

青島市黃島區區立醫院医用電子加速器及 CT 項目竣工環境保護驗收監測報告表

建設單位及編制單位：青島市黃島區區立醫院

2023 年 3 月

建设单位/编制单位法人代表：

（签字）

项 目 负 责 人：

填 表 人：

建设单位及编制单位：青岛市黄岛区立医院（盖章）

电话：16678792678

传真：/

邮编：266400

地址：青岛市黄岛区双珠路 269 号

目录

表 1 建设项目基本情况.....	1
表 2 项目工程概况	10
表 3 环评要求及落实情况.....	17
表 4 验收监测	19
表 5 职业与公众受照剂量.....	24
表 6 辐射安全管理	26
表 7 验收检测结论与要求.....	28

附件

- 附件 1 本项目环评批复
- 附件 2 辐射安全许可证
- 附件 3 辐射相关规章制度
- 附件 4 辐射事故应急预案及应急演练
- 附件 5 职业工作人员培训证书
- 附件 6 职业工作人员个人剂量档案及检测报告
- “三同时”验收登记表

表 1 建设项目基本情况

工程名称	青岛市黄岛区立医院医用电子加速器及 CT 项目				
建设单位	青岛市黄岛区立医院				
法人代表	刘鹏		联系人	逢琳	
通讯地址	青岛市黄岛区双珠路 269 号				
联系电话	16678792678	传真	/	邮政编码	266400
建设地点	医院放疗中心一层南侧				
工程性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>				
环境影响报告表名称	医用电子加速器及 CT 项目				
环境影响评价单位	山东省科学院				
环境影响评价审批部门	青岛市环境保护局	文号	青环辐审（2017）3 号	时间	2017 年 1 月 9 日
竣工验收监测单位	潍坊正沅环境检测有限公司				
工程总投资（万元）	1300	项目环保投资（万元）	200	环保投资占总投资比例	15.3%
验收规模	医用电子加速器 1 台，属于 II 类射线装置				

1.1 医院简介

青岛市黄岛区立医院(青岛市黄岛区第二人民医院)地处第九个国家级新区——青岛西海岸新区核心区，毗邻西海岸新区政府，成立于 1999 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复于一体的二级甲等综合性医院。医院现有职工 600 余人，拥有硕士生导师、青岛市著名好医生、专业技术拔尖人才、专业学科带头人等一批高级专业技术人员 60 余人。医院年门诊量 20 余万人次，住院患者 2 万余人次。

医院专业设置齐全，拥有各类螺旋 CT、超声多普勒诊断仪、各类进口手术显微镜、超声高频外科集成系统等先进大型医疗设备。先后被青岛市人社局设立为青岛市眼部疾病治疗研究专家工作站、青岛市骨科专家工作站和青岛市介入超声专家工作站。医院先后被授予全国医药行业质量可靠、患者至上、诚信经营十佳医院、省级文明单位、省级卫生先进单位等荣誉称号。医院地理位置见附图 1，医院周边关系影像图见附图 2。

1.2 验收任务由来

本次验收为 1 台 Elekta Compact 型医用电子加速器，属于 II 类射线装置。

2016 年 9 月医院委托山东省科学院对医院“医院医用电子加速器及 CT 项目”开展环境影响评价，编制了环境影响报告表。该项目建设内容为 1 台 6MV 医用电子直线加速器，同时拟购置 GE 公司生产的 Lightspeed 64 排螺旋 CT 1 台。分别安装于放疗中心一层加速器机房和 CT 机房。该项目环境影响报告表于 2017 年 1 月 9 日取得了青岛市环境保护局的批复，批复文号为青环辐审〔2017〕3 号。

经与医院核实，本项目医用电子加速器运行初期使用放射科 CT 开展定位，Lightspeed 64 排螺旋 CT 未购置，CT 机房闲置至 2019 年初。医院于 2019 年 3 月在该放疗中心 CT 机房内安装 1 台 CT Optima CT520 型 CT，用于定位，医院于建设项目环境影响登记表备案系统对该台 CT 进行了备案，备案号：201937021100000099。因此本项目验收规模为 1 台 6MV Elekta Compact 型医用电子直线加速器。

青岛市黄岛区立医院现持有青岛市生态环境局于 2022 年 10 月 12 日颁发的《辐射安全许可证》（鲁环辐证[02621]，有效期至 2027 年 09 月 06 日），许可种类和范围为：使用 II 类、III 类射线装置。医院现有射线装置明细见表 1-1。

表 1-1 辐射安全许可证登记射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	台数	类别	工作场所	环评手续	备注
1	医用加速器	Elekta Compact Lite	1	II	放疗中心加速器室	已于 2017 年 1 月 9 日取得青岛市环境保护局批复，批复文号：青环辐审〔2017〕3 号	/
2	牙片 X 光机	Blue X Tntro OS70	1	III	口腔科	备案号：202237021100000265	/
3	曲面体层机	Orthophos XG5	1		医技楼透视室	备案号：202237021100000266	/
4	CT	Lightspeed 16			医技楼 CT 室	备案号：202237021100000267	/
5	DR	Definium 6000III 型	1		医技楼摄片室	备案号：202237021100000268	/
6	胃肠 X 光机	FLEXAVISION 型	1		医技楼透视室	备案号：202237021100000269	/
7	数字乳腺 X 射线摄像系统	Seleric Dimensions	1		医技楼乳腺摄影机房	备案号：201937021100003922	/
8	数字化厢式	AKHX-55H-RAD	1		查体车	备案号：202037021100002218	/

	X 射线机					
9	移动式摄影 X 射线机	KD-C5000	1		手术室	备案号: 202237021100000264 /
10	X 射线计算机体层摄影设备	Optima CT520	1		放疗中心 CT 室	备案号: 201937021100000099 /
11	移动式摄影 X 射线机	DRX Revolution	1		医技楼摄片室	备案号: 202037021100002218 /
12	CT	ANATOT 64	1		放射科 CT 室	备案号: 202137021100000624 /

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，青岛市黄岛区立医院医用电子加速器及 CT 项目须进行竣工环境保护验收监测工作，2023 年 2 月，我院组织开展自主验收工作，成立验收工作小组，并委托潍坊正沅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《青岛市黄岛区立医院医用电子加速器及 CT 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 年

10月1日施行；

3、《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第253号，1998.11实施；国务院令第682号，2017年7月16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，2019年3月2日修订；

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》，国家环境保护总局令第31号公布，2006年3月施行；生态环境部令第20号修订，2021.1.4施行；

7、《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；

8、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年4月18日公布，2011年5月1日施行；

9、《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；

10、《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；

11、《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；

12、《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 γ 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》(GBZ 128-2019)；

4、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；

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)；《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 201.1-2011)

6、《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；

7、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）。

三、技术文件依据

1、《青岛市黄岛区立医院医用电子加速器及 CT 项目环境影响报告表》，山东省科学院，2016 年 9 月；

2、《青岛市黄岛区立医院医用电子加速器及 CT 项目环境影响报告表》审批意见，青岛市环境保护局，青环辐审〔2017〕3 号，2017 年 1 月 9 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）

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、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

第 4.8 款 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。

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

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

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

第 5.1.1 款 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。

第 5.1.2 款 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。

第 6.1.3 款 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。

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 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 μSv 加以控制。

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

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。

第 6.2.3 款 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。

第 8.4.1 款 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。

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 ：

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:

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。

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。该项辐射和穿出国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)。

根据环境影响报告表及其批复内容, 采用 $2.5\mu\text{Sv}/h$ 作为医用加速器屏蔽体外 30cm 处剂量率目标控制值; 取年有效剂量限值的 1/10 作为医用电子加速器相关人员年管理剂量约束值, 即以 2.0mSv 作为职业工作人员的年管理剂量约束值, 以 0.1mSv 作为公众成员的年管理剂量

约束值。

四、环境天然放射性水平

根据山东省环境天然放射性水平的调查，青岛市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 1-2。

表 1-2 青岛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	4.24~13.00	6.62	1.45
道 路	1.15~12.40	6.90	2.38
室 内	3.12~16.16	11.09	2.33

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。

表 2 项目工程概况

2.1 项目基本情况

2.1.1 项目位置

青
岛
市
黄
岛
区
双
珠
路
269 号，医用电子加速器位于放疗中心一层南侧。

医院总平面布置图见附图 3。

2.1.2 验收规模

根据《青
岛
市
黄
岛
区
区
立
医
院
医
用
电
子
加
速
器
及
CT 项目环境影响报告表》及医院实际情况，本次验收规模见表 2-1 所示。

表 2-1 医用电子加速器验收一览表

设备名称	型号	生产厂家	数量	类别	最大参数	工作场所
医用电子加速器	Elekta Compact	医科达	1 台	II 类	X 射线能量：6MV	放疗中心一层南侧

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

本次验收规模为 1 台医用电子加速器，属于 II 类射线装置，位于放疗中心一层南侧加速器治疗室，放疗中心平面布置见附图 4、剖面见附图 5，现场勘查情况见图 2-1，加速器机房周围关系见表 2-2。

表 2-2 加速器机房周围毗邻关系表

机房名称	方向	毗邻情况
加速器机房	东侧	控制室、水冷机房
	南侧	楼外道路
	西侧	楼外空间
	北侧	CT 室、门厅、新建病房楼
	上方	无建筑
	下方	泥土层



医用电子加速器



紧急停机按钮

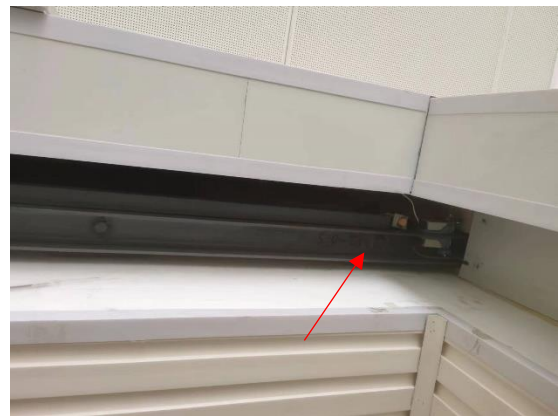
加速器机房迷道



工作状态指示灯

电离辐射警告标志

加速器机房防护门



大防护门门-机联锁装置

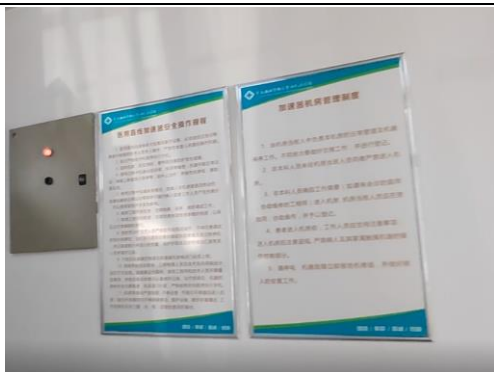


排风口

加速器机房排风口



操作室操作位



制度上墙



固定剂量报警仪

	
<p>加速器机房南侧楼外道路</p>	<p>加速器机房进风口</p>
	
<p>加速器机房东侧水冷机房</p>	<p>加速器机房西侧楼外空间</p>
	
<p>加速器机房北侧 CT 室及门厅</p>	<p>加速器机房北侧新建病房楼</p>

图 2-1 本次验收加速器机房内部及周围现场拍摄照片

2.2.2 辐射防护措施

本项目加速器机房采取实体屏蔽，根据现场勘查，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 2-3。

表 2-3 加速器机房环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容		落实情况
加速器主要参数及型号	生产厂家	医科达	加速器主要参数及型号建设情况与环评一致
	型号	Elekta Compact	
	最大方形照射野	40cm×40cm	
	X 射线能量	6MV	
	最大输出剂量率	400cGy/min	
位置	放疗中心一层南侧		放疗中心一层南侧
加速器治疗室尺寸	治疗室内部尺寸为 9.9m×9.25m×3.8m，各墙体均为混凝土结构		加速器机房尺寸建设情况与环评一致
加速器机房四周墙体、室顶	东墙主屏蔽	厚度 2400mm, 宽度 4000mm	加速器机房四周墙体、室顶建设情况与环评一致
	东墙次屏蔽	厚度 1200mm	
	西墙主屏蔽	厚度 2400mm, 宽度 4000mm	
	西墙次屏蔽	厚度 1200mm	
	迷道内墙	厚度 1000mm	
	迷道外墙	厚度 1000mm	
	南墙	厚度 1200mm	
	室顶主屏蔽	2400mm 混凝土, 宽度 4000mm	
	室顶次屏蔽	1200mm 混凝土	
通风设置	治疗室内设置机械通风系统，2 个进风口位于加速器治疗室西侧室顶主屏蔽墙南侧；2 个排风口位于加速器治疗室东侧主屏蔽墙两侧近地面处，满足“高进低出、对角设置”的要求。治疗室设计通风量约为 20000m³/h。		1 个进风口安装在加速器治疗室西侧室顶主屏蔽墙北侧，1 个排风口安装在加速器治疗室东侧中部。换气次数不少于 4 次/h
其他辐射安全设施	(1) 控制室和加速器治疗室内安装监控和双向对讲装置； (2) 分别于控制室、迷路内、机房内设置紧急停机按钮； (3) 防护门设计有门机联锁，工作状态指示灯、电离辐射警告标志		现场勘查，与环评一致

表 2-3（续） 加速器机房环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容	落实情况
人员培训	医用电子加速器配备 2 名工作人员	实际共 5 名辐射工作人员（刘梅先、李增宝、张淑华、刘桂芝、王建），均已参加辐射安全与防护培训，取得培训合格证书，均在有效期内
运行时间	加速器按每天治疗 20 人次考虑，每周工作 5 天。每年工作 50 周，则加速器年出束时间为 94h	根据医院实际运行经验，医用电子加速器每天接诊人数最多 20 人，常规照射每人 1min，调强治疗模式每人 1min，调强治疗模式约占 80%，年平均工作 260 天，年照射 87h/a
仪器配备	配备个人剂量计 2 支，个人剂量报警仪 1 部及 X-γ 辐射巡检仪 1 台	医用电子加速器工作人员均配有个人剂量计，并配备 1 台 FJ2000 型个人剂量报警仪、1 台 JB4040 型辐射巡检仪
管理制度	医院已制定《放疗安全防护制度》、《放疗科安全管理制度》、《放疗科仪器管理制度》、《放疗科资料管理制度》、《放疗室工作制度》、《放射治疗质量管理制度》、《辐射事故应急预案》。及时补充《岗位职责》、《操作规程》、《设备检修维护制度》、《使用登记制度》、《人员培训计划》、《检测方案》、《自行检查和年度评估制度》	医院已制定《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射安全设备维护与维修制度》、《医用直线加速器操作规程》、《辐射事故应急预案》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作人员职业管理制度》、《自行检查和年度评估制度》等规章制度，建立了辐射安全管理档案

2.2.3 医用电子加速器工作原理和 workflow

1、设备组成

医用电子加速器一般主要由加速管、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、控制保护系统及其它的辅助系统组成。

医用电子加速器内部结构图见图 2-2。

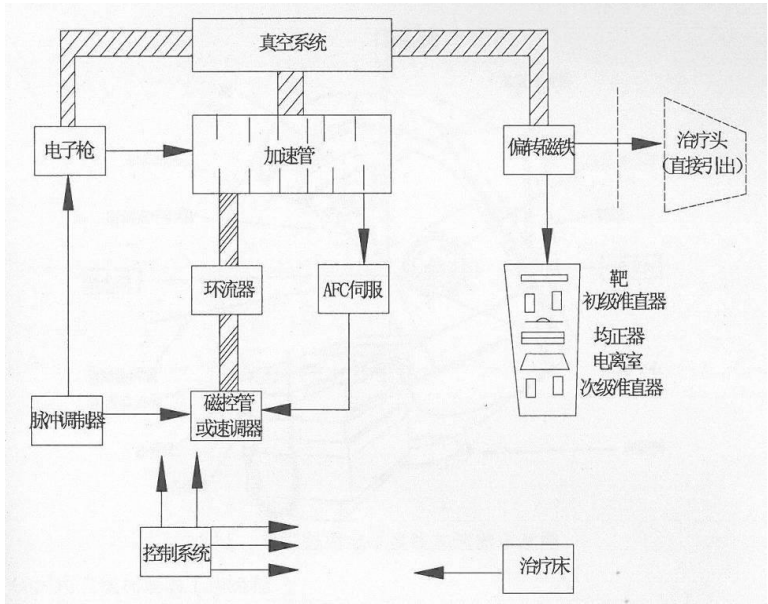


图 2-2 医用直线加速器内部结构图

2、工作原理

医用直线加速器是将电子枪产生的电子经加速管加速后形成高能电子束的装置。利用高能电子束与靶物质相互作用时的韧致辐射产生 X 射线束。作为一种体外照射的治疗设备，医用电子加速器利用其特定装置产生的高能电子束或 X 射线，应用计算机立体定位系统进行图像三剂量分步重建，对人体有恶性肿瘤的部位进行照射，使肿瘤组织受到不可逆损毁。可根据所诊断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治疗，同时肿瘤周围正常结构得到最大限度保护，达到治疗肿瘤疾病目的。

3、工作流程

医用电子加速器放射治疗流程如下：

- (1) 登记候诊：对肿瘤放疗患者进行登记、候诊。
- (2) 模拟定位：使用医院 CT 机，对患者的肿瘤进行定位检查。
- (3) 制定治疗计划：根据患者瘤体的类型、部位和大小等初步确定照射剂量和照射时间，并进一步制定相应的治疗计划。
- (4) 治疗计划验证：对放疗患者进行放疗计划验证。
- (5) 摆位准备：摆位前认真查对病人信息、照射条件及摆位要求，调整治疗床高度，严格按照摆位要求实施摆位；摆位结束，摆位人员等非患者均离开机房，关闭防护门。
- (6) 实施照射：根据放疗计划，运用医用电子加速器技术实施精确照射。
- (7) 照射结束：病人离开治疗室，摆位人员 2min 后进行下一个患者摆位准备。

医用电子加速器诊疗流程详见图 2-3。

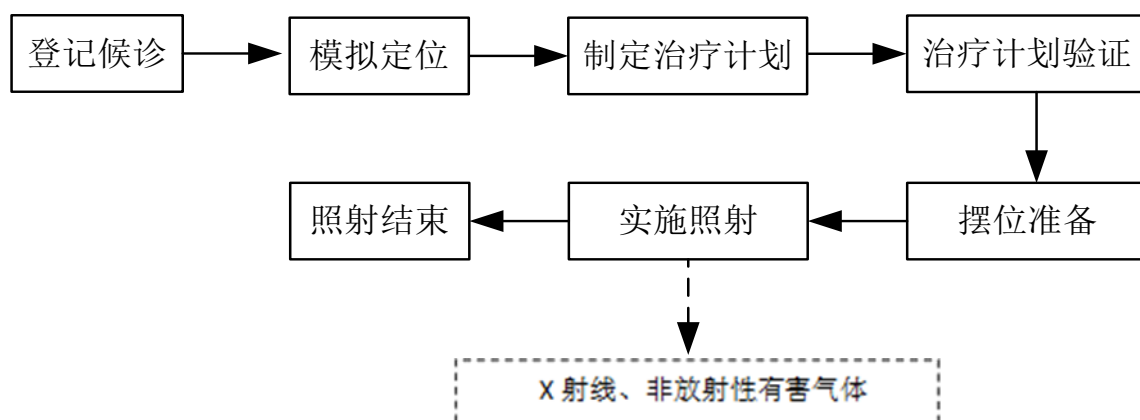


图 2-3 医用电子加速器诊疗流程图

2.2.4 污染因子及污染分析

1、X 射线及电子线

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。因此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。

2、中子辐射、俘获 γ 射线、感生放射性

根据《放射治疗辐安全与防护要求》(HJ1198-2021) 6.1.2 款和《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 7.1 款，对于大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽和感生放射线的放射防护。本项目医用电子加速器 X 射线能量最高为 6MV，无电子线治疗模式，不再考虑其中子辐射及中子俘获 γ 射线、感生放射性。

3、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。

4、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。

5、放射性固体废物

本项目加速器采用去离子水对加速管等部件进行水冷却，在处理去离子水过程中产生废离子交换树脂，根据《国家危险废物名录》(国家环保部、发改委第 1 号令) 分类，废离子交换树脂属 HW13 有机树脂类危险废物，委托有资质单位进行处置，加速器更换的废靶件由供货商负责回收。

表 3 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	落实情况
1、必须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的自觉性，杜绝放射性事故的发生。	1. 医院已制定《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射安全设备维护与维修制度》、《医用直线加速器操作规程》、《辐射事故应急预案》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作人员职业管理制度》建立健全辐射安全管理体系
2、严格执行辐射监测计划，发现问题及时处理。	2. 已制定《辐射监测方案》，已配备 1 台 JB4040 型辐射巡检仪，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
3、定期检查机房工作警示灯，确保工作警示灯正常工作，避免无关人员误入机房。	3. 已制定《辐射安全设备维护与维修制度》定期检查机房工作警示灯，确保工作警示灯正常工作
4、医院应结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善。	4. 医院按要求结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善
5、如果出现射线装置型号、使用场所变更，治疗室屏蔽状况、居留因子发生变化，有可能影响到辐射安全时，须重新进行辐射环境影响评价。	5. 不涉及

3.2 环境影响报告表批复与验收情况的对比

表 3-2 环境影响报告表批复与验收情况的对比

环境影响报告表批复意见（综述）	验收时落实情况
一、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，开展辐射安全工作 (一)严格执行辐射安全管理制度 1. 医院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。指定 1 名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作，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；成立了辐射安全管理领导小组，并指定 1 名本科学历解德云专人负责医院射线装置的安全和防护工作；各辐射工作场所已安排技术人员负责各自的辐射安全管理工作
2. 制定并落实医用电子加速器及 CT 装置操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、培训计划和监测方案等，建立辐射安全管理档案。	2. 医院制定了《医用直线加速器操作规程》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射工作人员职业管理制度》《辐射监测方案》建立了辐射安全管理档案。
(二)加强辐射工作人员及患者的安全和防护工作	
1. 辐射工作人员应参加辐射安全培训和再培训，经考核合格后持证上岗。	1. 已制定《辐射工作人员培训计划》本项目配备 5 名辐射工作人员（刘梅先、李增宝、张淑华、刘桂芝、王建），均已参加了辐射安全与防护考核并考核合格，在有效期内
2. 安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。发现个人剂量监测结果异常时，应当立即向环保部门报告。	2. 医院已安排专人负责个人剂量监测管理，辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，建立辐射工作人员个人剂量档案。医用电子加速器职业工作人员未出现超剂量情况

3. 确保辐射工作人员和公众的年受照射剂量符合《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. 辐射工作人员均配备有个人剂量计, 委托山东华标检测评价有限公司每 3 个月进行一次个人剂量监测, 安排专人负责个人剂量监测管理工作, 建立有个人剂量档案, 做到了 1 人 1 档; 个人剂量报告的数据符合《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
4. 从事放射治疗或诊断时, 应对患者采取有效辐射安全与防护措施, 严格控制受照剂量	3. 治疗操作时, 医护人员应穿、戴必要的辐射防护用品, 并按照规程进行操作。同时应对患者采取有效辐射安全与防护措施, 严格控制受照剂量
(三) 做好辐射工作场所的安全和防护工作	
1. 辐射工作场所醒目位置上应设置电离辐射警告标志, 标志应符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。	1. 已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
2. 医用电子加速器及 CT 机房应采取有效屏蔽措施, 确保距机房外表面 0.3m 处剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。	2. 已落实各辐射工作场所实体屏蔽措施, 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
3. 落实加速器门机联锁、工作状态指示灯、急停按钮、监视对讲系统等辐射安全与防护设施。做好安全与防护设施的维护、维修, 并建立维修、维护档案。机房保持良好通风, 通风换气次数不小于 4 次/小时。	4. 医院已落实落实加速器门机联锁、工作状态指示灯、急停按钮、监视对讲系统等辐射安全与防护设施; 已制定《辐射安全设备维护与维修制度》做好安全与防护设施的维护、维修, 并建立维修、维护档案; 1 个进风口安装在加速器治疗室西侧室顶主屏蔽墙北侧, 1 个出风口位于北墙中部下方, 通风换气次数不小于 4 次/小时。
4. 至少配备 2 台辐射巡测仪, 定期组织对工作场所以及周围环境辐射水平进行监测。	4. 医院制定了《辐射监测方案》, 已配备 1 台 JB4040 型辐射巡检仪, 一台 BJY-1 型固定剂量报警仪, 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,
(四) 制定辐射事故应急预案, 每年开展辐射事故应急演练。	(四) 制定了《辐射事故应急预案》, 定期进行应急演练, 医院已于 2022 年 11 月开展了应急演练, 并将应急演练情况记录入档。

表 4 验收监测

为掌握医院医用电子加速器正常运行工况下工作场所周围辐射环境水平，本次根据医用电子加速器的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 检测对象

医用电子加速器机房及周围辐射环境水平。

4.2 监测项目

环境 γ 辐射空气吸收剂量率、X- γ 辐射剂量率。

4.3 监测时间与条件

监测时间：2023 年 3 月 2 日；

监测天气：温度：4℃；相对湿度：55%；天气：晴。

4.4 检测技术规范

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境 γ 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。每个监测点 X- γ 辐射剂量率读取 10 个测量值为一组，取其平均值，经过仪器效率校准并扣除宇宙射线响应值后作为最终测量结果。

4.5 检测单位

本次验收由具备生态环境监测资质的潍坊正沅环境检测有限公司开展监测。

4.6 监测仪器

本项目监测仪器表 4-1，主要技术参数见表 4-2。

表 4-1 监测仪器一览表

设备名称	设备型号	内部编号	检定/校准证书编号	检定/校准有效期至
便携式 X- γ 剂量率仪	HD-2005	F12032	DLj12022-06912	2023 年 07 月 18 日

表 4-2 监测仪器技术一览表

设备名称	技术指标
便携式 x- γ 剂量率仪	测量范围：(1~100000) $\times 10^{-8}$ Gy/h； 能量响应：25keV~3MeV，极限偏差 $\pm 15\%$ ； 对宇宙射线的能量响应：极限偏差 $\pm 15\%$ ； 剂量率指示的固有误差： $\leq \pm 10\%$ ； 角响应：极限偏差 $\pm 15\%$ ，(137Cs, 0° ~150° 相对于最大响应数值)； 长期稳定性： $\leq \pm 5\%$ （连续工作 8 小时） 使用环境：湿度 $\leq 90\%$ （-10℃ ~+40℃）

4.7 监测点位

本次验收根据加速器实际情况布设监测点位，具体如下所示：

关机状态设 10 个检测点位，开机状态 6MV 工况下设 25 个检测点位。监测点位示意图见图 4-1 所示。

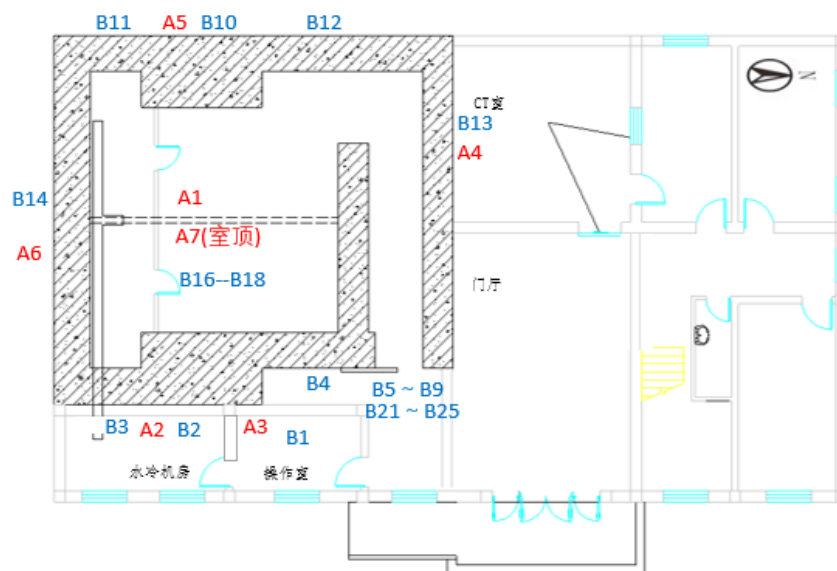


图 4-1 加速器机房周围监测点位示意图（一）



图 4-1 加速器机房周围监测点位示意图（二）

4.8 监测结果

1、医用电子加速器非工作状态下，加速器机房周围 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 4-3。

表 4-3 环境 γ 空气吸收剂量率

测点 编号	点位描述	X- γ 辐射剂量率	
		平均值($\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差
A1	加速器治疗室内	9.77	0.460
A2	加速器治疗室东侧主屏蔽墙外 30cm 处（水冷机房）	9.43	0.448
A3	加速器治疗室东侧主屏蔽墙外 30cm 处（操作室）	10.00	0.235
A4	加速器治疗室北侧迷道外墙外 30cm 处（CT 室）	9.20	0.529
A5	加速器治疗室西侧主屏蔽墙外 30cm 处（楼外空地）	9.28	0.513
A6	加速器治疗室南墙外 30cm 处（楼外道路）	9.33	0.486
A7	加速器治疗室室顶主屏蔽墙外 30cm 处	9.66	0.532
A8	加速器治疗室北侧 40m 新建病房楼南侧东部楼下	9.17	0.403
A9	加速器治疗室东北侧 40m 处泌尿结石中心西侧南部楼下	9.34	0.535
A10	加速器治疗室南侧 25m 处门诊楼北侧东部楼下	9.15	0.615
检测值范围		$(9.15\sim 10.00)\times 10^{-8}$ Gy/h	
注： 1、X- γ 辐射剂量率检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值（ 2.60×10^{-8} Gy/h，室内 2.08×10^{-8} Gy/h）。			

由表 4-3 可知，非工作状态下，加速器机房及周围的环境 γ 空气吸收剂量率范围为 $(9.15 \sim 10.00) \times 10^{-8}$ Gy/h，处于青岛市环境天然放射性本底水平范围内。

2、医用电子加速器工作状态下，加速器机房周围监测结果见表 4-4。

表 4-4 工作状态下加速器机房周围监测结果

测点 编号	点位描述	X- γ 辐射剂量率	
		检测值($\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差
B1	加速器治疗室东侧操作位	13.08	0.350
B2	加速器治疗室东侧主屏蔽墙外 30cm 处(水冷机房)	11.42	0.435
B3	加速器治疗室东侧次屏蔽墙南侧墙外 30cm 处	10.68	0.227
B4	加速器治疗室东侧次屏蔽墙北侧墙外 30cm 处	10.50	0.305
B5	加速器治疗室东北侧防护门上侧门缝外 30cm 处	10.80	0.343

B6	加速器治疗室东北侧防护门下侧 门缝外 30cm 处	10. 29	0. 340
B7	加速器治疗室东北侧防护门南侧 门缝外 30cm 处	10. 26	0. 327
B8	加速器治疗室东北侧防护门北侧 门缝外 30cm 处	9. 93	0. 269
B9	加速器治疗室东北侧防护门 中部外 30cm 处	9. 98	0. 392
B10	加速器治疗室西侧主屏蔽墙外 30cm 处	10. 40	0. 379
B11	加速器治疗室西侧次屏蔽南侧 墙外 30cm 处	11. 44	0. 434
B12	加速器治疗室西侧次屏蔽北侧 墙外 30cm 处	10. 20	0. 301
B13	加速器治疗室迷道外墙 30cm 处（CT 室）	10. 30	0. 466
B14	加速器治疗室南墙墙外 30cm 处 （楼外道路）	10. 23	0. 260
B15	加速器治疗室南侧 25m 处 门诊楼北侧东部楼下	10. 06	0. 232
B16	加速器治疗室室顶主屏蔽墙外 30cm 处	11. 78	0. 378
B17	加速器治疗室室顶次屏蔽北侧 墙外 30cm 处	10. 19	0. 371
B18	加速器治疗室室顶次屏蔽南侧 墙外 30cm 处	11. 67	0. 576
B19	加速器治疗室北侧 40m 处 新建病房楼南侧东部楼下	10. 28	0. 453
B20	加速器治疗室东北侧 40m 处泌尿结石 中心西侧南部楼下	10. 08	0. 263
B21	加速器治疗室东北侧防护门上侧 门缝外 30cm 处	9. 81	0. 504
B22	加速器治疗室东北侧防护门下侧 门缝外 30cm 处	10. 46	0. 341
B23	加速器治疗室东北侧防护门南侧 门缝外 30cm 处	9. 95	0. 241
B24	加速器治疗室东北侧防护门北侧 门缝外 30cm 处	9. 48	0. 398
B25	加速器治疗室东北侧防护门中部外 30cm 处	8. 86	0. 313
开机状态检测值范围		$(8.86 \sim 13.08) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$	
注:1、X- γ 辐射剂量率检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值（室外 $2.60 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，室内 $2.08 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ）。			
2、X 射线照射状态最高能量为6MV 等中心处的最高剂量率为400cGy/min；等中心处最大照射野为40cm×40cm。			
3、B1～B4 主射束方向为向东照射，B5～B13 主射束方向为向西照射、B14～B15 主射束方向为向下照射、B16～B20 主射束方向为向上照射、B21～B25 主射束方向为向东照射。			

由表 4-4 可知，医用电子加速器工作状态下，6MV 状态检测值范围加速器机房周围 X- γ 辐射剂量率范围为 $(8.86 \sim 13.08) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，满足环评及批复中加速器机房防护门及屏蔽墙外 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 的要求。

表 5 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，本次验收加速器涉及 5 名职业工作人员，医院已委托有资质的山东华标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，职业工作人员个人剂量监测结果见表 5-1。医用电子加速器职业工作人员未出现超剂量情况。

表 5-1 医用电子加速器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. 12. 29- 2022. 3. 28	2022. 3. 28- 2022. 6. 26	2022. 6. 26- 2022. 9. 26	2022. 9. 23- 2022. 12. 23	最近四个季度 年有效剂量
1	刘梅先	0.04	0.05	0.06	0.05	0.20
2	李增宝	0.05	0.06	0.07	0.06	0.24
3	张淑华	0.04	0.05	0.04	0.06	0.19
4	刘桂芝	0.05	0.06	0.05	0.08	0.24
5	王建	0.05	0.06	0.06	0.08	0.25

由表 5-1 可知，职业工作人员最大年有效累积剂量为 0.25mSv，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 2mSv/a。

5.2 公众受照剂量分析

1、年有效剂量估算公式

$$H = 0.7 \times D_r \times T \quad (5-1)$$

式中：H——年有效剂量，Sv/a；

T——年受照时间，h；

D_r ——X 剂量率，Gy/h。

2、照射时间确定

根据医院实际运行经验，医用电子加速器每天接诊人数最多 20 人，常规照射 1min，调强治疗模式每人每次照射 1min，调强治疗模式约占 80%，年平均工作 260 天，年照射 87h/a。

3、停留因子确定

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)选取，见表 5-2。

表 5-2 停留因子的选取

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、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: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室门外 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

4、公众受照剂量估算

公众成员年有效剂量主要考虑加速器机房周围公共场所的影响。公众活动区域主要为加速器机房防护门外、室顶等，剂量率最大为加速器治疗室东北侧防护门上侧门缝外 30cm 处，停留因子取 1，则估算加速器机房周围公众成员受照剂量为：

$$H=0.7 \times 10.8 \times 87h \times 10^{-5} \approx 0.0065\text{mSv/a}$$

由估算可知，加速器机房周围公众成员接受的最大年有效剂量为 0.0065mSv/a，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 的剂量值，也低于相应环评报告提出的管理约束值 0.1mSv/a。

表 6 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，射线装置使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。为此对青岛市黄岛区立医院的辐射环境管理和安全防护措施进行了检查。

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，明确法定代表人刘鹏为医院辐射安全工作责任人，成立了辐射安全管理领导小组，由辐射安全管理委员会负责射线装置的安全和防护工作。

6.2 辐射安全管理制度及其落实情况

1、工作制度

医院制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射安全设备维护与维修制度》等辐射防护管理制度。

2、操作规程

医院制定了《医用直线加速器操作规程》等，严格按照操作规程进行工作。

3、应急预案

医院制定了《辐射事故应急预案》，定期进行应急演练，医院已于 2022 年 11 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。

4、监测方案

医院制定了《辐射监测方案》，已配备 1 台 JB4040 型辐射巡检仪，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。

5、人员培训

医院制定了《辐射工作人员培训计划》，本次验收涉及医用电子加速器的 5 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训，取得培训合格证书，均在有效期内。

6、个人剂量

医院制定了《辐射工作人员职业管理制度》，辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，由山东华标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。

7、年度评估

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，医院已按要求编制并提交 2022 年度评估报告。

8、辐射防护用品

医院配置了监测设备和辐射防护用品，见表 6-1、图 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	辐射巡检仪	JB4040	1 台
2	个人剂量报警仪	FJ2000	1 台
3	固定剂量报警仪	BJY-1	1 台
4	铅衣服等防护用品	/	3 件

	
JB4040 辐射巡检仪	FJ2000 型个人剂量报警仪
	
BJY-1 型固定剂量报警仪	防护用品

图 6-1 医院辐射监测与防护用品

表 7 验收检测结论与要求

7.1 结论

按照国家有关环境保护的法律法规，青岛市黄岛区立医院医用电子加速器及 CT 项目进行了环境影响评价和履行了环境影响审批手续。项目需配套建设的环境保护设施已与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

1、项目基本概况

青岛市黄岛区立医院位于青岛市黄岛区双珠路 269 号，本项目医用电子加速器位于放疗中心一层南侧。现场验收项目为 1 台 Elekta Compact 型医用电子加速器，属于 II 类射线装置。

2016 年 9 月医院委托山东省科学院对医院“医院医用电子加速器及 CT 项目”开展环境影响评价，编制了环境影响报告表。该项目建设内容为 1 台 6MV 医用电子直线加速器，同时拟购置 GE 公司生产的 Lightspeed 64 排螺旋 CT 1 台。分别安装于放疗中心一层加速器机房和 CT 机房。该项目环境影响报告表于 2017 年 1 月 9 日取得了青岛市环境保护局的批复，批复文号为青环辐审〔2017〕3 号。

经与医院核实，本项目医用电子加速器运行初期使用放射科 CT 开展定位，Lightspeed 64 排螺旋 CT 未购置，CT 机房闲置至 2019 年初。医院于 2019 年 3 月在该放疗中心 CT 机房内安装 1 台 CT Optima CT520 型 CT，用于定位，医院于建设项目环境影响登记表备案系统对该台 CT 进行了备案，备案号：201937021100000099。因此本项目验收规模为 1 台 6MV Elekta Compact 型医用电子直线加速器。

目前，医院辐射安全许可证上登记有医用电子加速器 1 台、III 类射线装置 11 台。

青岛市黄岛区立医院现持有青岛市生态环境局于 2022 年 10 月 12 日颁发的《辐射安全许可证》（鲁环辐证[02621]，有效期至 2027 年 09 月 06 日），许可种类和范围为：使用 II 类、III 类射线装置。

2、环境保护设施及措施落实情况

加速器机房治疗室内部尺寸为 9.9m×9.25m×3.8m，面积约 71m²，体积约 271m³各墙体均为混凝土结构，各墙体均为混凝土结构。东墙主屏蔽厚度 2400mm、宽度 4000mm，次屏蔽厚度 1200mm；西墙主屏蔽厚度 2400mm、宽度 4000mm，次屏蔽厚度 1200mm；北墙（迷路外墙）厚度 1000mm；北墙（迷路内墙）厚度 1000mm；室顶主屏蔽厚度 2400mm 混凝土，

次屏蔽 1200mm 混凝土。迷路外口处设推拉防护门 1 个，为 10mmPb 铅钢复合门。设有门机联锁装置、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，设置有机机械通风系统，能够保持良好的通风。

3、现场监测结果

非工作状态下，加速器机房及周围的环境 γ 空气吸收剂量率范围为 $(9.15 \sim 10.00) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，处于青岛市环境天然放射性本底水平范围内。

医用电子加速器工作状态下，医用电子加速器工作状态下，6MV 状态检测值范围加速器机房周围 X- γ 辐射剂量率范围为 $(8.86 \sim 13.08) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，满足环评及批复中加速器机房防护门及屏蔽墙外 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5 \mu \text{Gy/h}$ 的要求。

4、职业与公众受照结果

医院为本项目配置 5 名职业工作人员，已委托有资质的山东华标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及估算得出，职业工作人员最大年有效累积剂量为 0.25mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a ，也低于环评报告中提出的年管理剂量约束值 2mSv/a 。

根据现场监测结果估算，加速器机房周围公众成员接受的最大年有效剂量为 0.0065mSv/a ，环境保护目标处公众成员接受的最大年有效剂量为 0.0063mSv/a ，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的管理约束值 0.1mSv/a 。

5、现场检查结果

(1) 医院制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射安全设备维护与维修制度》等辐射防护管理制度。

(2) 医院制定了《医用直线加速器操作规程》等，严格按照操作规程进行工作。

(3) 医院制定了《辐射事故应急预案》，定期进行应急演练，医院已于 2022 年 11 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。

(4) 医院制定了《辐射监测方案》，已配备 1 台 JB4040 型辐射巡检仪，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。

(5) 医院制定了《辐射工作人员培训计划》，本次验收涉及医用电子加速器的 5 名

辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训，取得培训合格证书，在有效期内。

(6) 辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，由济南中威检测技术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。

(7) 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，医院已按要求编制并提交 2022 年度评估报告。

综上所述，青岛市黄岛区立医院医院医用电子加速器及 CT 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、加强辐射工作人员防护和个人剂量管理。
- 2、加强对辐射工作人员的培训教育和再培训。

