

编号：DBR-YS-20230301

建设项目竣工环境保护 验收监测表

项目名称：放射治疗建设项目（二期）

建设单位：青岛慧康医院

编制单位：山东丹波尔环境科技有限公司

编制日期：2023 年 3 月

项目名称：放射治疗建设项目（二期）

编制及监测单位：山东丹波尔环境科技有限公司

报告编写：

审 核：

签 发：

建设单位：青岛慧康医院

电 话：17605328036

传 真：— —

邮 编：266000

地 址：青岛市黄岛区长江东路 227 号

编制单位：山东丹波尔环境科技有限公司

电 话：18654528037

传 真：0531-61364346

邮 编：250013

地 址：济南市历下区燕子山西路 58 号

目 录

一、概述	1
二、项目概况	5
三、环评批复要求落实情况	16
四、验收监测标准与参考依据	19
五、验收监测	21
六、职业和公众受照剂量	24
七、辐射安全管理	26
八、验收监测结论与建议	28
九、附件	
1. 青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）竣工环境保护验收监测委托书	
2. 辐射安全许可证正副本	
3. 环境影响报告表审批意见	
4. 关于成立放射防护管理组织机构的通知	
5. 辐射工作安全责任书	
6. 辐射安全管理制度	
7. 辐射事故应急预案及应急演练记录	
8. 工作人员考核合格证书	
9. 验收检测报告	

一、概 述

建 设 项 目	项目名称	青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）		
	项目性质	新建	建设地点	青岛市黄岛区长江东路 227 号，青岛慧康医院院内
建 设 单 位	单位名称	青岛慧康医院		
	通信地址	山东省青岛市黄岛区长江东路 227 号		
	法人代表	张兴杭	邮政编码	266000
	联系人	崔海燕	电 话	17605328036
环评报告表	编制单位	山东丹波尔环境科技有限公司	完成时间	2019 年 3 月
	审批部门	青岛市生态环境局	批复时间	2019 年 7 月 22 日
验 收 监 测	验收监测时间	2022 年 10 月 20 日	验收监测及编制单位	山东丹波尔环境科技有限公司
项 目 投 资	核技术项目投资	3000 万元	核技术项目环保投资	1000 万元
应用类型	射线装置	使用医用电子加速器	1 台	II 类

1.1 引 言

青岛慧康医院位于青岛市黄岛区长江东路227号，是一所集医疗、科研、保健、预防为一体的综合性医院，是以青大附院为龙头的医联体单位。总建筑面积9.8万平方米，按照三级综合医院标准配置管理人员，目前的职工总数达到450人左右。

2019年3月，山东丹波尔环境科技有限公司编制了《青岛慧康医院放射治疗建设项目环境影响报告表》，使用1台头部伽玛刀（内含30枚⁶⁰Co放射源，单枚源额定活度为 7.4×10^{12} Bq，额定总装源活度为 2.22×10^{14} Bq）、1台体部伽玛刀（内含30枚⁶⁰Co放射源，单枚源额定活度为 1.0483×10^{13} Bq，额定总装源活度为 3.145×10^{14} Bq）和1台6MV医用电子加速器。并于同年7月22日取得了青岛市生态环境局的批复（青环辐审[2019]39号）。

2022年5月11日医院重新申领了辐射安全许可证，证书编号为鲁环辐证[02874]，许可种类和范围为“使用Ⅰ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，丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至2026年9月16日。

前期1台头部伽玛刀和1台体部伽玛刀已通过了验收。按照有关法规关于分期建设分期验收的原则，本次验收为“青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）”，即为现有建成规模：1套多模式一体化放射治疗系统。

本项目于2022年11月份建成并进行调试。

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》等有关法律法规要求，受青岛慧康医院的委托，山东丹波尔环境科技有限公司承担了该建设项目竣工环境保护验收监测表的编制及监测工作。于2022年10月20日对该项目进行了现场验收核查，针对现场情况，编制了验收监测方案，同时对该项目进行了现场验收监测，在此基础上编制了《青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）竣工环境保护验收监测表》。2023年3月13日，青岛慧康医院组织召开验收工作组会议，根据验收工作组意见，对原报告进行了完善并形成《青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）竣工环境保护验收监测表》。

1.2 验收监测目的

1. 通过现场调查和监测，对本项目环境保护设施建设、运行及其效果，以及辐射安全和防护措施、辐射环境管理等情况进行全面核实与测试，评价是否符合国家相关标准和环境影响报告表及其审批文件的要求；

2. 根据现场监测、检查结果的分析和评价，指出该项目存在的问题，提出需要改进的措施，以满足生态环境部门对建设项目辐射环境管理的要求；

3. 依据环境影响评价文件及其批复提出的具体要求，进行分析、评价并得出结论、为建设项目竣工环境保护验收提供技术依据。

1.3 验收依据

1.3.1 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，2015.1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，

2003.10 施行；

3. 《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，2005.12 施行，2014.7 修订，2019.3 第二次修订；

4. 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017.10 施行；

5. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部令第 3 号，2006.3 施行，2021.1 第四次修订；

6. 《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，2011.5 施行；

7. 《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，2017.12 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，2006.9 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，2017.11 施行；

10. 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；

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，2018 年 11 月 30 日修订，2019.1 施行；

12. 《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，2014.5 施行。

1.3.2 技术标准

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》（GBZ128-2019）；

4. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

6. 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）；

7. 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）。

1.3.3 其他验收依据

1. 《青岛慧康医院放射治疗建设项目环境影响报告表》，山东丹波尔环境科技

有限公司，2019 年 3 月；

2. 《关于青岛慧康医院放射治疗建设项目环境影响报告表的批复》，青岛市生态环境局，青环辐审[2019]39 号，2019 年 7 月 22 日；

3. 青岛慧康医院辐射安全许可证；

4. 青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）竣工环境保护验收监测委托书；

5. 其它资料性材料。

二、项目概况

2.1 项目基本情况

1. 项目名称

青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）。

2. 项目性质

新建。

3. 项目位置

青岛慧康医院位于青岛市黄岛区长江东路 227 号，地理位置见图 2-1，医院周边影像关系图见图 2-2，医院平面布置示意图见图 2-3。放射治疗中心位于院区东侧，单层、地下建筑，平面布置示意图见图 2-4。

加速器机房北侧、东侧、南侧均为土层，机房楼上为停车场、楼下为土层，均无建筑，机房西侧为操作室。机房内治疗床为东西放置，治疗头在西侧。加速器机房平面及剖面布置示意图见图 2-5。

4. 验收规模

环评规模：新建放疗工作场所，包括头部伽玛刀机房、体部伽玛刀机房和医用电子加速器机房。新购置 1 台头部伽玛刀，使用 30 枚 ^{60}Co 放射源，单枚源额定活度为 $7.4 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，额定总装源活度为 $2.22 \times 10^{14}\text{Bq}$ ；1 台体部伽玛刀，使用 30 枚 ^{60}Co 放射源，单枚源额定活度为 $1.0483 \times 10^{13}\text{Bq}$ ，额定总装源活度为 $3.145 \times 10^{14}\text{Bq}$ ；配置 1 台 6MV 医用电子加速器。环评规模见表 2-1、表 2-2。

本次验收规模：1 台多模式一体化放射治疗系统，该设备包含 1 个 6MV 医用加速器治疗头、1 个医用伽玛刀聚焦治疗头和 1 个 CBCT 图像引导系统模块。其中伽玛刀聚焦治疗头尚未安装，医院目前无需使用伽玛刀治疗功能，仅使用 6MV 加速器和 CBCT 功能对患者进行放射治疗。

医院后期若使用伽玛刀治疗功能，应办理相关环评手续并取得批复意见。

验收规模见表 2-3，本次验收的设备主要技术参数详见表 2-4。

现场拍摄照片见图 2-6。

表 2-1 放射源环评规模一览表

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	用途	使用场所	贮存方式与地点
1	^{60}Co	2.22×10^{14} Bq/ 7.4×10^{12} Bq × 30 枚	I 类	放射治疗	放射治疗中心 头部伽玛刀机房	贮存于主机屏蔽体内/机房
2	^{60}Co	3.145×10^{14} Bq/ 1.0483×10^{13} Bq × 30 枚	I 类	放射治疗	放射治疗中心 体部伽玛刀机房	贮存于主机屏蔽体内/机房

表 2-2 射线装置环评规模一览表

序号	名称	型号	类别	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	工作场所
1	医用电子加速器	待定	II 类	电子	6MV	240Gy/h	放射治疗中心 医用电子加速器机房

表 2-3 验收规模一览表

射线装置名称	规格型号	生产厂家	类别	数量	场所
多模式一体化放射治疗系统	TaiChiPro	西安大医集团股份有限公司	II 类	1	放射治疗中心 医用电子加速器机房

表 2-4 设备主要技术参数一览表

型号		TaiChiPro
加速器	射线类型	X射线
	标称能量	6MV
	最大方形照射野	40cm × 40cm
	最大输出剂量率	1400cGy/min (840Gy/h)
	辐射源与等中心距离SAD	1000mm
	等中心位置到地面/机器最低点距离	950mm/1300mm
	X射线泄漏率	≤0.1%
	有用线束最大张角	27.8°
	靶材料	钨合金
	治疗头转动范围	小机头: 90° -0° -270° 机架: 任意起始位置, 360° 旋转
CBCT图像引导系统模块	最大管电压	150kV, 临床一般为120kV
	最大管电流	64mA
	距靶1m处最大剂量率	<0.5mGy/h (测试条件150kV、3.6mA)
	曝光时间	单次扫描为每秒9帧的脉冲式曝光, 单帧曝光时间最大32ms, 持续1min, 单次最大照射时间为17.28s
	屏蔽体	10mm厚钨铜合金, 密度≥18t/m ³

5. 加速器工作场所的辐射防护情况

根据青岛慧康医院提供的环境影响报告表和相关文件可知，加速器机房辐射屏蔽情况为：

加速器机房内径尺寸(长×宽×净高)为 8.0m (长, 南、北墙主屏蔽间距)×7.0m (宽)×4.2m (高, 室顶主屏蔽内表面至地面距离)，机房面积为 85.1m² (含迷路)，容积为 357.42m³ (含迷路)。屏蔽设计参数见表 2-5。

表 2-5 加速器机房屏蔽参数

防护措施		防护材料	厚度	宽度
南墙	主屏蔽	混凝土	250cm	4.0m
	次屏蔽	混凝土	150cm	/
北墙	主屏蔽	混凝土	200cm	4.3m
	次屏蔽	混凝土	150cm	/
	迷路外墙	混凝土	150cm	/
西墙		混凝土	150cm	/
东墙		混凝土	150cm	/
室顶	主屏蔽	混凝土	250cm	4.0m
	次屏蔽	混凝土	200cm	/
地面		混凝土	80cm	/
防护门		/	12mmPb	/

注：混凝土密度为 2.35t/m³，铅的密度为 11.3t/m³。

加速器机房防护门为电动推拉门，其与门洞搭接处设计间隙≤10mm，搭接宽度与缝隙比例均大于 10:1，能满足《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)中“第 4.8.8 款 防护门应尽可能减小缝隙泄漏辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于‘门一墙’间隙的十倍”的要求。

加速器工作场所设置的其它安全措施，具体如下：

(1) 医用电子加速器机房设置门-机联锁装置，防护门关闭时方可出束，出束期间防护门打开则自动停止出束，必须重新设置才能重新出束；防护门设计有防挤压红外线碰撞装置，防护门外设置工作警示灯和电离辐射警告标志。

加速器机房与控制室之间设计有监视和对讲装置，机房东墙北侧、东墙南侧、迷路内墙西侧及中间位置、南墙中间位置各安装有一个监控探头。

加速器机房在北墙西侧、北墙东侧、东墙中间位置、南墙东侧、迷路内墙及西墙处各设置 1 处紧急停机按钮。

(2) 医用电子加速器机房内设置通风系统，采取上进风、下排风的方式，在机房迷路内墙及西墙北侧地面处各设置 1 个排风口，室顶南侧中间位置及室顶东南角各设置 1 个进风口，风机设置在加速器机房门口上方，治疗室进、排风管道呈 U 型通道穿过治疗室的屏蔽墙。

(3) 连接医用电子加速器与控制室、水冷设备的电缆穿墙管线采取地下 U 型穿墙设计，并避开了有用线束照射区域。

(4) 采用分区管理，将医用电子加速器机房四周墙壁围成的区域及迷路划为控制区，将防护门外侧及控制室等划为监督区，并在边界设置警示标识。

(5) 机房内东墙安装有 REN300A 型在线辐射安全报警仪，供工作人员掌握机房内剂量水平。

(6) 医院已配备 1 台 Fluke 451P 型辐射巡检仪、2 部 FJ2000 型个人剂量报警仪，辐射工作人员人手配备一支个人剂量计。

6. 变动情况

本项目实际建设情况与环评阶段相比，建设项目变动情况见表 2-6。

表 2-6 建设项目变动情况一览表

	项目环评内容	实际建设情况	变动情况
建设地点	医院放射治疗中心医用电子加速器机房	医院放射治疗中心医用电子加速器机房	安装使用场所无变化
项目内容	1台6MV医用电子加速器，型号待定	TaiChiPro型多模式一体化放射治疗系统(使用6MV医用电子加速器和CBCT功能)	设备名称改变
设备参数	1台6MV医用电子加速器，等中心最大剂量率400cGy/min，有用束张角28度，依托医院现有CT设备进行影像学检查	包含1个6MV医用加速器治疗头（等中心最大剂量率1400cGy/min，有用束张角27.8度）、1个医用伽玛刀聚焦治疗头（尚未安装，不使用此功能）和1个CBCT图像引导系统模块（最大管电压150kV，最大管电流64mA）	加速器治疗头产生射线最大能量一致，等中心处最大剂量率增加，有用束张角减小

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》有关

规定，建设项目的性质、规模、地点、生产工艺和环境保护措施五个因素中的一项或一项以上发生重大变动，且可能导致环境影响显著变化（特别是不利环境影响加重）的，界定为重大变动。

本项目安装使用场所未发生改变，能量 6MV 不变，主射束照射方向不变，等中心点距主屏蔽距离不变，仅加速器的等中心最大剂量率增加、有用束张角略有减小。根据现场监测结果，治疗系统中加速器部分工作时，机房防护门外 30cm 处 X- γ 辐射剂量率为（128.8~144.4）nGy/h，机房外其余监测点位 X- γ 辐射剂量率为（93.1~149.7）nGy/h，处于青岛市本底水平范围内，且与《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“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：人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所， $H_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”相比较，治疗系统机房外最大监测结果仅占到标准要求 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的 6%，未导致环境影响显著变化，本项目变动情况不属于重大变动。

2.2 工作原理和治疗流程

1. 工作原理

多模式一体化放射治疗系统由 1 个 6MV 医用加速器治疗头、1 个医用伽玛刀聚焦治疗头和 1 个 CBCT 图像引导系统模块集成于同一个滚筒中，从而具备伽玛刀和加速器 2 种治疗功能，治疗时加速器和伽玛刀不同时开机，CBCT 在每次治疗时可进行患者的实时位置验证，减少患者治疗位置误差，提升治疗效果。

多模式一体化放射治疗系统由主机系统、电气控制系统、放射治疗计划系统、射野验证系统和立体定位系统组成。其中主机系统包含滚筒、底座、治疗床等，滚筒中安装伽玛聚焦治疗头、加速器治疗头和 CBCT 图像引导系统模块；立体定位系统包含定位床、负压袋和头部定位装置；电器控制系统由操作控制台、操作计算机、轴控制器控制系统、伺服驱动系统及伺服电机、CBCT、EPID、后备电源、传感器、连接电缆、对讲系统、视频监视系统等组成。

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、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行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。

CBCT 图像引导系统模块包括 CBCT 影像平板、球管、高压发生器以及图像处理软件。CBCT 系统 X 射线机安装于加速器治疗头和伽玛刀聚焦治疗头之间，影像平板位于射线机对面，便于在加速器或伽玛刀治疗过程中提供病灶的三维图像。CBCT 顾名思义是锥形束投照计算机重组断层影像设备，其原理为 X 线发生器以较低的射量围绕投照体做环形 DR（数字式投照），然后将围绕体多次“交集”中所获得的数据在计算机中重组后进而获得三维图像。该系统采用定位床，用负压袋将患者固定，用十字激光灯对患者位置进行初始定位，确定三维立体坐标，将 CT/MRI 图像中病灶的坐标转换到辐射装置的坐标系中，在治疗时通过基于 CBCT 的图像引导定位装置进行摆位验证，通过三维床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。治疗过程中，图像引导系统可以随时监测患者靶区的位置偏移，超过许可范围时给出警告并可中止治疗。

2. 治疗流程

①登记候诊：对肿瘤放疗患者进行登记、候诊；

②模拟定位：使用模拟定位 CT 根据医生要求的扫描条件对病灶进行扫描，获得定位 CT 图像；

③靶区勾画：医生确定靶区，开出放疗处方，确定照射剂量、照射次数等。

④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常规放疗、适形放疗及调强放疗的治疗计划。

⑤体位固定：工作人员进入治疗室对患者进行定位、标记，调整照射角度及射野中心，确认机房内无人员滞留、防护门关闭。

⑥使用 CBCT 图像引导系统模块对病灶进行扫描，并与定位 CT 扫描图做对比，校准摆位精度，开始治疗。

⑦治疗结束患者离开。

医用电子加速器放射治疗流程及产污环节详见下图 2-7。

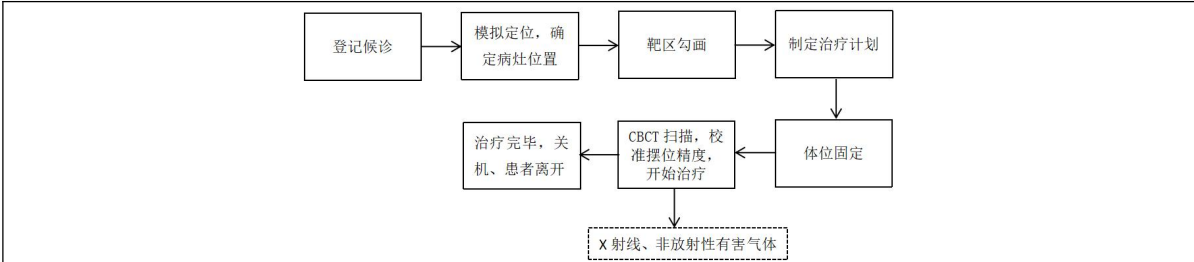


图 2-7 医用电子加速器工作流程及产污环节示意图。

2.3 主要放射性污染物和污染途径

1. X 射线及高能电子束

医用电子加速器工作时，将产生 X 射线及高能电子束，对机房周围环境造成一定辐射污染。由于 X 射线的贯穿能力极强，会对周围环境造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。运行时产生的高能电子束，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。

本项目采用医用电子加速器输出 X 射线的能量最大为 6MV，不会与 X 射线靶等发生光核反应，不产生中子和感生放射性物质。

2. 非放射性气体

在电子加速器开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO、NO₂）。机房内设有通风系统，通风次数大于 4 次/h，可明显降低其浓度，不会对环境造成影响。

3. 放射性固体废物

医用电子加速器运行后产生的主要放射性固体废物是废靶件，其不但有短半衰期放射性核素，还有长半衰期的核素。

废靶件由供货商负责更换，更换产生的废靶件按照《城市放射性废物暂存管理办法》规定，通过预约方式，更换后直接送至山东省城市放射性废物库集中收贮，由有资质单位负责运输，不在医院内贮存。

综上所述，本次验收的监测项目为 X-γ 辐射剂量率。

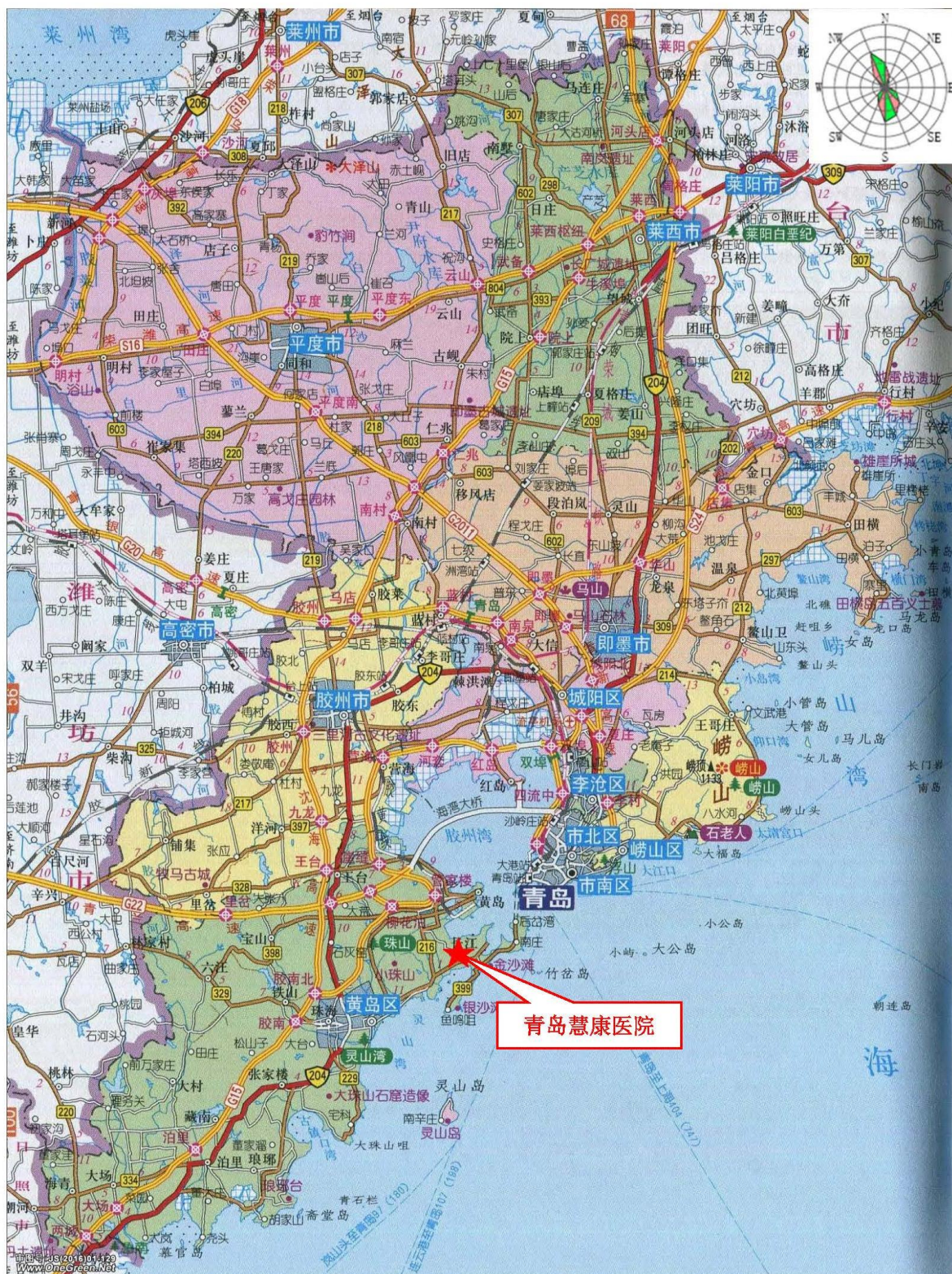


图 2-1 青岛慧康医院地理位置示意图

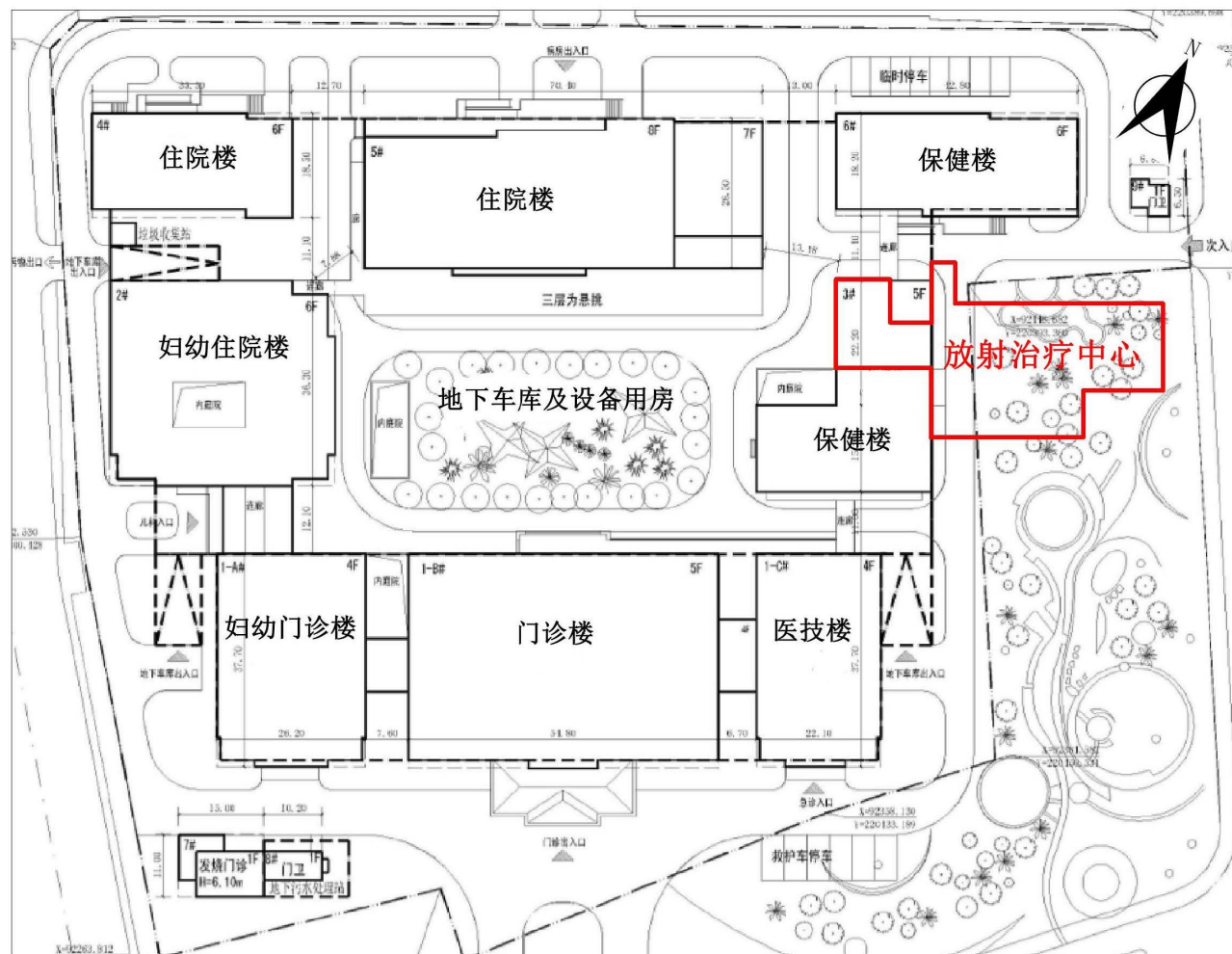


图 2-3 青岛慧康医院总平面布置示意图

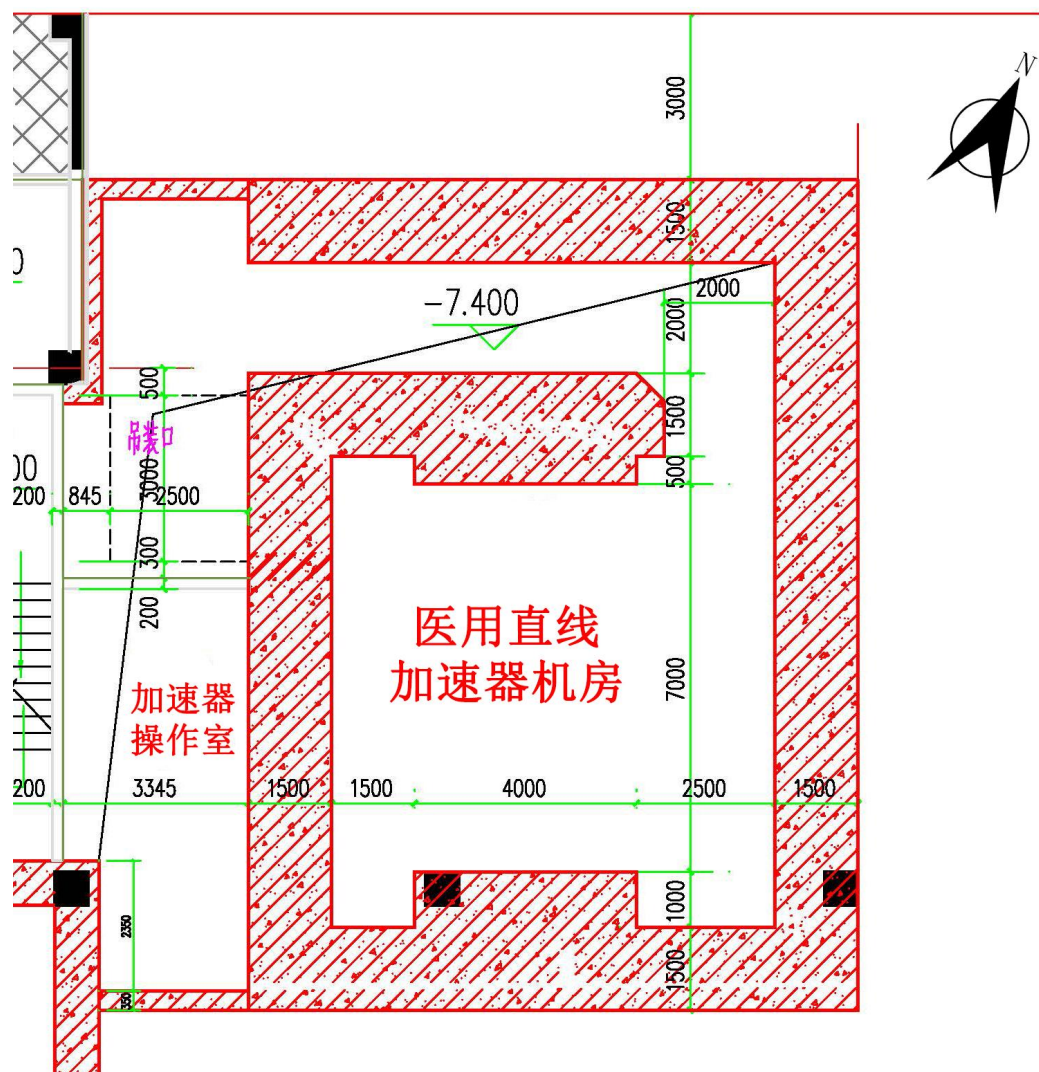


图 2-5 (a) 加速器机房平面布置示意图

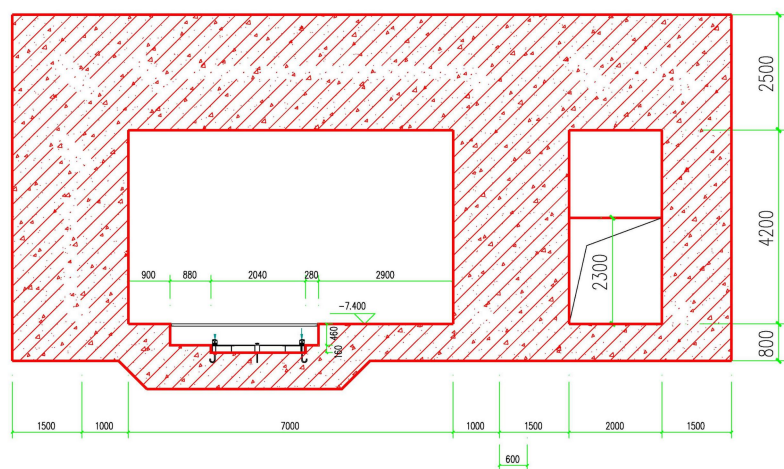


图 2-5 (b) 加速器机房剖面布置示意图

	
防护门	在线辐射安全报警仪
	
进风口	进风口
	
排风口	排风口

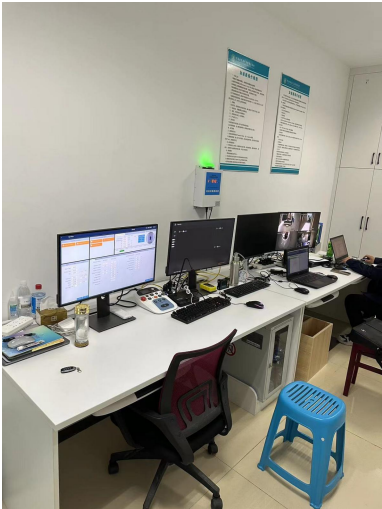
	
急停按钮	监控装置
	
加速器机房	操作室
	/
规章制度	/

图 2-6 加速器机房现场图片

三、环评批复要求落实情况

环境影响报告表批复与验收情况的对比		
青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）环境影响报告表批复与验收情况的对比见表 3-1。		
表 3-1 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（综述）		验收情况
一、项目位于青岛市黄岛区长江东路 227 号青岛慧康医院院区东侧放射治疗中心。该项目建设内容为：新建放疗工作场所，主要包括 1 座头部伽玛刀机房、1 座体部伽玛刀机房和 1 座医用电子加速器机房，新购置 1 台头部伽玛刀（内含 30 枚 ⁶⁰ Co 放射源，单枚源额定活度为 7.4×10^{12} Bq，额定总装源活度为 2.22×10^{14} Bq）、1 台体部伽玛刀（内含 30 枚 ⁶⁰ Co 放射源，单枚源额定活度为 1.0483×10^{13} Bq，额定总装源活度为 3.145×10^{14} Bq）和 1 台 6MV 医用电子加速器。		项目位于青岛市黄岛区长江东路 227 号青岛慧康医院院区东侧放射治疗中心。建设内容为：1 座医用电子加速器机房、1 台多模式一体化放射治疗系统。
二、该项目应严格落实环境影响报告表提出的辐射安全与防护措施和以下要求。		
（一）严格执行辐射安全管理制度	1. 设立辐射安全与环境保护管理机构，落实辐射安全管理责任制。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 名本科以上学历的专职技术人员统一负责全院的辐射安全管理工作，落实岗位职责；各工作场所应安排技术人员负责各自的辐射安全管理工作。	医院落实了辐射安全管理责任制，明确了法定代表人张兴杭为辐射安全工作第一责任人，医院设立了放射防护管理组织，负责全院的辐射安全管理工作。加速器机房安排有技术人员负责辐射安全管理，落实了工作人员的岗位职责。
	2. 落实场所使用规定、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。	医院制定了《辐射安全与防护管理制度》《放射源与射线装置安全保卫制度》《辐射防护三级责任制》《监测方案》《直线加速器操作规程》《辐射工作人员培训计划》《辐射防护设备定期检修制度》等制度，建立了辐射安全管理档案。

续表 3-1 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（综述）		验收情况
(二) 加强 辐射 工作 人员 的辐 射安 全和 防护 工作	1. 制定培训计划，组织本项目辐射工作人员参加辐射安全培训和再培训，经考核合格后持证上岗；考核不合格的，不得从事辐射工作。	医院制定有《辐射工作人员培训计划》，该项目的 4 名辐射工作人员均已通过考核。
	2. 建立辐射工作人员个人剂量档案，做到 1 人 1 档，辐射工作人员应佩戴个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量检测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。	医院建立了辐射工作人员个人剂量档案，做到了 1 人 1 档，辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并已委托有资质的单位进行个人剂量检测。
	3. 从事放射工作时，应采取有效辐射安全与防护措施，控制接受不必要的受照剂量。	该项目配备了铅衣、铅帽、铅眼镜等个人防护用品。根据本次验收监测结果估算，辐射工作人员和公众成员的最大年有效剂量分别为 0.02mSv 和 0.01mSv，低于 2mSv 和 0.1mSv 的年管理剂量约束值。
(三) 做 好 辐 射 工 作 场 所 的 安 全 和 防 护 工作	1. 确保按照设计施工，拟建场址四周 50m 范围内不存在居民区等环境敏感目标。	经现场核实，加速器机房四周 50m 范围内不存在居民区等环境敏感目标。
	2. 落实工作场所的实体屏蔽措施，确保防护门及屏蔽墙外 30cm 处空气比释动能率不大于 2.5 μ Gy/h。	加速器机房外表面 30cm 处的检测剂量为（105.9~149.7）nGy/h，均不大于 2.5 μ Gy/h。
	3. 在醒目位置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。	医院辐射工作场所的醒目位置上均设有符合《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。
	4. 做好放射性工作场所内辐射安全与防护设施的维护、维修，并建立维修、维护档案，确保门-机联锁、工作状态指示灯、控制器急停按钮等辐射安全与防护设施安全有效。	制定有《辐射防护设备定期检修制度》，加速器机房设有门-机连锁、工作状态指示灯、紧急停机按钮等辐射安全与防护设施，并定期维修保养。
	5. 严格执行辐射环境监测计划。配备 1 台辐射巡测仪，定期组织对工作场所以	医院制定有《监测方案》，医院配备有一台辐射巡检仪，定期按要求

续表 3-1 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（综述）		验收情况
	及周围环境辐射水平进行监测。	开展辐射环境监测，并存档备查。
（四）放射源要严格按照使用管理规定进行管理使用，并采取相应的安保措施，确保放射源的安全可靠，全程在掌控之中；废旧放射源由供源厂家进行换源、运输和回收。要配备相应资质的工作人员，并采取必要的防护措施，要划定相应的工作区域，并有明显的警示标注。		本期不涉及放射源。
（五）废靶件由供货商负责更换，更换产生的废靶件按照《城市放射性废物暂存管理办法》规定，通过预约方式，更换后直接送至山东省城市放射性废物库集中收贮单位负责运输，不在医院内贮存。		废靶件由供货商负责更换，更换产生的废靶件按照《城市放射性废物暂存管理办法》规定，通过预约方式，更换后直接送至山东省城市放射性废物库集中收贮，由有资质单位负责运输，不在医院内贮存。
（六）严格落实环境风险防范措施，制定辐射事故应急预案。配备必要的应急设备，定期开展应急培训和演练。有效防范并妥善处置突发环境事件，确保环境安全。		医院制定了《辐射事故应急预案》，并于 2022 年 6 月 15 日进行了应急演练，做好了演练记录。经确认，医院未发生过辐射事故。

四、验收标准及参考依据

4.1 验收监测标准

4.1.1 《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)的规定,工作人员的^{职业照射}和公众照射的有效剂量限值列入表 4-1。

表 4-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

职 业 工 作 人 员		公 众	
身体器官	年有效剂量 或年当量剂量	身体器官	年有效剂量 或年当量剂量
全身均匀照射	≤20mSv	全身均匀照射	≤1mSv

注:表中剂量限值不包括医疗照射和天然本底照射。

①剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 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;

B1.2 公众照射

B1.2.1 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。

②年管理剂量约束值

根据环评报告,本项目的验收标准为工作人员年管理剂量约束值不超过 2mSv;公众年管理剂量约束值不超过 0.1mSv。

4.1.2 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)

第 6.1.1 款 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。

第 6.1.2 款 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。

第 6.1.3 款 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。

第 6.1.4 款 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。

第 6.1.5 款 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。

第 6.1.6 款 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

第 6.2.1 款 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。

第 6.2.2 款 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。

第 6.3.1 款 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

第 6.3.1.1 款 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 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 H_c ，见式 3-1：

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T) \quad (3-1)$$

式中：

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（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 $H_{c, \max}$ ：

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

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

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

第 6.3.2 款 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

第 6.3.2.1 款 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。

第 6.3.2.2 款 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。

第 6.4.2 款 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。

第 6.4.3 款 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。

第 6.4.4.1 款 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。

第 6.4.6 款 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。

第 7.3 款 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。

根据国家标准和环境影响报告表，本次采用 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为加速器机房各屏蔽体外剂量率目标控制值。

4.2 参考依据

根据《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），青岛市环境天然辐射水平见表4-2。

表 4-2 青岛市环境天然 γ 空气吸收剂量率（ $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）

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

五、验收监测

5.1 现场监测

为掌握本项目正常运行工况下治疗室周围辐射环境水平，对治疗室周围及其他工作场所进行了现场监测。

1. 监测单位：

山东丹波尔环境科技有限公司，已通过生态环境认证，证书编号221512052438。

2. 监测项目

X-γ 辐射剂量率。

3. 监测时间与环境条件

监测时间：2022.10.20，天气：晴；环境温度：28.2℃；相对湿度：28.7%；
2023.2.7，天气：晴；环境温度：1.9℃；相对湿度：45.7%。

4. 监测仪器

便携式 FH40G+FHZ672E-10 型 X-γ 剂量率仪。监测仪器主要技术参数见表5-1。

表 5-1 监测仪器参数一览表

序号	项 目	参 数
1	仪器名称	便携式 X-γ 剂量率仪
2	仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
3	系统主机测量范围	10nGy/h~1Gy/h
4	主探测器测量范围	1nGy/h~100 μ Gy/h
5	能量范围	60keV~3MeV，相对响应之差<±15%(相对于 137Cs 参考 γ 辐射源)/33keV~3MeV；相对固有误差<7.6%(相对于 137Cs 参考 γ 辐射源)；
6	检定单位	中国计量科学研究院/山东省计量科学研究院
7	检定证书编号	DLj12021-21341/Y16-20222192
8	检定有效期至	2022 年 12 月 20 日/2023 年 12 月 20 日

5. 监测人员

由两名检测人员共同进行现场检测。

6. 布点原则

依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《放射治疗放射

防护要求》（GBZ121-2020）等相关要求进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，设置好测量程序，仪器自动读取数据，计算均值和标准偏差。

7. 监测技术规范

《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）；

《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）。

8. 运行工况条件

加速器 X 射线能量 6MV。

5.2 监测结果及分析

加速器开-关机状态下机房周围 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 5-2，表中检测数据已扣除宇宙射线响应值。监测布点示意图见图 5-1。

表 5-2 加速器开-关机状态下机房周围 X- γ 辐射剂量率监测结果（nGy/h）

序号	点位描述	关机状态		开机状态		备注
		剂量率	标准偏差	剂量率	标准偏差	
A1-1	防护门外中间位置 30cm 处	93.1	1.40	135.7	1.75	向北照射，放置模体
A1-2	防护门外右侧门缝 30cm 处	--	--	144.4	1.96	
A1-3	防护门外左侧门缝 30cm 处	--	--	133.5	1.96	
A1-4	防护门外下侧门缝 30cm 处	--	--	128.8	2.02	
A2	机房楼上（停车场）距地面 100cm 处（主屏蔽区）	93.0	0.99	105.9	1.63	向上照射，无模体
A3	机房西墙外 30cm 处	131.7	1.75	149.7	1.48	向下照射，放置模体
A4	电缆沟外 30cm 处	119.9	1.63	141.4	1.78	
A5	工作人员操作位	122.2	1.83	138.0	2.33	
B1	机房楼上（停车场）距地面 100cm 处（东侧次屏蔽区）	--	--	93.1	1.52	向上照射，放置模体
B2	机房楼上（停车场）距地面 100cm 处（西侧次屏蔽区）	--	--	96.8	1.14	
B3	机房内治疗床南侧操作位 30cm 处	95.5	1.25	--	--	停止照射后
B4	机房内治疗床南侧操作位 1m 处	91.6	1.16	--	--	

B5	机房内治疗床北侧操作位 30cm 处	101.6	1.35	--	--	
B6	机房内治疗床北侧操作位 1m 处	97.2	1.15	--	--	
范围		91.6~131.7		93.1~149.7		/
注：点位A1~A5为2022年10月20日检测，点位B1~B6为2023年2月7日检测。						

由以上可知，非工作状态下，加速器机房周围环境 γ 辐射剂量率范围为（93.0~131.7）nGy/h，处于青岛市天然放射性本底水平范围内；工作状态下，机房周围环境X- γ 辐射剂量率范围为（93.1~149.7）nGy/h，低于环评报告表提出的防护门及屏蔽墙外30cm处空气比释动能率不大于2.5 μ Gy/h的剂量率目标控制值。加速器停止照射后，机房内治疗床侧操作位处环境 γ 辐射剂量率范围为（91.6~101.6）nGy/h。

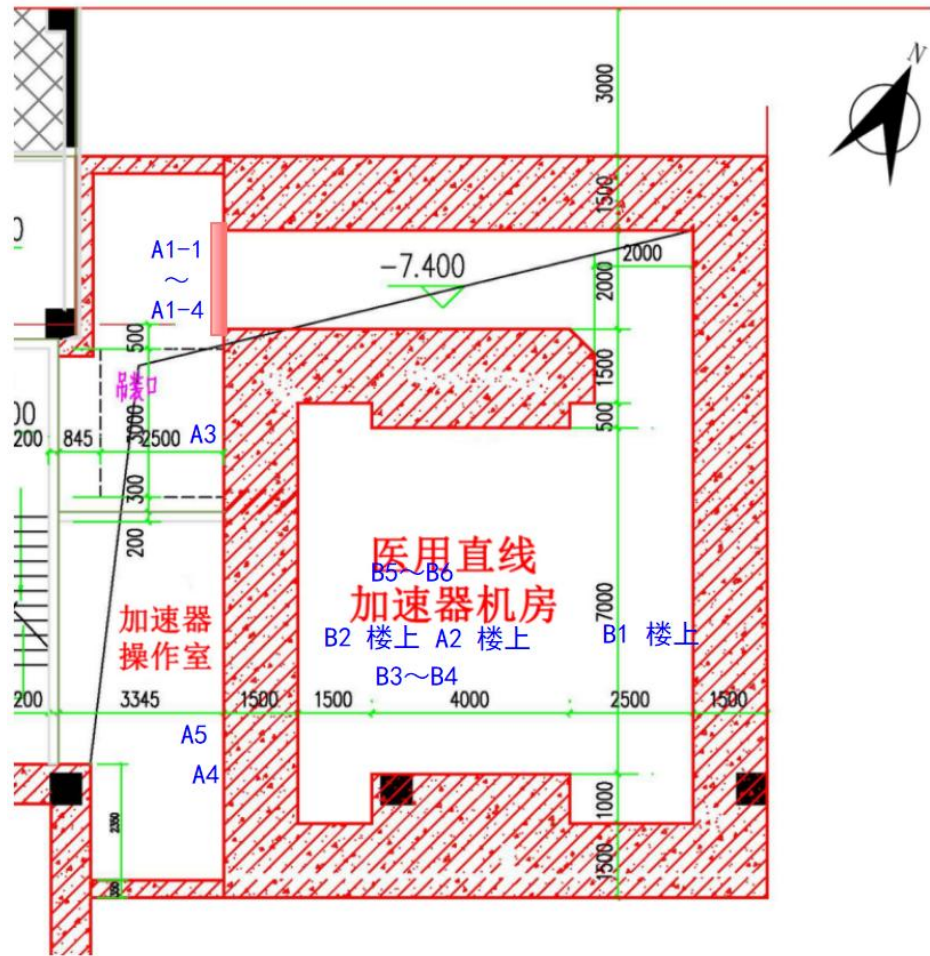


图 5-1 加速器机房周围检测布点示意图

六、职业与公众受照剂量

6.1 年有效剂量估算公式

$$H=0.7\times D_r\times T \quad (6-1)$$

式中: H ——年有效剂量当量, Sv/a;

T ——年受照时间, h;

0.7 ——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数, Sv/Gy;

D_r ——X 剂量率, Gy/h。

6.2 照射时间确定

根据医院提供的资料, 本项目每天最大治疗人数为 19 例, 年工作时间按 250 天计, 则年最大接诊量为 4750 例。每例最大照射时间为 5min, 每例最大摆位时间为 10min; 则年放射治疗时间最大为 395.8h、年最大摆位时间为 791.7h。

本项目共配备有 4 名辐射工作人员 (2 名技师, 1 名物理师, 1 名医师), 专职从事本项目工作。其中 2 名技师轮流操作本装置, 物理师及医师负责摆位工作; 则操作人员所受最大照射时间约 198h, 摆位人员所受最大照射时间约 396h。

6.3 职业人员受照剂量

因本项目开展时间较短, 本项目对工作人员的影响根据本次验收监测结果进行估算。

1、控制室内工作人员所受年有效剂量

技师在控制室内工作时, 控制室内电缆沟处的数据为 141.4nGy/h, 居留因子取 1, 1 名工作人员的年放射治疗时间不超过 198h, 则所受年有效剂量为

$$0.7\times 141.4\times 198\times 1\approx 0.02\text{mSv}$$

2、摆位人员所受年有效剂量

在进行治疗前, 物理师及医师需进入加速器机房内治疗床侧操作位处进行摆位, 取机房内治疗床右侧操作位 30cm 处的数据为 101.6nGy/h, 居留因子取 1, 工作人员的年摆位时间不超过 396h, 则所受年有效剂量为

$$0.7\times 101.6\times 396\times 1\approx 0.03\text{mSv}$$

由以上计算可知，本项目辐射工作人员的年有效剂量约为 0.03mSv，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 20mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告中提出的 2mSv 的年管理剂量约束值。

6.4 公众成员受照剂量

根据现场监测结果可知，加速器机房外公众可能经过区域的最大值为加速器机房西墙外 30cm 处，为 149.7nGy/h。该区域为公众偶尔路过区域，居留因子取 1/4。根据医院提供的数据，加速器年工作时间约为 395.8h。

则公众成员受照剂量为：

$$H=0.7 \times 149.7 \times 395.8 \times 1/4 \approx 0.01\text{mSv/a}$$

以上可知，医用电子加速器运行时，公众成员接受照射的年有效剂量最大值约为 0.01mSv，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 0.1mSv 的年管理剂量约束值。

七、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》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）及环境保护主管部门的要求，并对照有关安全检查程序，对涉及本项目的辐射环境管理和安全防护措施进行了核查。

7.1 组织机构

医院签订了辐射工作安全责任书，明确法定代表人张兴杭为辐射工作安全责任人。设置了放射防护管理组织，负责医院的辐射安全管理工作。

7.2 辐射安全管理制度及其落实情况

（1）工作制度。制定了《辐射安全与防护管理制度》《放射源与射线装置安全保卫制度》《辐射防护三级责任制》《直线加速器操作规程》《辐射防护设备定期检修制度》等辐射安全管理制度。

（2）操作规程。制定了《直线加速器操作规程》，并严格按照操作规程的要求进行操作。

（3）应急预案。编制了《辐射事故应急预案》，并于 2022 年 6 月 15 日开展了应急演练。

（4）人员培训。制定了《辐射工作人员培训计划》，本项目的 4 名辐射工作人员均参加了辐射安全培训与防护考核，并考核合格。

（5）个人剂量。该项目 4 名辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，医院委托有资质的单位进行工作人员个人剂量进行监测，建立了个人剂量档案，做到了 1 人 1 档。

（6）监测方案。制定了《监测方案》，配备了 1 台辐射巡检仪进行辐射巡检。

（7）年度评估。公司已按要求编写了辐射安全与防护状况年度评估报告，并将评估报告于每年的 1 月 31 日前上传核技术利用辐射安全申报系统。

7.3 工作场所辐射安全及防护情况

1. 根据现场核查，加速器机房安装了监控，防护门与加速器联锁，配备对讲、紧急停机装置，并在治疗室外醒目处安装工作状态指示灯及电离辐射警告标志，均能正常工作。

2. 根据医院提供的资料及现场核查，该项目工作场所实体屏蔽情况与环评文件

基本一致。

7.4 辐射监测仪器和个人防护用品的配备

本项目配备了 1 台辐射巡检仪，2 部个人剂量报警仪，4 个个人剂量计。



图 7-1 现场拍摄照片

八、验收监测结论与建议

8.1 结 论

8.1.1 项目基本概况

青岛慧康医院位于青岛市黄岛区长江东路 227 号，是一所集医疗、科研、保健、预防为一体的综合性医院。

本次验收规模为 1 台多模式一体化放射治疗系统，型号为 TaiChiPro。

8.1.2 现场检查结果

1. 医院签订了辐射工作安全责任书，明确负责人张兴杭为辐射工作安全责任人。设置了放射防护管理组织，负责医院的辐射安全管理工作。

2. 工作制度。制定了《辐射安全与防护管理制度》《放射源与射线装置安全保卫制度》《辐射防护三级责任制》《直线加速器操作规程》《辐射防护设备定期检修制度》等辐射安全管理制度。

3. 操作规程。制定了《直线加速器操作规程》，并严格按照操作规程的要求进行操作。

4. 应急预案。编制了《辐射事故应急预案》，并于 2022 年 6 月 15 日开展了应急演练。

5. 人员培训。制定了《辐射工作人员培训计划》，本项目的 4 名辐射工作人员均参加了辐射安全培训与防护考核，并考核合格。

6. 个人剂量。该项目 4 名辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，医院委托有资质的单位进行工作人员个人剂量进行监测，建立了个人剂量档案，做到了 1 人 1 档。

7. 监测方案。制定了《监测方案》，配备了 1 台辐射巡检仪进行辐射巡检。

8. 年度评估。公司已按要求编写了辐射安全与防护状况年度评估报告，并将评估报告于每年的 1 月 31 日前上传核技术利用辐射安全申报系统。

8. 配备了 1 台辐射巡检仪、2 部个人剂量报警仪等辐射防护设备。

8.1.3 现场检测结果

非工作状态下，加速器机房周围环境 γ 辐射剂量率范围为（93.0~131.7）nGy/h，处于青岛市天然放射性本底水平范围内；工作状态下，机房周围环境 X- γ 辐射剂量率范围为（93.1~149.7）nGy/h，低于环评报告表提出的防护门及屏蔽墙

外 30cm 处空气比释动能率不大于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 的剂量率目标控制值。加速器停止照射后，机房内治疗床侧操作位处环境 γ 辐射剂量率范围为 $(91.6 \sim 101.6) \text{ nGy/h}$ 。

8.1.4 职业与公众受照结果

估算结果表明，该院辐射工作人员个人接受照射的年有效剂量均低于《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 20mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告中提出的 2mSv/a 的管理剂量约束值。

估算结果表明，公众成员接受照射的年有效剂量低于《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 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

综上所述，青岛慧康医院放射治疗建设项目（二期）基本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，具备通过建设项目竣工环境保护验收的条件。

8.2 建议

1. 适时修订和完善辐射安全管理制度，加强应急演练。
2. 定期检查辐射安全与防护设施、措施，确保有效运行。