

**淄博市中心医院**

**医用电子加速器及 DSA 装置应用项目**

**竣工环境保护验收监测报告表**

建设/编制单位：淄博市中心医院

2022年12月

建设/编制单位法人代表：

（签字）

项 目 负 责 人：

报 告 编 写 人：

建设/编制单位：淄博市中心医院

电话：15653341661

传真：/

邮编：255000

地址：淄博市张店区共青团西路 54 号

## 目录

一、概述.....	1
二、项目工程概况.....	14
三、环评要求及落实情况.....	31
四、验收监测.....	34
五、职业与公众受照剂量.....	42
六、辐射安全管理.....	46
七、验收监测结论与要求.....	48

## 八、附件

1. 环评审批意见
2. 辐射安全许可证
3. 关于成立辐射安全领导小组的通知
4. 辐射工作安全责任书
5. 规章管理制度及应急演练
6. 辐射工作人员培训证书
7. 竣工环境保护验收检测报告

## 九、“三同时”验收登记表

## 一、概述

工程名称	医用电子加速器及 DSA 装置应用项目				
工程单位	淄博市中心医院				
法人代表	卢艳丽		联系人	司皓文	
通讯地址	淄博市张店区共青团西路 54 号				
联系电话	15653341661	传真	/	邮政编码	255000
建设地点	淄博市张店区共青团西路 54 号，医院门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房、南病房楼 12 层心内导管一室、心内导管二室及北病房楼 3 层杂交手术室				
工程性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其它				
环境影响报告表名称	医用电子加速器及 DSA 装置应用项目				
环境影响评价单位	山东清朗环保咨询有限公司				
环境影响评价审批部门	淄博市生态环境局张店分局	文号	张环审【2022】15 号	时间	2022 年 10 月 28 日
验收监测时间	2022 年 12 月 5 日		监测单位	山东鼎嘉环境检测有限公司	
工程总投资（万元）	4600	项目环保投资（万元）	800	环保投资占总投资比例	17.39%
验收规模	医用电子加速器 1 台、DSA 装置 3 台，均属 II 类射线装置				

### 1.1 医院简介

淄博市中心医院始建于 1950 年，1993 年 7 月医院通过评审，成为山东省首批、淄博市唯一的三级甲等医院。是山东省省级区域医疗中心，淄博市最大综合性三级甲等医院，滨州医学院非直属附属医院，山东省研究生联合培养基地。医院编制床位 4080 张，开放床位 2813 张，在职职工 3613 人，其中正高职称 170 人，副高职称 395 人。省临床重点专科 10 个、省中医药重点专科 1 个、省精品特色专科 1 个，通过互联互通四级甲等测评。2021 年门急诊诊疗 218 万人次，年出院病人 11.09 万人次，年手术 6.59 万例。

医院设“一院三区”，其中本院区位于淄博市张店区共青团西路 54 号，西院区位于淄博市张店区南上海路 10 号，北院区位于淄博市张店区柳泉路 55 号。本次评价涉及的射线装置均位于本院区。

本院区地理位置示意图见附图 1，本院区周边环境关系影像图见附图 2，本院区总平面布置示意图见附图 3。

## 1.2 验收任务由来

本次验收项目为医用电子加速器及 DSA 装置应用项目。

2022 年 10 月，淄博市中心医院委托山东清朗环保咨询有限公司编制了《医用电子加速器及 DSA 装置应用项目》，项目涉及 1 台医用电子加速器、3 台 DSA 装置。2022 年 10 月 28 日，淄博市生态环境局张店分局以“张环审【2022】15 号”文件（详见附件 2）对该项目环境影响报告表进行了审批。医院现有《辐射安全许可证》证书编号：鲁环辐证[03072]，许可种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2026 年 06 月 08 日。

经与医院确认及现场勘查，本次对门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房医用电子加速器（Trilogy）、南病房楼 12 层心内导管一室 DSA 装置（Allura xper FD20）、南病房楼 12 层心内导管二室 DSA 装置（UNIQ FD10）及北病房楼 3 层杂交手术室 DSA 装置（Artis zeego Aquilio），进行验收。

根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等有关法律法规的要求，淄博市中心医院医用电子加速器及 DSA 装置应用项目须进行竣工环境保护验收监测工作，2022 年 12 月，我院组织开展自主验收工作，成立验收工作小组，并委托山东鼎嘉环境检测有限公司进行了辐射现状监测，查阅有关文件和技术资料，查看辐射防护措施的落实情况，根据验收监测结果和现场检查情况编制了《淄博市中心医院医用电子加速器及 DSA 装置应用项目竣工环境保护验收监测报告表》。

## 1.3 验收目的

1、核查建设项目在设计、施工和运行阶段对环境影响评价报告及批复中所提出的辐射防护措施及各级生态环境主管部门批复要求的落实情况。

2、核查建设项目所涉及的射线装置工作场所实际运行过程中辐射等环境影响产生情况，以及已采取防护措施，分析各项防护措施实施的有效性；通过现场调查和实地监测，确定建设项目产生的环境影响达标情况。

3、核查医院环境管理机构设立情况、建设项目职业工作人员符合性和防护仪器的配置情况，核查医院各项辐射规章制度的制定及执行情况，指出建设项目存在的问题，并提出改进措施，以满足国家和地方生态环境主管部门对建设项目环境管理和安全防护规定的要求。

4、根据现场监测、核查结果的分析与评价，形成验收监测结论，为建设项目竣工环境保护验收提供技术依据。

## 1.4 验收监测依据

### 一、法律、法规

1、《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第9号公布，2014年4月24日修订，2015年1月1日施行；

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6号公布，2003.10.1施行；

3、《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号公布，2017年6月21日修订，2017年10月1日施行；

4、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号公布，2014年7月29日第一次修订，2019年3月2日第二次修订；

5、《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日发布后施行；

6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环保总局31号，2006.3施行；环境保护部令第3号，2006.3施行；2008.12第一次修订后施行；2017.12.20第二次修订后施行；环境保护部令第47号修订，2017.12施行；生态环境部令第7号第三次修订，2019.8.22施行；生态环境部令第20号修订，2021.1.4施行；

7、《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4月18日公布，2011年5月1日施行；

8、《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》，国家环保总局环发[2006]145号，2006年9月26日发布后施行；

9、《关于建设项目环境保护设施竣工验收监测管理有关问题的通知》，国家环境保护总局环发[2000]38号，2000.2施行；

10、《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，环境保护部国环规环评[2017]4号，2017年11月20日发布后施行；

11、《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第37号，2014

年 5 月 1 日施行；

12、《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议修订，2019 年 1 月 1 日施行；

13、《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 16 日。

## 二、行业标准、技术导则

1、《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

2、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

3、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；

4、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

5、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；

6、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；

7、《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）；

8、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）；

9、《放射治疗辐安全与防护要求》（HJ1198-2021）。

## 三、技术文件依据

1、《淄博市中心医院医用电子加速器及 DSA 装置应用项目环境影响报告表》，山东清朗环保咨询有限公司，2022 年 10 月；

2、《淄博市中心医院医用电子加速器及 DSA 装置应用项目环境影响报告表》审批意见，淄博市生态环境局张店分局，张环审【2022】15 号，2022 年 10 月 28 日；

3、医院辐射规章制度等支持性文件。

## 1.5 验收监测评价标准、限值

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

#### 1. 人员照射剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 规定：

B1 剂量限值：

##### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

## B1.2 公众照射

### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量，1mSv；
- 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；
- c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；
- d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

对职业人员、公众成员的剂量控制不仅要满足剂量限值的要求，而应依据辐射防护最优化原则，按照剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，把辐射水平降低到低于剂量限值的一个合理达到的尽可能低的水平。根据《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款规定，剂量约束值通常应在照射剂量限值 10%~30%的范围之内。

## 二、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）

### 6.2 空间、通风要求

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 30cm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 $\dot{H}_c$ ，见下式：

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T)$$

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（ $\mu\text{Sv/周}$ ），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  $\dot{H}_{c, \max}$ ：

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

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

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  $\dot{H}_{c, \max}$ ，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 30cm处，或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同 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。

6.4.4.2 放射源后装近距离治疗工作场所,应在控制台、后装机设备表面人员易触及位置以及治疗机房内墙面各设置一个急停开关。

#### 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。

### 三、《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)

#### 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述a)、b)和c)所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ :

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

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

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

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:

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

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

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

#### 4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房顶的剂量应按下述a)、b)两种情况控制:

a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗机房顶外表面30cm处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处,可以根据机房外周剂量参考控制水平 $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/h$ ,按照4.2.1求得关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/h)$ 加以控制。

b) 除 4.2.2 中 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量(率)的总和, 应按 4.2.2 中的 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c (\mu\text{Sv}/h)$  加以控制;

2) 穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以相当于机房外非控制区人员周剂量率控制指标的年剂量  $250\mu\text{Sv}$  加以控制;

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

#### 四、《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

5.8 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

5.8.2 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摄影功能的控制键。

##### 6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 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。

6.1.2 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。

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

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外, 对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房, 其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 1-1 的规定。

表 1-1 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 ( $\text{m}^2$ )	机房内最小单边长度 (m)
单管头 X 射线机 <sup>b</sup> (含 C 型臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5
<sup>b</sup> 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个球管各安装在 1 个房间内。		

6.2.1 不同类型 X 射线设备 (不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备) 机房的屏蔽防护

应不低于表 1-2 的规定。

表 1-2 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量	非有用线束方向铅当量
C 形臂 X 射线设备机房	2mmPb	2mmPb

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 1-2 的要求。

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于  $25 \mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于  $0.25\text{mSv}$ ；

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 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。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 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。

6.4.5 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。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 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。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 1-3 基本种类要求的工作人员、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。

6.5.3 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  $0.25\text{mmPb}$ ；介入防护手套铅当量应不小于  $0.025\text{mmPb}$ ；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于  $0.5\text{mmPb}$ ；移

动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 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。

6.5.5 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 1-3 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辐射防护设施
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 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——

注：1. “——”标识不做要求。

2. 各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8.1 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的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。

7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。

## 五、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

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

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

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

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。

6.1.2 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。

6.1.4 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，由以下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  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

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周围剂量当量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

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

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

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

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 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）。

第 6.2.1 款 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。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。

7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含放射源或质子/重离子装置的治疗室前须携带个人剂量报警仪。检修人员进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域前，应先进行工作场所辐射监测，在单位辐射安全管理机构批准后方可进入。进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域的参观人员须在辐射工作人员带领下进入。

7.4 应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，倒装工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行；应制定放射源倒装活动方案，对辐射监测与报警仪器的有效性、操作场所分区隔离设置、倒源屏蔽体搭建进行确认；倒装放射源时应对倒装热室周围和含

源设备表面进行辐射监测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。

8.2.2.1 质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

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。

根据环境影响报告表评价内容，参照以上标准，本次评价采用 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为加速器机房和DSA机房外屏蔽剂量率目标控制值；以 $5.0\text{mSv/a}$ 作为职业人员的年管理剂量约束值，以 $0.1\text{mSv/a}$ 作为公众成员的年管理剂量约束值。

## 五、环境天然放射性水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，淄博市环境天然 $\gamma$ 空气吸收剂量率见表1-4。

表1-4 淄博市环境天然辐射水平（ $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）

监测内容	范 围	平均值	标准差
原 野	2.84~9.90	4.95	0.96
道 路	1.20~11.30	3.55	1.75
室 内	4.40~19.37	8.90	2.26

注：表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989年。



## 二、项目工程概况

### 2.1 项目基本情况

#### 2.1.1 项目名称

医用电子加速器及 DSA 装置应用项目。

#### 2.1.2 项目位置

本项目位于淄博市张店区共青团西路 54 号，医院门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房、南病房楼 12 层心内导管一室、心内导管二室及北病房楼 3 层杂交手术室。医院地理位置图见附图 1，医院周边环境关系见附图 2，医院总平面布置见附图 3。

#### 2.1.3 验收规模

本项目环评涉及 1 台医用电子加速器、3 台 DSA 装置。

本次对医院门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房内 1 台医用电子加速器(Trilogy)、南病房楼 12 层心内导管一室 1 台 DSA 装置(Allura xper FD20)、心内导管二室 1 台 DSA 装置(UNIQ FD10)及北病房楼 3 层杂交手术室 1 台 DSA 装置(Artis zeego Aquilio)进行验收。本项目加速器 10MV 模式医院已不再使用，以 6MV 模式进行验收。

本项目射线装置环评验收情况及参数见表 2-1。

表 2-1 射线装置环评验收情况及参数一览表

序号	装置名称	规格型号	生产厂家	数量	类别	最大参数	工作场所
1	医用电子加速器	Trilogy	瓦里安	1 台	II 类	X 射线激发电压值： 10MV 最高电子能量： 15MeV	门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房
2	DSA 装置	Allura xper FD20	飞利浦	1 台	II 类	125kV/1250mA	南病房楼 12 层心内导管一室
3	DSA 装置	UNIQ FD10	飞利浦	1 台	II 类	125kV/1000mA	南病房楼 12 层心内导管二室
4	DSA 装置	Artis zeego Aquilio	西门子	1 台	II 类	125kV/1000mA	北病房楼 3 层杂交手术室

### 2.2 辐射安全防护与污染物处置

#### 2.2.1 项目选址及机房布置

##### 一、医用电子加速器

本项目 1 台医用电子加速器位于门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房，加速器机房四周环

境见表 2-2，加速器机房现场情况见图 2-1。门诊楼地下 1 层平面布置图见附图 4。

表 2-2 加速器机房周围环境一览表

项 目	方 向	场所名称	距场所距离（m）
加速器机房	北 面	走廊	相邻
	东 面	走廊	相邻
	南 面	药品仓库	相邻
	西 面	控制室/辅助机房	相邻
	楼 上	核医学走廊	相邻
	楼 下	土层	相邻



加速器机房北侧走廊



加速器机房监控及控制台急停按钮



加速器机房南侧药品仓库



加速器机房排风口



加速器机房监控装置	加速器机房大防护门
图 2-1 本次验收加速器机房现场拍摄照片	
	
医用电子加速器	制度上墙
	
加速器机房电视监控、双向对讲装置等	加速器机房楼上

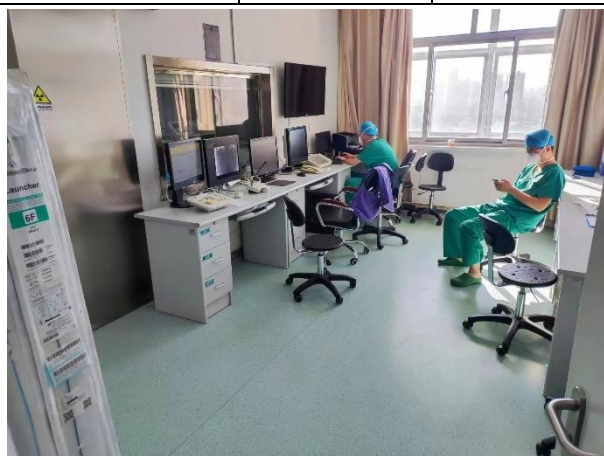
图 2-1（续） 本次验收加速器机房现场拍摄照片

## 二、DSA 机房

本项目 3 台 DSA 装置分别位于南病房楼 12 层心内导管一室，南病房楼 12 层心内导管二室，北病房楼 3 层杂交手术室，四周环境见表 2-3，现场情况见图 2-2，南病房楼 12 层平面布置示意图见附图 5，北病房楼 3 层平面布置示意图见附图 6。

表 2-3 DSA 机房周围毗邻关系表

机房名称	方向	毗邻情况	距场所距离
心内导管一室	北面	走廊	相邻
	东面	洗手区、设备间	相邻
	南面	夹道	相邻
	西面	控制室	相邻
	楼上	中心实验室	相邻
	楼下	设备层	相邻
心内导管二室	北 面	走廊	相邻
	西 面	洗手区、设备间	相邻
	南 面	夹道	相邻
	东 面	控制室	相邻
	上 方	中心实验室	相邻
	下 方	设备层	相邻
杂交手术室	北 面	打包间	相邻
	西 面	设备间	相邻
	南 面	走廊	相邻
	东 面	控制室	相邻
	上 方	设备层	相邻
	下 方	ICU 病房	相邻



心内导管一室控制室



心内导管一室/二室北侧走廊





心内导管一室东侧洗手区



心内导管一室东侧设备间



心内导管二室控制室



心内导管二室大防护门



杂交手术室北侧打包间



心内导管一室南侧夹道

图 2-2 本次验收 DSA 机房现场照片图



心内导管一室大防护门



杂交手术室南侧走廊



杂交手术室大防护门



杂交手术室控制室内

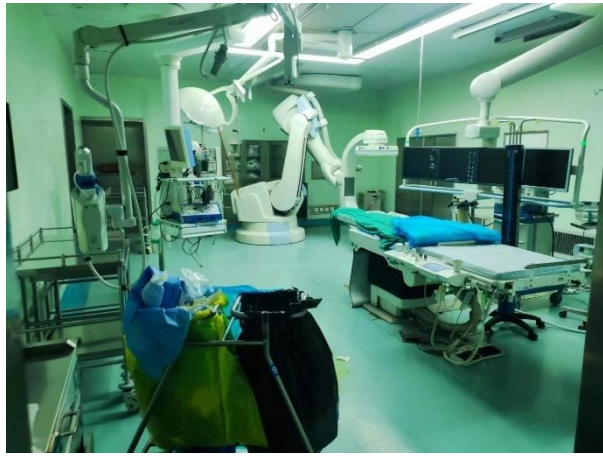


杂交手术室南侧打印室



杂交手术室下方 ICU 病房

2-2（续） 本次验收 DSA 机房现场照片



杂交手术室 DSA 装置



杂交手术室西侧设备间

2-2（续） 本次验收 DSA 机房现场照片

## 2.2.2 辐射防护措施

### 一、加速器机房

本项目加速器机房采取实体屏蔽，根据医院提供资料及现场勘查，医院对加速器机房进行了分区管理，将机房治疗室划为控制区，与治疗室相邻区域控制室、辅助机房、走廊等划为监督区，并在边界设置有警示标识。设置有紧急停机按钮、监控装置及双向对讲装置、工作状态指示灯，防护门与加速器设置有门机联锁装置，防护门具有防挤压功能。本次验收的加速器机房环境影响报告表防护措施与现场验收情况对比见表 2-4。

表 2-4 本项目加速器机房环境影响报告表防护措施与验收情况对比表

名称	环评内容					现场状况				
加速器主要参数及型号	型号	最大参数	最大方形照射野	最大输出剂量率	等中心高度	型号	最大参数	最大方形照射野	最大输出剂量率	等中心高度
	Trilogy	15MeV/10MV	40cm×40cm	$6 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$	1295mm	Trilogy	15MeV/10MV	40cm×40cm	$6 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$	1295mm
位置	门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房					经现场勘查，与环评一致				
加速器治疗室尺寸	内径尺寸(长×宽×高)为 8.5m×6.5m×4m(不含迷道)，面积约为 55.3m <sup>2</sup> (不含迷道)，总容积约为 221m <sup>3</sup> (不含迷道)					经与医院核实及现场勘查，与环评一致				
加速器治疗室南墙	主屏蔽厚度为 2500mm 混凝土+20mm 铅，宽度为 3600mm；次屏蔽厚度为 1500mm 混凝土					经与医院核实及现场勘查，与环评一致				
加速器治疗室北墙	主屏蔽厚度为 2500mm 混凝土+20mm 铅，宽度为 3600mm；次屏蔽厚度为 1500mm 混凝土					经与医院核实及现场勘查，与环评一致				
加速器治疗室室顶	主屏蔽厚度为 2500mm 混凝土+70mm 铅，宽度为 3600mm；次屏蔽厚度为 1500mm 混凝土					经与医院核实及现场勘查，与环评一致				
迷道内墙和迷道外墙	迷道内墙厚度为 650mm 混凝土；迷道外墙厚度为 1100mm+20mm 铅					经与医院核实及现场勘查，与环评一致				
东墙	厚度为 1100mm 混凝土+50mm 铅					经与医院核实及现场勘查，与环评一致				
防护门	迷道外口设防护门 1 个，14mm 铅板+钢架结构，电动平移式，防护能力为 160mm 石蜡+14mm 铅板，设置有门机联锁装置、电离辐射警告标志和工作状态指示灯					经与医院核实及现场勘查，与环评一致				



表 2-4 本项目加速器机房环境影响报告表防护措施与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况
通风设置	加速器机房治疗室设置有通风系统，室顶西南角及西北角各设置 1 个进风口，尺寸约为 40cm×40cm；南墙东端及北墙东端各设置 1 个排风口，尺寸约为 30cm×30cm，满足“上进下出、对角设置”的要求，排风口连接单独的排风管道，通过加速器机房所在门诊楼楼顶排放，排风口外侧高于楼顶约 2m。通风量大于 1500m <sup>3</sup> /h，机房有效容积约 221m <sup>3</sup> ，换气次数约为 6.8 次/h	经与医院确认，通风设置与环评一致，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“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。”的要求
其他辐射安全设施	治疗室内与入口处设置有电视监视系统、激光定位、双向对讲等装置，并分别于控制台 1 个、迷道 1 个、机房墙壁 2 个、机架 2 个、治疗床 1 个设置紧急停机按钮，防护门与加速器联锁，防护门外上方设置有工作状态指示灯及电离辐射警告标志	经与医院核实及现场勘查，与环评一致
防护器材配备	本项目加速器机房 6 名辐射工作人员配备 1 台辐射巡检仪、6 部个人剂量报警仪	所有辐射工作人员均已配备个人剂量计，已配备个人剂量报警仪（FJ3500 型）1 部，医院配备了 2 台 FJ1200 型便携式辐射检测仪
辐射工作人员	本项目加速器机房 6 名辐射工作人员	加速器机房 6 名辐射工作人员（2 名医师、2 名技师、2 名物理师），均已参加了辐射安全与防护培训，成绩合格
运行时间	本项目加速器每年约开展 5000 例手术治疗，本项目医用电子加速器具备调强治疗模式，调强治疗模式约占 70%，常规治疗模式及调强治疗模式下每人治疗时间均不超过 3min，则年照射时间不超过 250h	经与医院核实，每年约开展 5000 例手术治疗，年照射时间不超过 250h

## 二、DSA 机房

经现场勘查，DSA 机房采取实体屏蔽，医院将心内导管一室、心内导管二室内部划为控制区，与机房相邻区域控制室、设备间、走廊、夹道划为监督区；将杂交手术室内划为控制区，与机房相邻区域控制室、设备间、走廊划为监督区，边界处设置有警示标志

DSA 机房设置有电离辐射警告标志、紧急停机按钮、工作状态指示灯等，防护门设置有闭门装置，且工作状态指示灯与防护门能有效联动；DSA 机房内设置了动力排风装置。

本项目 DSA 机房环境影响报告表防护措施与现场验收情况对比见表 2-5。

表 2-5 本项目 DSA 机房环境影响报告表防护措施与验收情况对比表

心内导管一室、心内导管二室			
名称	环评内容		现场状况
DSA 装置型号	心内导管一室	心内导管二室	经现场勘查，与环评一致
	Allura xper FD20	UNIQ FD10	
DSA 装置最大参数	管电压： 125kV，管电 流：1250mA	管电压：125kV， 管电流：1000mA	经现场勘查，与环评一致
位置	南病房楼 12 层心内导管一室		经现场勘查，与环评一致
DSA 机房尺寸	7m×5.8m×3m，面积 40.6m <sup>2</sup>		经现场勘查，与环评一致。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“单管头 X 射线设备机房内最小有效使用面积 20m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长度 3.5m”的要求
机房室顶	200mm 混凝土+40mm 钡水泥，折合后的铅当量大于 3mmPb		经与医院核实，与环评一致。DSA 机房四周墙体、防护门、观察窗及机房室顶、地面防护能力均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 中 C 形臂 X 射线设备机房 2.0mmPb 的屏蔽要求
地面	200mm 混凝土，折合后的铅当量大于 2.5mmPb		
机房四周墙体	200mm 混凝土+40mm 钡水泥，折合后的铅当量大于 3mmPb		
大防护门	4mm 铅板+钢架复合结构，4mmPb		
小防护门	4mm 铅板+钢架复合结构，4mmPb		
观察窗	15mm 铅玻璃，4mmPb		
通风设置	本项目心内导管一室及心内导管二室内均采用净化空调系统通风，机房内已安装有空调系统，使 DSA 机房能够保持良好通风		经与医院核实及现场勘察，采用净化空调系统通风，机房内已安装有空调系统
其他辐射安全设施	DSA 机房设计有急停按钮、监视对讲设备，机房防护门设计有工作状态指示灯、门机联动系统、门灯联锁和电离辐射警告标志		经现场勘查，操作位处设置急停按钮，操作室与介入室内设置有双向对讲装置，患者出入防护门外设置有工作状态指示灯，门灯联锁，设置有防夹装置，于醒目位置设置有电离辐射警告标志

续表 2-5 本项目 DSA 机房环境影响报告表防护措施与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况
防护器材配备	医院已为 3 座 DSA 机房配备的个人防护用品共有铅衣 16 件、铅橡胶围裙 16 件、铅防护眼镜 13 副、铅橡胶颈套 16 件、铅橡胶帽子 16 件及介入防护手套 13 副	经现场勘查，配备的个人防护用品共有铅衣 16 件、铅橡胶围裙 16 件、铅防护眼镜 13 副、铅橡胶颈套 16 件、铅橡胶帽子 16 件及介入防护手套 13 副
辐射工作人员	本项目 3 座 DSA 机房共配备 12 名辐射工作人员	经与医院核实，共配备 11 名辐射工作人员，均已参加了辐射安全与防护培训，成绩合格，在有效期内
运行时间	本项目心内导管一室及心内导管二室 DSA 装置每年开展手术量各约 1500 例，平均每例最大照射时间 20min（其中透视时间 18min，摄影时间 2min），则职业人员年最大照射时间各为 500h/a（透视时间 450h/a、摄影时间 50h/a）	经与医院核实，心内导管一室及心内导管二室 DSA 装置每年开展手术量各约 1500 例，平均每例最大照射时间 20min（其中透视时间 18min，摄影时间 2min），则职业人员年最大照射时间各为 500h/a（透视时间 450h/a、摄影时间 50h/a）
杂交手术室		
名称	环评内容	现场状况
DSA 装置型号	Artis zeego Aquilio	经现场勘查，与环评一致
DSA 装置最大参数	管电压：125kV，管电流：1000mA	经现场勘查，与环评一致
位置	北病房楼 3 层杂交手术室	经现场勘查，与环评一致
DSA 机房尺寸	8.3m×6.03m×2.9m，面积 50m <sup>2</sup>	经现场勘查，与环评一致。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“单管头 X 射线设备机房内最小有效使用面积 20m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长度 3.5m”的要求
机房室顶	300mm 混凝土+50mm 钡水泥，折合后的铅当量大于 3mmPb	经与医院核实，与环评一致。DSA 机房四周墙体、防护门、观察窗及机房室顶、地面防护能力均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 中 C 形臂 X 射线设备机房 2.0mmPb 的屏蔽要求
地面	300mm 混凝土+50mm 钡水泥，折合后的铅当量大于 3mmPb	
机房四周墙体	40mm 钡板，折合后的铅当量 4mmPb	

大防护门	4mm 铅板+钢架复合结构, 4mmPb	
小防护门	同患者进出防护门	
观察窗	15mm 铅玻璃, 4mmPb	
通风设置	采用净化空调系统通风, 进风口 1 个设置在吊顶, 回风口 4 个分别设置于南墙及北墙的底部, 排风系统使 DSA 机房能够保持良好通风	经现场勘查, 进风口 1 个设置在吊顶, 回风口 4 个分别设置于南墙及北墙的底部
运行时间	杂交手术室 DSA 装置每年开展手术量约 600 例, 平均每例最大照射时间 20min (其中透视时间 18min, 摄影时间 2min), 则职业人员年最大照射时间为 200h/a (透视时间 180h/a、摄影时间 20h/a)	经与医院核实, 杂交手术室 DSA 装置每年开展手术量约 600 例, 平均每例最大照射时间 20min (其中透视时间 18min, 摄影时间 2min), 则职业人员年最大照射时间为 200h/a (透视时间 180h/a、摄影时间 20h/a)

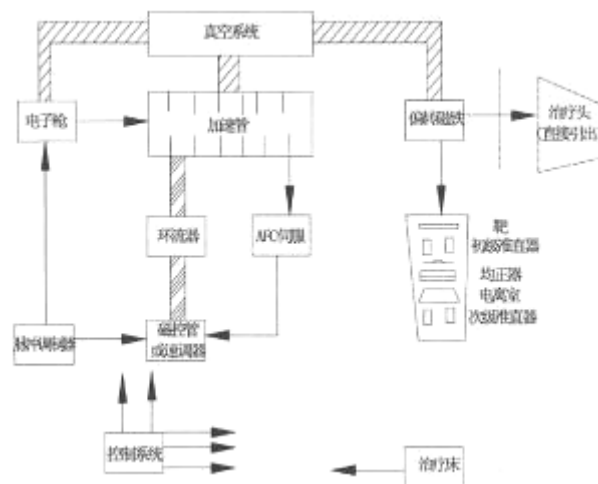
### 2.2.3 工作原理和工作流程

#### 一、医用电子加速器

##### 1、设备组成

医用电子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, 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 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, 最后到达患者病灶实现治疗目的。

医用电子加速器内部结构图见图 2-3。



## 2、工作原理

### 3、工作流程

具体治疗流程如下所示:

束离开。

## 二、DSA 装置

### 1、设备组成

DSA 装置主要由平板探测器、球管、C-arm 支持系统、导管床、操作台等组成。DSA 装置整体外观示意图见图 2-4。

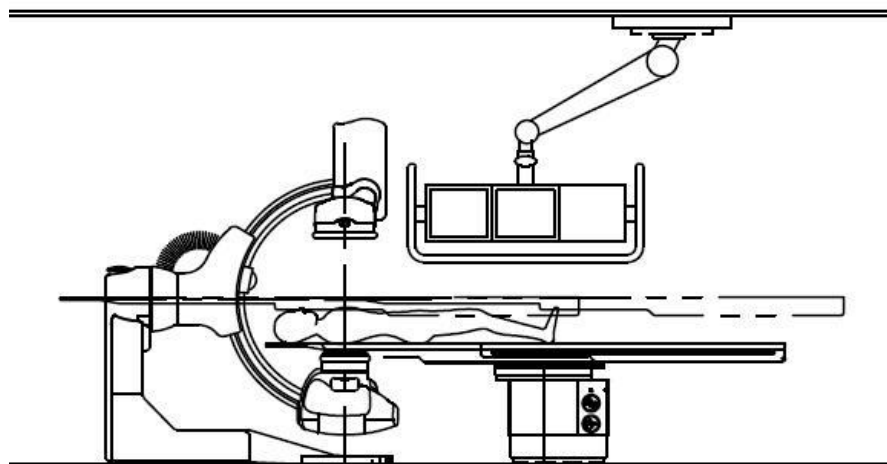


图 2-4 DSA 装置整体结构示意图

### 2、工作原理

数字减影血管造影机 (DSA) 主要采用时间减影法, 即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理, 仅显示有造影剂充盈的结构, 具有高精密度和灵敏度。利用计算机系统将注射造影剂前的透视影像转换成数字形式贮存于记忆盘中, 称作蒙片。然后将注入造影剂后的造影区的透视影像也转换成数字, 并减去蒙片的数字, 将剩余数字再转换成图像, 即成为除去了注射造影剂前透视图像上所见到的骨骼和软组织影像, 剩下的只是清晰的纯血管造影像。

在血管造影时, X 射线照射人体后产生的影像, 经影像增强器强化, 由摄像机接收并把它变成模拟信号输入模一数转换器, 把模拟信号转变成数字信号, 然后把数字信号存入存储器。同时电子计算机图像处理系统把图像分成许多像素, 并通过数-模转换器把数字信号变成模拟信号, 再输入监视器, 从监视器屏幕上就可见到实时纯血管的图像。

### 3、工作流程

- (1) 由主管医生写介入诊疗申请单。
- (2) 介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症, 在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。
- (3) 介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发

症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。

(4) 根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定。

(5) 根据不同的治疗方案，医师及护士密切配合，完成介入手术或检查。

(6) 手术医师及时书写手术记录，技师及时处理图像、刻录光盘或照片，对急症病人尽快将胶片交给病人。

(7) 对单纯接受介入造影检查的病人，手术医师在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回交病房放病历保管。

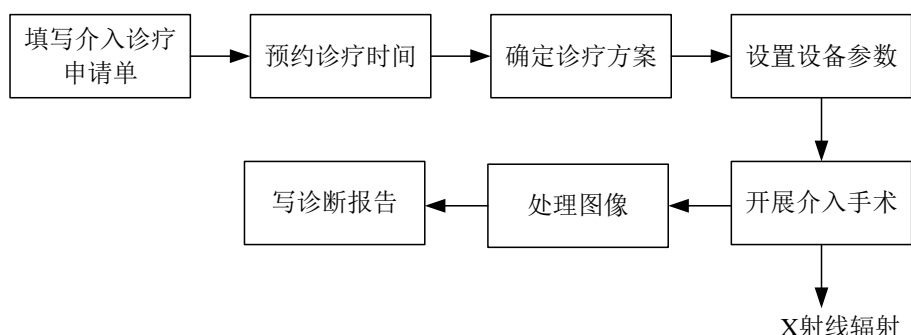


图 2-5 介入治疗工艺流程及产污环节图

## 2.2.4 污染因子及污染分析

### 1、医用电子加速器

#### (1) X 射线和中子辐射

医用电子加速器电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生韧致辐射 X 射线，其辐射可分为瞬发辐射和感生辐射两类。瞬发辐射包括初级辐射（被加速的电子）及其与靶材料或加速器的结构材料相互作用产生的次级辐射 X 射线等。瞬发辐射在加速器运行时产生，关机后即消失。剩余是指加速器的初级电子束和次级辐射在加速器结构材料及环境介质（包括空气、屏蔽物等）中诱发生成的感生放射性。剩余辐射在加速器关机后仍存在。而且随加速器的运行时间的增加而积累，随加速器关机时间的增加而减弱。但只有当粒子的能量大于核反应的阈能时，才会产生感生放射性。根据《辐射防护手册 辐射源与屏蔽》（第一分册）可知，绝大多数天然核素的反应阈能在 10MeV 以上，当 X 射线的能量超过阈能时，在空气中产生的感生放射性核素主要是  $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  和  $^{41}\text{Ar}$ 。感生放射性产生于加速器运转时，停机后继续存在。大多数放射性核素的半衰期比较短，停机 5~10 分钟后就可以减弱到初始值的一半，因此，对感生放射性的有效防护措施之一就是等其自然衰变。

本项目医用电子加速器产生的电子最高能量为 15MeV，电子与靶物质作用产生韧致辐射

X 射线。由于 X 射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。在加速器开机的时间内，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

当加速器 X 射线标称能量大于 10MV 时，高能光子会与 X 射线靶、一级准直器、X 射线均整器和治疗准直器多种高原子序数的材料如铅、钨等发生 (Y, n) 光核反应，产生中子辐射。GBZ121-2020 中规定：“7.1 对于高于 10MVX 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”。本项目医用电子加速器的 X 射线最大能量为 10MV，不再考虑其中子辐射及中子俘获  $\gamma$  射线、感生放射性。

#### (2) 非放射性有害气体

医用电子加速器在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧 ( $O_3$ ) 和氮氧化物 ( $NO$ ,  $NO_2$ )。机房设有通风系统，通风次数大于 4 次/h，可明显降低其浓度。

#### (3) 放射性废水

加速器设备中设计有冷却水循环系统，这部分水尤其是靶部分水中可能含有较强的放射性，冷却水循环使用。在加速器运行期间，循环水系统的某一部分可能使附近的操作人员受到照射。冷却水中被活化而形成的放射性核素主要为  $^{15}O$ 、 $^{16}N$ ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，半衰期很短，只需放置一定时间其活度就可以衰减到较低的水平。因此冷却水放置一段时间后可直接排放。

#### (4) 放射性固体废物

本项目加速器冷却水循环系统采取直接添加外购蒸馏水方式，不涉及产生离子交换树脂；靶物质经长期照射后，可积累一定数量的感生放射性核素，退役靶属于放射性固体废物，需交由有资质的单位处置。根据医院提供的处理方法，退役的靶由设备生产厂家负责回收，最终由山东省城市放射性废物库收贮。

#### (5) 事故工况下主要污染途径

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，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为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，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。

(6) 加速器废靶件等放射性固体废物委托有资质的单位处置。

## 2、DSA 装置

### (1) X 射线

本项目 DSA 装置开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

### (2) 非放射性污染因素分析

本项目 DSA 装置运行中不产生也不排放放射性废气和固态、液态放射性废物，但可能产生非放射性有害气体二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 和臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 等非辐射有害因素。在 X 射线辐射源的照射下，空气吸收辐射能量并通过电离离子的作用可产生臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 和氮氧化物 ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ )。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。各射线装置机房均已设置动力排风装置，可保持良好的通风。

### (3) 放射性废物

(4) 废造影剂等医疗废物委托有资质的单位处置。

本项目 DSA 线装置运行过程不产生放射性固体废物、废水和废气。

由上述分析可知，DSA 装置的污染因子为 X 射线。

### 三、环评要求及落实情况

#### 3.1 环境影响报告表要求与验收情况的对比

表 3-1 环境影响报告表要求与验收情况的对比

环境影响报告表要求（综述）	落实情况
1. DSA 装置职业工作人员在工作过程中须穿戴好铅衣、铅帽、铅眼镜、铅护颈、介入防护手套等个人辐射防护用品，介入人员须在防护帘及防护屏后进行操作，尽量降低受照剂量	1. 医院 DSA 辐射工作人员在机房内工作过程中按要求穿戴铅衣、铅帽、铅眼镜、铅护颈等个人辐射防护用品，在防护帘及防护屏后进行操作
2. 严格执行辐射监测计划，发现问题及时处理。定期检查机房的辐射安全防护装置及措施，确保正常工作，避免无关人员误入机房	2. 医院已制定《辐射监测方案》，定期检查机房的辐射安全防护装置及措施，确保正常工作
3. 按照国家有关规定，本次评价后重新申领辐射安全许可证，按时组织竣工环境保护验收	3. 已按要求重新申领辐射安全许可证，并按要求组织竣工环境保护验收
4. 介入辐射工作人员在工作期间佩戴 2 枚个人剂量计，1 枚在铅围裙内躯干位置，1 枚在铅围裙外锁骨对应的领口位置，对 2 枚个人剂量计分别进行监测	4. 医院已制定《放射工作人员培训制度》《辐射安全防护岗位责任制》《辐射安全与防护制度》，辐射工作人员在工作期间按要求佩戴个人剂量计
4. 建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝辐射事故的发生	4. 医院已制定《放射工作人员培训制度》《辐射安全防护岗位责任制》《辐射安全与防护制度》，杜绝辐射事故的发生
5. 医院应结合工作实际情况对辐射安全管理制度不断进行修改和完善	5. 医院已制定《辐射安全防护岗位责任制》《辐射安全与防护制度》《放射工作人员培训制度》《辐射监测方案》《医学装备维修保养管理制度》《放射安全事件应急预案》《DSA 操作规程》《医用电子加速器操作规程》《自行检查和年度评估制度》

#### 3.2 环境影响评价报告表批复与验收情况的对比

表 3-2 环境影响评价报告表批复与验收情况对比

环境影响报告表批复意见（综述）	验收时落实情况
一、项目基本情况	
<p>本次评价涉及的射线装置位于淄博市中心医院本院区，地点为淄博市张店区共青团西路 54 号，门诊楼地下 1 层放疗科建设一座加速器机房，安装 1 台 Trilogy 型医用电子加速器；南病房楼 12 层心内导管一室安装 1 台 Allura xporFD20 型 DSA 装置；南病房楼 12 层心内导管二室安装 1 台 UNIQ FD10 型 DSA 装置；北病房楼 3 层杂交手术室安装 1 台 Artis zeego Aquilio 型 DSA 装置。医用电子加速器、DSA 装置均属于 II 类射线装置。该项目在落实环境影响报告表提出的辐射安全和防护措施及审批意见要求后，对环境的影响符合国家有关规定和标准，我局原则同意按照环境影响报告表提出的项目性质、规模、地点、环境保护对策、措施建设该项目。</p>	<p>射线装置位于淄博市中心医院本院区，地点为淄博市张店区共青团西路 54 号，门诊楼地下 1 层放疗科建设一座加速器机房，安装 1 台 Trilogy 型医用电子加速器；南病房楼 12 层心内导管一室安装 1 台 Allura xporFD20 型 DSA 装置；南病房楼 12 层心内导管二室安装 1 台 UNIQ FD10 型 DSA 装置；北病房楼 3 层杂交手术室安装 1 台 Artis zeego Aquilio 型 DSA 装置。医用电子加速器、DSA 装置均属于 II 类射线装置，本项目已落实报告表提出的各项环境保护措施。</p>
二、该项目应严格按照环境影响报告表提出的措施及以下要求，开展辐射安全管理工作	
（一）严格执行各项辐射安全管理制度	

1. 落实辐射安全管理责任制。建设单位法人代表为辐射安全工作第一责任人，分管负责人为直接责任人。设立辐射安全与环境保护管理机构，落实岗位职责。至少设 1 名本科以上学历的技术人员专职负责公司辐射安全管理工作，明确辐射工作岗位，落实岗位职责。	1. 签订了《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为本单位辐射工作安全责任人；成立了辐射安全领导小组，并指定尹波负责医院射线装置的安全和防护工作。明确辐射工作岗位，落实岗位职责。
2. 认真制定并严格落实《医用电子加速器操作规程》、《DSA 操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员培训计划》、《自行检查和年度评估制度》等能够满足本项目的工作需求的各项规章制度，并建立辐射安全管理档案。	2. 医院制定了《辐射安全防护岗位责任制》《辐射安全与防护制度》《放射工作人员培训制度》《辐射监测方案》《医学装备维修保养管理制度》《放射安全事件应急预案》《DSA 操作规程》《医用电子加速器操作规程》《自行检查和年度评估制度》《辐射监测方案》等制度，医院严格落实以上制度，并建立了辐射安全管理档案。
(二) 加强辐射工作人员安全防护	
1. 加强辐射工作人员的培训和再培训。制定辐射工作人员培训计划，严格按照《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）的规定开展培训，提高工作人员自我保护意识和环境保护意识，辐射工作人员需经考核合格并取得培训证书，考核不合格未取得辐射安全培训证书的工作人员，不得从事辐射工作	1. 医院制定了《放射工作人员培训制度》，全院所有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训并取得培训合格证书，成绩合格，在有效期内（见附件 6）
2. 按照《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）的要求，安排专人负责个人剂量监测管理，为每名辐射工作人员配置个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测，发现监测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。按法律法规要求建立个人剂量档案做到一人一档并按要求保存	2. 医院辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，由山东卫健辐射检测评价有限公司对个人剂量进行监测，并出具个人剂量检测报告，建立了个人剂量档案，做到了 1 人 1 档。项目运行期间，未发现个人剂量监测结果异常情况。
(三) 做好辐射工作场所安全防护	
1. 工作场所醒目位置上应设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的电离辐射警告标志，安全防护门、警示灯应符合规范标准。工作场所应落实实体屏蔽措施，屏蔽墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$	1. 医院已在醒目位置上设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的电离辐射警告标志，加速器机房设置门机联锁，DSA 机房设置门灯联锁，工作状态指示灯，根据验收监测报告，控制室、屏蔽墙及防护门外 30cm 处受照剂量满足要求，确保在该区域活动的工作人员和公众所受到的辐射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的标准限值
2. 工作场所应进行分区管理。加速器机房治疗室四周墙壁围成的区域及迷道划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区；DSA 机房四周墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻的控制室、辅助机房（设备间）等划为监督区，并在控制区边界设置电离辐射警告标志。控制区严格控制非相关人员进入，监督区定期进行监督和评价	2. 工作场所实行严格管理，实行分区管理，划分控制区和监督区，将加速器机房四周墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻的走廊、控制室、辅助机房划为监督区；DSA 机房四周墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻的控制室、辅助机房（设备间）等划为监督区并在醒目的位置上设置电离辐射警告标志，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，医院对工作场所进行严格管理，人员未经允许不得进入该区域
4. 配备可满足该项目检测需求的辐射巡检仪、个人剂量报警仪等监测仪器。严格执行辐射监测计划，除自行按工作要求开展辐射环境监测外，应每年委托有资质的单位进行监测。如发现异常情况，应及	4. 医院已配备辐射巡检仪（FJ1200）和个人剂量报警仪（FJ3500）已制定《辐射监测方案》严格执行辐射监测计划，并每年委托有资质的单位进行监测。

时委托有资质的单位进一步监测，并向生态环境部门上报监测数据	
5. 严格按照辐射工作场所防护需求配备设施设备，做好维护、维修，并建立维护、维修档案，确保防护设施设备实时安全有效	5. 医院已制定《医学装备维修保养管理制度》确保防护设施设备实时安全有效
6. 对本单位辐射安全和防护状况进行年度评估，于每年的 1 月 31 日前报区生态环境部门	6. 医院承诺，按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，并于每年 1 月 31 日前通过国家核技术利用辐射安全申报系统上传
（四）医用电子加速器运行过程中活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，更换或退役时作为放射性固体废物置于铅罐暂存于机房内，经衰变后低于清洁解控水平的由厂家回收，超出清洁解控水平的送交有资质单位处置	（四）医院承诺，医用电子加速器运行过程中活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，更换或退役时作为放射性固体废物置于铅罐暂存于机房内，经衰变后低于清洁解控水平的由厂家回收，超出清洁解控水平的送交有资质单位处置
（五）制定并定期修订本单位的辐射事故应急预案，有计划地开展辐射事故应急演练，严防辐射事故发生，若发生辐射施工，应及时向生态环境、公安和卫计等部门报告	（五）已制定《放射安全事件应急预案》，并于 2022 年 2 月开展应急演练
（六）你公司应当对运营期的设备、防护设施一起开展安全辨识管理。	（六）医院已制定《自行检查和年度评估制度》《医学装备维修保养管理制度》对设备、防护设施进行统一管理
三、项目竣工后，须按规定程序进行竣工环境保护验收	三、已按规定组织项目竣工环境保护验收
四、该项目的性质、规模、地点、采用的辐射安全与防护措施等发生重大变动前，应当重新报批	四、本项目性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施不涉及重大变动
五、你单位在重新取得辐射许可证前，不得开展本项目涉及的辐射活动	五、不涉及

## 四、验收监测

本次对门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房医用电子加速器 (Trilogy)，南病房楼 12 层心内导管一室 DSA 装置 (Allura xper FD20)，南病房楼 12 层心内导管二室 DSA 装置 (UNIQ FD10)，北病房楼 3 层杂交手术室 DSA 装置 (Artis zeego Aquilio)，进行验收。为掌握该医院医用电子加速器、DSA 装置正常运行工况下工作场所周围辐射环境水平，本次根据现场条件和相关监测标准、规范的要求合理布点，进行现场监测和验收核查。

### 4.1 监测对象

医用电子加速器、DSA 介入室周围辐射环境水平。

### 4.2 监测项目

环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率、X- $\gamma$  辐射剂量率。

### 4.3 监测时间及条件

监测时间：2022 年 12 月 5 日；

监测天气：晴；温度：3.4℃；相对湿度：27.8%。

### 4.4 监测技术规范

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 的要求和方法进行现场测量。

### 4.5 监测单位

本次验收由具备生态环境监测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司开展监测。

### 4.6 监测仪器及技术指标

表 4-1 检测仪器

设备名称	设备型号	编号	检定/校准证书编号	检定/校准有效期至
辐射检测仪	BG9512P/BG7030	A-1804-01	Y16-20220370	2023 年 3 月 8 日

表 4-2 主要检测仪器技术指标

设备名称	技术指标
辐射检测仪	吸收剂量率：10nGy/h~200 $\mu$ Gy/h； 能量范围：25keV~3MeV；

### 4.7 监测点位

加速器及 DSA 机房具体监测点位布设如下所示：

1、医用电子加速器非工作状态下，于加速器机房周围及机房内部共布设 6 个背景监测点位，即 1#~6#。医用电子加速器工作状态下，于加速器机房周围共布设 18 个监测点位，

即 A1~A18。

2、DSA 装置非工作状态下，于 DSA 机房周围及机房内部共布设 21 个背景监测点位，即 7#~27#。DSA 装置工作状态下，于 DSA 机房周围共布设 69 个监测点位，即 B1~B23、C1~C23、D1~D23。

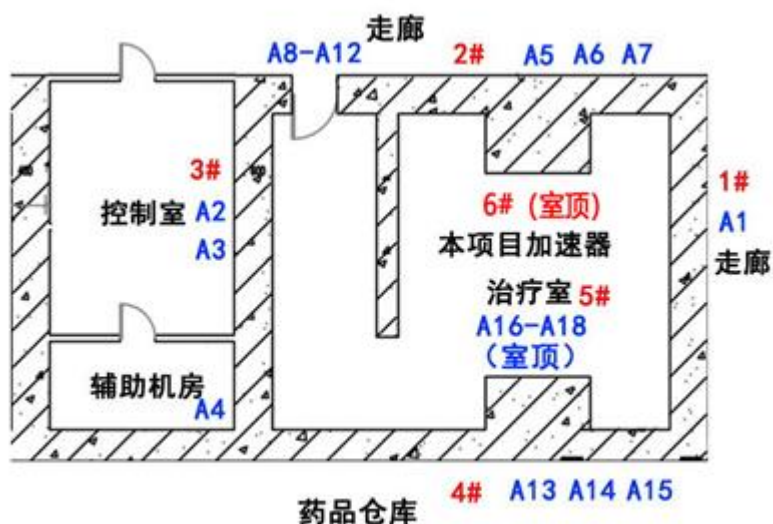


图 4-1 加速器机房监测布点示意图

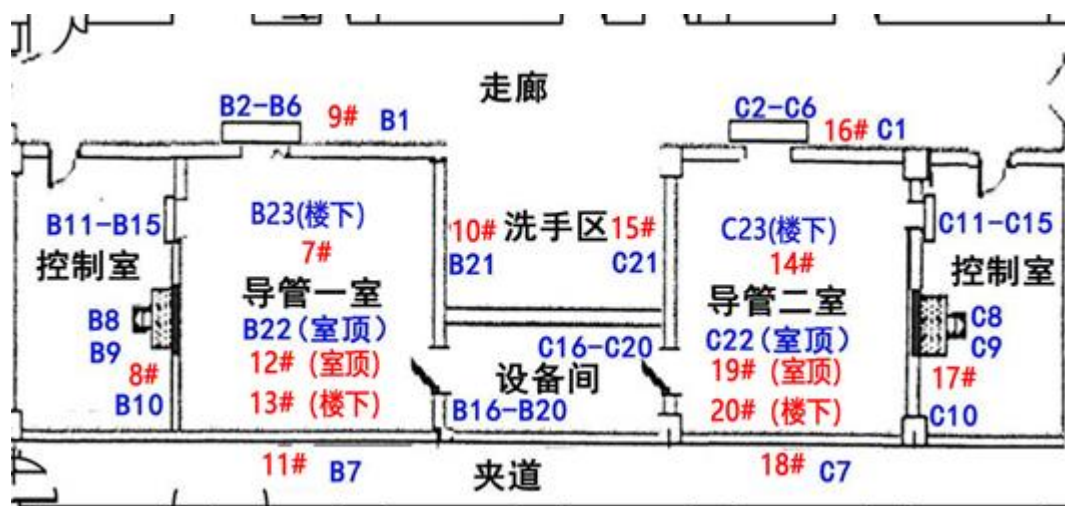


图 4-2 DSA 机房监测布点示意图（一）

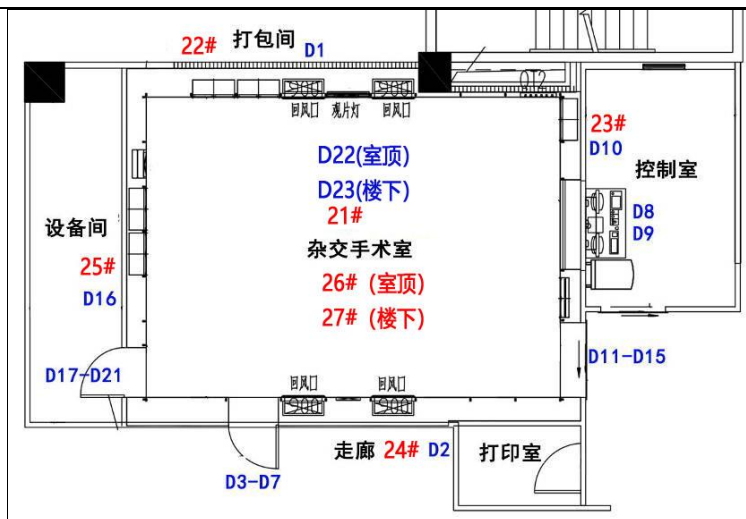


图 4-2 DSA 机房监测布点示意图 (二)

## 4.8 监测结果

### 一、加速器机房及 DSA 机房周围 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果 (关机状态)

表 4-3 加速器机房及 DSA 机房周围  $\gamma$  辐射剂量率监测结果 (关机状态)

序号	点位描述	监测结果 (nGy/h)	
		监测值	标准偏差
1#	加速器治疗室东墙外 30cm 处走廊	77.7	1.4
2#	加速器治疗室北墙外 30cm 处走廊	78.3	1.3
3#	加速器治疗室西墙外 30cm 处控制室	79.3	1.6
4#	加速器治疗室南墙外 30cm 处药品仓库	72.7	1.3
5#	加速器治疗室内	53.4	1.3
6#	加速器治疗室室顶外 30cm 处	122.2	1.5
7#	心内导管一室内	69.1	1.7
8#	心内导管一室西墙外 30cm 处控制室	70.4	1.2
9#	心内导管一室北墙外 30cm 处走廊	76.3	1.6
10#	心内导管一室东墙外 30cm 处洗手区	87.9	1.9
11#	心内导管一室南墙外 30cm 处夹道	78.6	1.7
12#	心内导管一室室顶外 1m 处中心实验室	86.8	1.3
13#	心内导管一室楼下距楼下地面 1.7m 处设备层	87.7	1.8
14#	心内导管二室内	68.3	1.7

15#	心内导管二室西墙外 30cm 处洗手区	88.5	1.6
16#	心内导管二室北墙外 30cm 处走廊	78.0	1.7
17#	心内导管二室东墙外 30cm 处控制室	88.5	1.3
18#	心内导管二室南墙外 30cm 处夹道	78.5	1.7
19#	心内导管二室室顶外 1m 处中心实验室	87.7	1.7
20#	心内导管二室楼下距楼下地面 1.7m 处设备层	86.3	1.3
21#	杂交手术室内	45.6	1.7
22#	杂交手术室北墙外 30cm 处打包间	52.1	1.2
23#	杂交手术室东墙外 30cm 处控制室	45.7	1.2
24#	杂交手术室南墙外 30cm 处走廊	54.2	1.4
25#	杂交手术室西墙外 30cm 处设备间	49.8	1.7
26#	杂交手术室室顶外 1m 处设备层	85.4	1.3
27#	杂交手术室楼下距楼下地面 1.7m 处 ICU 病房	85.6	1.6

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值 11.8nGy/h。

## 二、加速器治疗室周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果（开机状态）

表 4-4 加速器治疗室周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果（开机状态）

序号	主射束照射方向	点位描述	监测结果（nGy/h）	
			监测值	标准偏差
A1	向下照射	加速器治疗室东墙外 30cm 处走廊	91.8	1.7
A2		加速器治疗室西墙外控制室操作位	90.9	1.4
A3		加速器治疗室西墙外 30cm 处控制室	91.7	1.6
A4	向北照射	加速器治疗室西墙外 30cm 处辅助机房	86.8	1.8
A5		加速器治疗室北墙主屏蔽墙外 30cm 处	90.7	1.7
A6		加速器治疗室北墙主屏蔽与次屏蔽交接处外 30cm 处	106.7	1.7
A7		加速器治疗室北墙次屏蔽墙外 30cm 处	124.9	1.6
A8		加速器治疗室防护门上侧门缝外 30cm 处	120.1	1.8
A9		加速器治疗室防护门东侧门缝外 30cm 处	101.3	1.6
A10		加速器治疗室防护门下侧门缝外 30cm 处	129.8	1.8



A11	向北照射	加速器治疗室防护门西侧门缝外 30cm 处	96.7	1.7
A12		加速器治疗室防护门中间外 30cm 处	101.3	1.6
A13	向南照射	加速器治疗室南墙主屏蔽墙外 30cm 处	89.6	1.3
A14		加速器治疗室北墙主屏蔽与次屏蔽交接处外 30cm 处	96.5	1.7
A15		加速器治疗室南墙次屏蔽墙外 30cm 处	106.1	1.6
A16	向上照射	加速器治疗室室顶主屏蔽墙外 30cm 处	127.2	1.3
A17		加速器治疗室室顶主屏蔽与次屏蔽交接处外 30cm 处	138.9	1.6
A18		加速器治疗室室顶次屏蔽墙外 30cm 处	143.4	1.6

注：1. 检测结果已扣除宇宙射线响应值 11.8nGy/h；

2. 医用直线加速器工作状态 X 射线能量为 6MV，照射野为 40×40cm，输出剂量 600cGy/min；除 A5、A13、A16 点位外，其他点位监测时均于等中心处放置水模体。

3. 加速器 10MV 模式医院已不再使用，检测工况使用 6MV 模式。

### 三、心内导管一室周围 X-γ 辐射剂量率监测结果（开机状态）

表 4-5 心内导管一室周围 X-γ 辐射剂量率监测结果（开机状态）

序号	主射束照射方向	点位描述	监测结果（nGy/h）	
			监测值	标准偏差
B1	向北照射	心内导管一室北墙外 30cm 处走廊	129.6	1.5
B2		患者进出防护门上侧门缝外 30cm 处	101.7	1.7
B3		患者进出防护门下侧门缝外 30cm 处	143.5	1.7
B4		患者进出防护门东侧门缝外 30cm 处	106.0	1.8
B5		患者进出防护门西侧门缝外 30cm 处	110.9	1.5
B6		患者进出防护门中间位置外 30cm 处	175.6	1.5
B7	向南照射	心内导管一室南墙外 30cm 处夹道	200.7	1.7
B8	向上照射	心内导管一室西侧控制室操作位	82.4	1.7
B9		心内导管一室西侧观察窗外 30cm 处	79.6	1.7
B10		心内导管一室西墙外 30cm 处控制室	101.5	1.5
B11		医护进出防护门上侧门缝外 30cm 处	97.3	1.7
B12		医护进出防护门下侧门缝外 30cm 处	106.1	1.6
B13		医护进出防护门北侧门缝外 30cm 处	92.1	1.7
B14		医护进出防护门南侧门缝外 30cm 处	120.5	1.5
B15		医护进出防护门中间位置外 30cm 处	92.4	1.5
B16		设备间防护门上侧门缝外 30cm 处	360.2	1.9

B17		设备间防护门下侧门缝外 30cm 处	266.4	1.5
B18		设备间防护门北侧门缝外 30cm 处	246.9	1.7
B19		设备间防护门南侧门缝外 30cm 处	228.6	1.6
B20		设备间防护门中间位置外 30cm 处	294.1	1.5
B21		心内导管一室东墙外 30cm 处洗手区	98.9	1.9
B22		心内导管一室室顶外 1m 处中心实验室	89.7	1.4
B23	向南照射	心内导管一室楼下距楼下地面 1.7m 处设备层	91.8	1.6

注：1. 检测结果已扣除宇宙射线响应值 11.8nGy/h；

2. 监测时放置水模+1.5mmCu，为透视状态，管电压和管电流分别为 120kV、11.3mA。

#### 四、心内导管二室周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果（开机状态）

表 4-6 心内导管二室周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果（开机状态）

序号	主射束照射方向	点位描述	监测结果（nGy/h）	
			监测值	标准偏差
C1	向北照射	心内导管二室北墙外 30cm 处走廊	103.5	1.6
C2		患者进出防护门上侧门缝外 30cm 处	106.3	1.6
C3		患者进出防护门下侧门缝外 30cm 处	223.9	1.5
C4		患者进出防护门东侧门缝外 30cm 处	106.8	1.7
C5		患者进出防护门西侧门缝外 30cm 处	107.9	1.3
C6		患者进出防护门中间位置外 30cm 处	106.5	1.6
C7	向南照射	心内导管二室南墙外 30cm 处夹道	105.7	1.4
C8	向上照射	心内导管二室东侧控制室操作位	96.6	1.8
C9		心内导管二室东侧观察窗外 30cm 处	91.7	1.7
C10		心内导管二室东墙外 30cm 处控制室	109.1	1.6
C11		医护进出防护门上侧门缝外 30cm 处	107.3	1.4
C12		医护进出防护门下侧门缝外 30cm 处	112.9	1.6
C13		医护进出防护门北侧门缝外 30cm 处	111.2	1.5
C14		医护进出防护门南侧门缝外 30cm 处	103.7	1.3
C15		医护进出防护门中间位置外 30cm 处	99.4	1.3
C16		设备间防护门上侧门缝外 30cm 处	115.6	1.6
C17		设备间防护门下侧门缝外 30cm 处	153.2	1.7
C18		设备间防护门北侧门缝外 30cm 处	96.7	1.7

C19		设备间防护门南侧门缝外 30cm 处	115.2	1.6
C20		设备间防护门中间位置外 30cm 处	114.9	1.3
C21		心内导管二室西墙外 30cm 处洗手区	110.7	1.6
C22		心内导管二室室顶外 1m 处中心实验室	91.8	1.5
C23	向南照射	心内导管二室楼下距楼下地面 1.7m 处设备层	96.0	1.3

注：1. 检测结果已扣除宇宙射线响应值 11.8nGy/h；

2. 监测时放置水模+1.5mmCu，为透视状态，管电压和管电流分别为 109kV、17mA。

## 五、杂交手术室周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果（开机状态）

表 4-7 杂交手术室周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果（开机状态）

序号	主射束照射方向	点位描述	监测结果（nGy/h）	
			监测值	标准偏差
D1	向北照射	杂交手术室北墙外 30cm 处打包间	73.4	1.6
D2	向南照射	杂交手术室南墙外 30cm 处走廊	69.1	1.7
D3		污物进出防护门上侧门缝外 30cm 处	157.6	1.7
D4		污物进出防护门下侧门缝外 30cm 处	139.8	1.8
D5		污物进出防护门东侧门缝外 30cm 处	90.6	1.3
D6		污物进出防护门西侧门缝外 30cm 处	124.7	1.7
D7		污物进出防护门中间位置外 30cm 处	87.1	1.7
D8	向上照射	杂交手术室东侧控制室操作位	97.1	1.5
D9		杂交手术室东侧观察窗外 30cm 处	92.1	1.7
D10		杂交手术室东墙外 30cm 处控制室	89.4	1.6
D11		医护进出防护门上侧门缝外 30cm 处	63.6	1.7
D12		医护进出防护门下侧门缝外 30cm 处	138.8	1.7
D13		医护进出防护门北侧门缝外 30cm 处	77.7	1.7
D14	向上照射	医护进出防护门南侧门缝外 30cm 处	74.7	1.4
D15		医护进出防护门中间位置外 30cm 处	56.8	1.7
D16		杂交手术室西墙外 30cm 处设备间	68.7	1.8
D17		设备间防护门上侧门缝外 30cm 处	350.4	1.8
D18		设备间防护门下侧门缝外 30cm 处	185.8	1.7

D19		设备间防护门北侧门缝外 30cm 处	138.7	1.6
D20		设备间防护门南侧门缝外 30cm 处	96.7	1.6
D21		设备间防护门中间位置外 30cm 处	92.2	1.6
D22		杂交手术室室顶外 1m 处设备层	89.6	1.3
D23	向南照射	杂交手术室楼下距楼下地面 1.7m 处 ICU 病房	91.9	1.5

注：1. 检测结果已扣除宇宙射线响应值 11.8nGy/h；

2. 监测时放置水模+1.5mmCu，为透视状态，管电压和管电流分别为 103.7kV、126.7mA。

由表 4-3 可见，医用电子加速器非工作状态下加速器治疗室内及周围  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 53.4~122.2 nGy/h，处于淄博市环境天然放射性本底水平范围内[室内（4.40~19.37） $\times 10^{-8}$ Gy/h]。

由表 4-4 可见，在医用电子加速器开机条件下，加速器治疗室周围剂量当量率为 86.8~143.4 nGy/h，满足环境影响报告表及批复中 2.5  $\mu$  Sv/h 的限值要求。

由表 4-3 可见，DSA 装置非工作状态下 DSA 介入室内及周围  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 45.6~88.5 nGy/h，处于淄博市环境天然放射性本底水平范围内[室内（4.40~19.37） $\times 10^{-8}$ Gy/h]。

由表 4-5、4-6、4-7 可见，DSA 装置工作条件下，DSA 介入室周围剂量当量率为 56.8~360.2 nGy/h，满足环境影响报告表及批复中 2.5  $\mu$  Sv/h 的限值要求。

## 五、职业与公众受照剂量

### 5.1 职业人员受照剂量

经与医院确认，加速器机房共配备 6 名辐射工作人员负责全院加速器操作，DSA 机房共配备 11 名辐射工作人员，医院现有辐射工作人员均已进行个人剂量检测。因本项目加速器及 DSA 装置已运行多年，辐射工作人员年有效剂量根据近期个人剂量检测报告进行估算，本次评价收集辐射工作人员最近四个季度的个人剂量检测报告进行分析。

医院已委托有资质的山东卫健辐射检测评价有限公司对医院内职业工作人员进行了个人剂量检测，该医院出具了四个季度的个人剂量检测报告。

加速器及 DSA 职业工作人员个人剂量监测结果见表 5-1 所示。

表 5-1 加速器及 DSA 职业工作人员个人剂量检测结果分析表 单位：mSv

序号	姓名	2021.08.17 - 2021.11.14	2021.11.1 5- 2022.02.1 2	2022.02.13 - 2022.05.13	2022.5.14 -2022.8.11	最近四个季 度年有效剂 量	备注
1	王新实	0.03	0.05	0.07	0.06	0.21	加速器
2	韩笑	0.04	0.04	0.03	0.03	0.14	
3	孙达昭	/	/	0.07	0.07	0.28（折 算）	
4	王杨俊 杰	0.03	0.05	0.06	0.07	0.21	
5	马明瑞	0.05	0.04	0.03	0.05	0.17	
6	朱峰	0.02	0.04	0.04	0.04	0.14	
7	路玉春	0.11	0.12	0.09	0.07	0.39	DSA 装置
8	杜欣	0.06	0.03	0.06	0.09	0.24	
9	宋静茹	0.07	0.09	0.09	0.08	0.33	
10	田海燕	0.06	0.06	0.05	0.06	0.23	
11	刘琳	0.04	0.05	0.08	0.07	0.24	
12	刘雨泽	0.05	0.04	0.07	0.07	0.23	
13	王浩波	0.06	0.06	0.08	0.09	0.29	
14	赵立静	0.06	0.07	0.08	0.10	0.31	
15	耿晓丽	0.07	0.07	0.07	0.06	0.27	
16	李财源	/	0.06	0.05	0.05	0.22（折 算）	
17	李光禹	0.04	0.06	0.06	0.08	0.24	

备注：根据 GBZ128-2019，监测报告结果<MDL 时，为便于职业照射统计，剂量档案中记录为 MDL 值的一半。

由上表可知，加速器职业工作人员最大年有效累积剂量为 0.28mSv，DSA 装置职业工作人员最大年有效累积剂量为 0.39mSv，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a，也低于环评报告表中提出的年管理剂量约束值 5mSv/a。

## 5.2 公众受照剂量分析

### 1、年有效剂量估算公式

$$H = 0.7 \times D_r \times T \tag{5-1}$$

式中：H——一年有效剂量，Sv/a；  
T——年受照时间，h；  
D<sub>r</sub>——X 剂量率，Gy/h。

### 2、居留因子

居留因子参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)附录 A 选取，见下表。

表5-2 不同场所的居留因子

场所	居留因子		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：与屏蔽室相邻的患者检查室 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

### 3、照射时间确定

#### (1) 加速器装置

经与医院核实，本项目加速器每年约开展 5000 例手术治疗，调强治疗模式约占 70%，常规治疗模式及调强治疗模式下每人治疗时间均不超过 3min，则年照射时间不超过 250h。

#### (2) DSA 装置

经与医院核实，本项目心内导管一室及心内导管二室 DSA 装置每年开展手术量各约 1500 例，平均每例最大照射时间 20min（其中透视时间 18min，摄影时间 2min），则职业人员年最大照射时间各为 500h/a（透视时间 450h/a、摄影时间 50h/a）。

本项目杂交手术室 DSA 装置每年开展手术量约 600 例，平均每例最大照射时间 20min（其中透视时间 18min，摄影时间 2min），则职业人员年最大照射时间为 200h/a（透视时间

180h/a、摄影时间 20h/a)。

#### 4、加速器机房周围公众受照剂量

##### ①主射束方向公众成员受照剂量

主射束方向加速器机房公众成员活动区域主要位于加速器机房北侧走廊和机房室顶主屏蔽墙外核医学科走廊；本次采用机房室顶主屏蔽墙外监测结果值 138.9nGy/h，居留因子取 1/5，使用因子取 1。则加速器机房周围主射束方向公众成员受照剂量为：

$$H=0.7 \times 138.9 \times 250h \times 1 \times 1/5 \times 10^{-6} \approx 0.005mSv;$$

##### ②非主射束方向公众成员受照剂量

经与医院核实，医院医用电子加速器治疗时采用常规放射治疗和调强放射治疗。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 A，调强因子取5。加速器机房周围非主射束方向公众活动区域主要位于加速器机房北侧及东侧走廊及防护门外，受照剂量保守全部按调强放射治疗考虑；其中防护门外为走廊，停留因子取1/5，防护门处最大监测值为129.8 nGy/h，使用因子取1，则加速器机房周围非主射束方向公众成员受照剂量为：

$$H=0.7 \times 129.8 \times 250h \times 5 \times 1/5 \times 1 \times 10^{-6} \approx 0.022mSv。$$

根据计算得知，加速器机房周围公众成员接受的最大年有效剂量为 0.022mSv。

#### 5、DSA 机房周围公众受照剂量

心内导管一室及心内导管二室 DSA 装置周围公众活动区域主要位于患者出入大防护门、北侧走廊、南侧夹道、DSA 机房楼上、楼下区域。根据监测数据，DSA 运行状态下，机房周围公众成员活动区域最大值为 200.7nGy/h，停留因子保守取 1，照射时间为 500h/a，则 DSA 机房周围公众成员受照剂量为：

$$H=0.7 \times 200.7 \times 500h \times 1 \times 10^{-6} \approx 0.070mSv。$$

根据计算得知，心内导管一室及心内导管二室 DSA 装置工作条件下，机房周围公众成员接受的年受照剂量为 0.070mSv。

杂交手术室 DSA 装置周围公众活动区域主要位于患者出入大防护门、南侧走廊及打印室、DSA 机房楼上、楼下区域。根据监测数据，DSA 运行状态下，机房周围公众成员活动区域最大值为 157.6nGy/h，停留因子保守取 1，照射时间为 200h/a，则 DSA 机房周围公众成员受照剂量为：

$$H=0.7 \times 157.6 \times 200h \times 1 \times 10^{-6} \approx 0.022mSv。$$

综上所述，本项目各工作场所周围公众成员接受的最大年有效剂量为 0.070mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的年管理约束限值 0.1mSv。



## 六、辐射安全管理

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》及生态环境主管部门的要求，核技术利用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此对淄博市中心医院的辐射环境管理和安全防护措施进行了核查。

### 6.1 辐射安全与环境保护管理机构

医院签订了《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为本单位辐射安全工作责任人，成立了医院放射安全管理委员会，指定专人负责并执行医院的辐射防护安全管理工作。

### 6.2 辐射安全管理制度及落实情况

#### 1、工作制度

医院制定了《辐射安全防护岗位责任制》、《辐射安全与防护制度》、《放射工作人员培训制度》、《医学装备维修保养管理制度》、《自行检查和年度评估制度》、《辐射监测方案》、《放射安全事件应急预案》等制度。

#### 2、操作规程

医院制定了《医用电子加速器操作规程》、《DSA 操作规程》等操作规程，工作人员严格按照操作规程进行操作。

#### 3、应急预案

医院制定了《放射安全事件应急预案》，并定期进行应急演练。

#### 4、监测方案

医院制定了《辐射监测方案》，配备了相关仪器进行辐射巡检。

#### 5、人员培训

医院制定了《放射工作人员培训制度》，职业工作人员均已参加了原辐射安全与防护培训并取得合格证。

#### 6、个人剂量

本项目辐射工作人员均已配备了个人剂量计，企业委托山东卫健辐射检测评价有限公司进行个人剂量检测，建立了个人剂量档案，做到了 1 人 1 档。

#### 7、年度评估报告

医院每年度均编制放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，在规定时间内提交到生态环境部门。

#### 8、防护用品

医院针对加速器机房和介入手术室均配置了监测设备和防护用品，具体见表 6-1。

表 6-1 监测设备和辐射防护用品统计表

序号	监测设备和防护用品	型号	数量
1	X-γ 辐射检测仪	FJ1200	1
2	个人剂量报警仪	FJ3500	4
3	固定式辐射剂量监测仪	SB-1 型	1
			
X-γ 射线剂量率仪		个人剂量报警仪	
		/	
固定式辐射剂量监测仪			

图 6-1 辐射防护用品照片

## 七、验收监测结论与要求

### 7.1 结论

按照国家有关环境保护的法律法规，淄博市中心医院《医用电子加速器及 DSA 装置应用项目》进行了环境影响评价和履行了环境影响审批手续。

#### 1、项目基本概况

本项目位于淄博市张店区共青团西路 54 号，医院门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房、南病房楼 12 层心内导管一室、心内导管二室及北病房楼 3 层杂交手术室。2022 年 10 月，淄博市中心医院委托山东清朗环保咨询有限公司编制了《医用电子加速器及 DSA 装置应用项目》，项目涉及 1 台医用电子加速器、3 台 DSA 装置。2022 年 10 月 28 日，淄博市生态环境局张店分局以“张环审【2022】15 号”文件（详见附件 2）对该项目环境影响报告表进行了审批。医院现有《辐射安全许可证》证书编号：鲁环辐证[03072]，许可种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2026 年 06 月 08 日。

经与医院确认及现场勘查，本次对门诊楼地下 1 层放疗科加速器机房医用电子加速器（Trilogy），南病房楼 12 层心内导管一室 DSA 装置（Allura xper FD20），南病房楼 12 层心内导管二室 DSA 装置（UNIQ FD10），北病房楼 3 层杂交手术室 DSA 装置（Artis zeego Aquilio），进行验收。

#### 2、环境保护设施及措施落实情况

本项目医用电子加速器、DSA 机房均采取了有效的实体屏蔽措施，落实了射线装置门机联锁装置、门灯联锁装置、工作状态指示灯、急停按钮、视频监控等辐射安全与防护措施，均设置有通风系统，能够保持良好的通风。

#### 3、现场监测结果

##### （1）加速器机房

医用电子加速器非工作状态下加速器治疗室内及周围  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 53.4~122.2 nGy/h，处于淄博市环境天然放射性本底水平范围内[室内  $(4.40\sim19.37)\times10^{-8}$  Gy/h]。

在医用电子加速器开机条件下，加速器治疗室周围剂量当量率为 86.8~143.4 nGy/h，满足环境影响报告表及批复中 2.5  $\mu$ Sv/h 的限值要求。

##### （2）DSA机房

DSA 装置非工作状态下 DSA 介入室内及周围  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 45.6~88.5 nGy/h，处于淄博市环境天然放射性本底水平范围内[室内  $(4.40\sim19.37) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

DSA 装置工作条件下，DSA 介入室周围剂量当量率为 56.8~360.2 nGy/h，满足环境影响报告表及批复中 2.5  $\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

#### 4、职业与公众人员受照结果

##### (1) 职业人员受照剂量

医院已委托有资质的山东卫健辐射检测评价有限公司对医院内职业工作人员进行了个人剂量检测，该医院出具了四个季度的个人剂量检测报告；加速器职业工作人员最大年有效累积剂量为 0.28mSv；DSA 装置职业工作人员最大年有效累积剂量为 0.39mSv。均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a，也低于环评报告表中提出的年管理剂量约束值 5mSv/a。

##### (2) 公众成员受照剂量

根据监测结果估算，本项目各场所周围公众成员接受的最大年有效剂量为 0.070mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的年管理约束限值 0.1mSv。

#### 5、现场检查结果

(1) 医院签订了辐射工作安全责任书，明确了法人代表为本单位辐射安全工作责任人，成立了医院放射安全管理委员会，指定专人负责并执行医院的辐射防护安全管理工作。

(2) 医院制定了《辐射安全防护岗位责任制》、《辐射安全与防护制度》、《放射工作人员培训制度》、《医学装备维修保养管理制度》、《自行检查和年度评估制度》、《辐射监测方案》、《放射安全事件应急预案》、《医用电子加速器操作规程》、《DSA 操作规程》等制度；医院制定了《放射安全事件应急预案》，定期进行应急演练，医院已于 2022 年 2 月开展了应急演练，并将应急演练情况记录入档。经与医院确认，未发生过辐射安全事故。利用现有仪器定期对医院射线装置机房进行辐射巡检，每年委托有资质单位对场所及周围环境进行监测，并定期向生态环境部门上报监测数据。

(3) 医院职业工作人员均已参加了原辐射安全与防护培训成绩合格。

(4) 已委托有相关资质的单位为辐射工作人员佩戴个人剂量计，并每 3 个月进行检测并出具个人剂量检测报告，建立个人剂量档案，做到 1 人 1 档。

(5) 医院每年 1 月 31 日前按时向相关生态环境部门提交年度评估报告。

(6) 医院已配备个人剂量报警仪 (FJ3500) 4 部、1 台 FJ1200 型便携式辐射检测仪，供

全院使用。配备了防护用品及辅助防护设施。

综上所述，淄博市中心医院医用电子加速器及 DSA 装置应用项目落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，该项目对职业工作人员和公众人员是安全的，对周围环境产生的影响较小，符合建设项目竣工环境保护验收条件。

## 7.2 建议

1、适时修订辐射管理规章制度；

2、加强对辐射工作人员的培训教育，辐射工作人员在日常工作中做好个人防护措施，严格按照操作规程进行操作，避免不必要的照射。