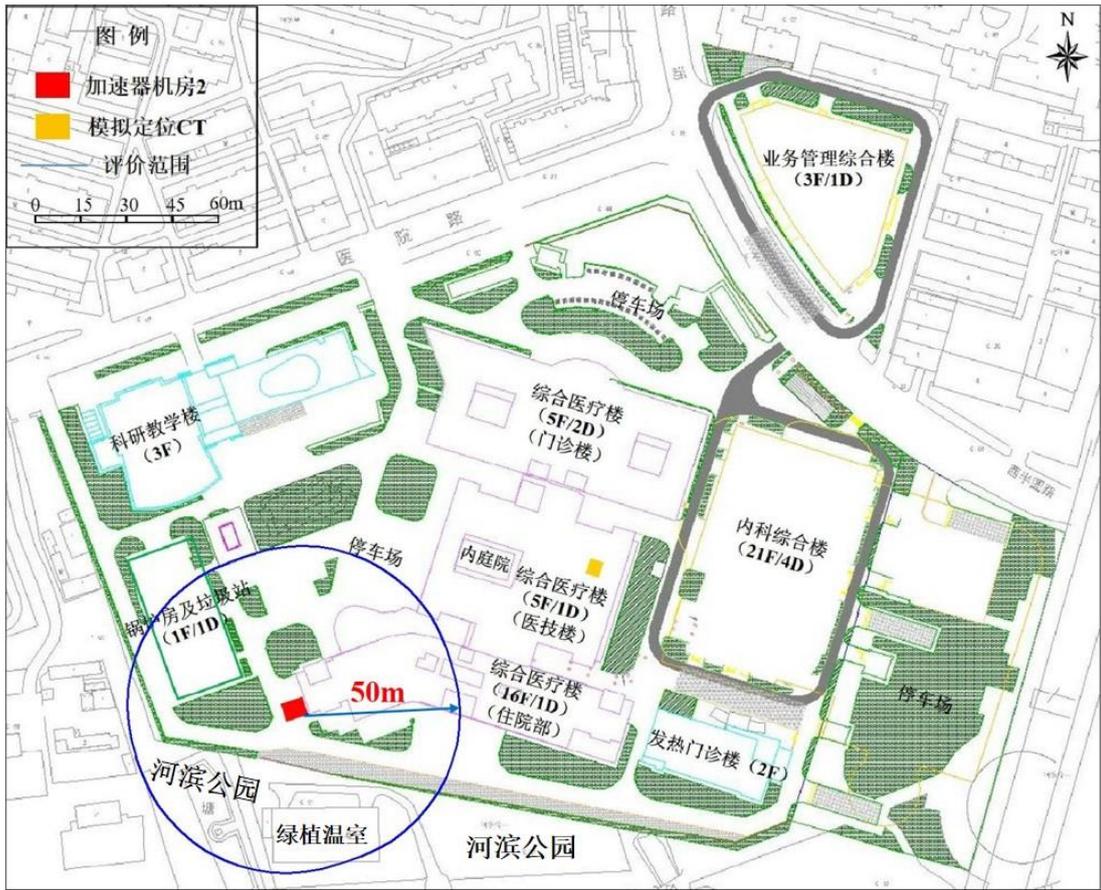
附图三 天津市第五中心医院总平面图及环评评价范围示意图

附图四 加速器治疗室 2 平面图及辐射安全与防护设施分布图





附图二 天津市第五中心医院周边关系图



附图三 天津市第五中心医院总平面图及环评评价范围示意图



附图四 加速器治疗室2平面图及辐射安全与防护设施分布图

## 附件

附件一 环评批复

附件二 医院辐射安全许可证

附件三 本项目职业工作人员培训考核证明

附件四 验收监测报告