**广东和祐康健医院有限公司核技术利用新建项目**

**环境影响报告书**

**（第二次信息公开文本）**

**广东和祐康健医院有限公司**

**二零二二年一月**

说明

中国原子能科学研究院受广东和祐康健医院有限公司委托开展核技术利用新建项目的环境影响评价。现根据国家及本市法规及规定，并经广东和祐康健医院有限公司同意向公众进行第二次信息发布，公开环评内容。

本文本内容为现阶段环评成果。下一阶段，将在听取公众、专家等各方面意见的基础上，进一步修改完善。

目录

[1 建设项目概况 1](#_Toc92283602)

[1.1 项目背景 1](#_Toc92283603)

[1.2 建设地点 1](#_Toc92283604)

[1.3 建设内容 1](#_Toc92283605)

[1.4 产业政策符合性分析 1](#_Toc92283606)

[1.5 编制依据 1](#_Toc92283607)

[1.5.1 法律法规 1](#_Toc92283608)

[1.5.2 技术导则、标准 3](#_Toc92283609)

[1.5.3 其它文件、资料 4](#_Toc92283610)

[1.6 评价标准 4](#_Toc92283611)

[1.6.1 剂量限值和剂量约束值 4](#_Toc92283612)

[1.6.2 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平 5](#_Toc92283613)

[1.6.3 放射性废物排放限值 6](#_Toc92283614)

[1.6.4 其它标准 8](#_Toc92283615)

[1.7 评价范围和保护目标 9](#_Toc92283616)

[1.7.1 评价范围 9](#_Toc92283617)

[1.7.2 保护目标 10](#_Toc92283618)

[2 建设项目环境影响预测及拟采取的主要措施和效果 11](#_Toc92283619)

[2.1 辐射污染源 11](#_Toc92283620)

[2.2 主要环境影响及其预测评价结果 11](#_Toc92283621)

[2.3 辐射防护与环境保护措施 11](#_Toc92283622)

[2.3.1 辐射工作场所分区 11](#_Toc92283623)

[2.3.2 辐射屏蔽 12](#_Toc92283624)

[2.3.3 辐射安全联锁系统 13](#_Toc92283625)

[2.3.4 工作场所辐射监测 13](#_Toc92283626)

[2.3.5 放射性三废处理 13](#_Toc92283627)

[2.4 风险防范措施及应急预案 15](#_Toc92283628)

[2.5 建设项目对环境影响的经济损益分析结果 15](#_Toc92283629)

[2.6 建设单位拟采取的辐射监测计划和安全管理 16](#_Toc92283630)

[2.6.1 辐射监测计划 16](#_Toc92283631)

[2.6.2 辐射安全管理 17](#_Toc92283632)

[3 环境影响评价结论 18](#_Toc92283633)

[4 联系方式 18](#_Toc92283634)

# 建设项目概况

## 项目背景

恶性肿瘤已经成为严重威胁中国人群健康的主要公共卫生问题之一，恶性肿瘤死亡占居民全部死因的23.91%。据统计，2015年全国估计新发恶性肿瘤病例约392.9万例，死亡约233.8万人，且近10多年来，恶性肿瘤发病率每年保持约3.9%的增幅，死亡率每年保持2.5%的增幅。当前我国癌症治疗水平与美国等国家相比还有很大差距。

随着世界各国治癌技术研究和开发的快速发展，质子重离子治疗肿瘤技术由于具有质子布拉格峰效应带来的深度截止效应，以及更加精准的宽度方向控制，已成为新一代更加有效的放疗技术。临床结果显示，相对于其他放射治疗方法，尤其对于有重要组织器官包绕的肿瘤，质子重离子治疗显示出较大的优势：精确度高、治愈率高、副作用小。

质子重离子治疗装置是当前国际上肿瘤放射治疗的主流装备，目前我国多地都在建设/筹建相关治疗中心。为提高佛山市顺德区医疗服务保障水平，广东和祐康健医院有限公司拟于佛山市顺德区北滘镇益丰路以东、规划横一路以南地块建设和祐康健医院离子中心项目。为顺应放疗“精确诊断、精确定位、精确计划、精确治疗”的新时代，顺应政府鼓励社会办医打造多元化医疗服务的政策，顺应佛山市顺德区及周边地区肿瘤患者高端治疗的迫切需求，通过引进世界领先的质子重离子治疗装备，满足佛山市顺德区及周边地区的恶性肿瘤精准高端治疗的需求。

## 建设地点

本项目建设地点位于广东省佛山市顺德区北滘新城区。本项目的地理位置见图 1‑1，重离子中心位于院区的东北角，是一座地下一层、地上三层的独立建筑。



图 1‑1本项目地理位置图

## 建设内容

本项目拟在和祐康健医院内建设离子中心，开展肿瘤质子重离子放射治疗相关工作。拟使用1套日立公司生产的质子重离子治疗系统，质子最高能量为230MeV，重离子为C离子，C离子最高能量为430 MeV/u。

## 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录》（2019年本）中“鼓励类”中第六条第6项——同位素、加速器及辐照应用技术开发、第十三条第5项——高端放射治疗设备建设以及第三十七条第5项——医疗卫生服务设施建设的范畴。因此，本项目建设符合国家相关产业政策。

2016年中共中央政治局会议上审议通过的《“健康中国2030”规划纲要》中，也多次提出将重大疾病防治、癌症诊治工作作为重要目标，加强医药技术创新发展以及医药体系的完善。2017年国务院印发《"十三五"卫生与健康规划》中确定的工作任务中就包括加强重大疾病防治，建立专业公共卫生机构、综合性医院和专科医院、基层医疗卫生机构“三位一体”的防控机制。2017年国务院办公厅印发的《中国防治慢性病中长期规划(2017—2025年)》中将降低重大慢性病过早死亡率作为核心目标，提出到2020年和2025年，力争30-70岁人群因心脑血管疾病、癌症、慢性呼吸系统疾病和糖尿病导致的过早死亡率分别较2015年降低10%和20%。

本项目的建设与国家医疗卫生事业相关规划是相符的。

## 编制依据

### 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年1月1日施行）；

（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（全国人民代表大会常务委员会，2018年12月29日施行）；

（3）《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年10月1日）；

（4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第709号，2019年3月22日修正版）；

（5）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第20号，2021年1月4日修订版）；

（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年5月1日施行）；

（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年12月5日）；

（8）《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017年10月1日起施行）；

（9）《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，2021年1月1日起施行）；

（10）《产业结构调整指导目录》（2019年本）；

（11）《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，2019年11月1日）；

（12）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号，2019年12月23日）；

（13）《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）；

（14）《广东省环境保护条例》（2019年11月29日修正）。

### 技术导则、标准

（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和格式》（HJ10.1-2016）；

（2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

（3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

（4）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）；

（5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

（6）《水中总α放射性的测定 厚源法》（HJ898-2017）；

（7）《水中总β放射性的测定 厚源法》（HJ899-2017）；

（8）《高纯锗γ能谱分析通用方法》（GB/T11713-2015）；

（9）《电离辐射工作场所监测的一般规定》（EJ 381-1989）；

（10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

（11）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）；

（12）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第5部分：质子加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.5-2015）；

（13）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；

（14）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；

（15）《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；

（16）《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；

（17）《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2019）；

（18）广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）；

（19）广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）。

### 其它文件、资料

（1）《和祐国际医院离子中心项目辐射防护设计方案》（清华大学工程物理系，2021年12月）；

（2）建设单位提供的与本项目相关的管理制度和技术资料；

（3）NCRP. Report NO.144. Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities. NCRP,2005；

（4）IAEA. Safety Reports Series NO.19. Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment. IAEA,2001.

## 评价标准

### 剂量限值和剂量约束值

#### 剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值如下：

（1）职业照射

应对任何工作人员职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

1）审管部门决定连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

2）任何一年中的有效剂量，50mSv；

3）眼晶体的年当量剂量，150mSv；

4）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

（2）公众照射

实践使公众中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：

1）年有效剂量，1mSv；

2）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；

3）眼晶体的年当量剂量，15mSv；

4）皮肤的年当量剂量，50mSv。

#### 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的10%-30%范围之内。同时，参考《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）：

本次评价从事放射治疗和核医学工作人员职业照射的剂量约束值为5mSv/a，公众照射的剂量约束值为0.1mSv/a。

### 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《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）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第5部分：质子加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.5-2015）中的相关规定以及《和祐国际医院离子中心项目辐射防护设计方案》中的相关内容，本项目各辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平见表 1‑1。

表 1‑1 本项目各辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 场所 | 位置 | 位置描述（居留因子） | 剂量率控制水平，μSv/h |
| 质子治疗机房 | 机房四周屏蔽墙、入口防护门外、机房顶 | 居留因子T≥1/2 | ≤2.5 |
| 居留因子T＜1/2 | ≤10 |
| 机房底板外 | 机房底板外表面与土壤交界处\* | ≤5×103 |
| 模拟定位CT机房四周屏蔽墙、机房顶和防护门外 | | | ≤2.5 |

注：\*根据文献《恒健质子治疗装置的辐射与屏蔽设计》（吴青彪等，南方能源建设，2016年第3卷第3期），同时参考日本J-PARC以及中国散裂中子源的辐射防护设计，当混凝土与土壤边界处瞬发辐射剂量率低于5mSv/h时，可忽略土壤和地下水的感生放射性。因此，本次评价以“5mSv/h”作为各辐射工作场所地板外表面与土壤交界处的剂量率控制水平。

### 放射性废物排放限值

#### 放射性废水

本项目产生的放射性废水为质子重离子治疗系统的活化冷却水。放射性废水排放前需进行取样监测，满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）“表2综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）”中总α、总β的排放标准要求（列于表 1‑2），方可排放。

表 1‑2《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值中总α、总β的排放标准

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 排放标准，Bq/L |
| 总α | 1 |
| 总β | 10 |

此外，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关规定，满足下列条件的低放废液方可直接排入流量大于10倍排放量的普通下水道：

（1）每月排放的总活度不超过10ALImin；

（2）每次排放的活度不超过1ALImin，并且每次排放后不少于3倍排放量的水进行冲洗。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的方法，本次评价计算了质子重离子治疗系统排放的放射性废水中相关核素的单次排放限值1ALImin和单月排放限值10ALImin，列于表 1‑3。

表 1‑3 质子重离子治疗系统产生的放射性废水中相关核素排放限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 核素 | 单次排放限值1ALImin，Bq | 单月排放限值10ALImin，Bq |
| 3H | 1.11E+09 | 1.11E+10 |
| 7Be | 3.85E+08 | 3.85E+09 |

#### 放射性废物

本项目运行期间产生的放射性固体废物主要为质子重离子治疗系统的活化结构部件，如回旋加速器内部结构部件、降能器等。

放射性固体废物的清洁解控参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录A中A2.1的规定“任何时间段内在进行实践的场所存在的给定核素的总活度或在实践中使用的给定核素的活度浓度不超过表A1所给出的或审管部门所规定的豁免水平”。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录A表A1中给出的与质子重离子治疗系统产生的放射性固体废物相关的放射性核素的豁免活度浓度和活度列于表 1‑4。对于存在一种以上放射性核素的情况，仅当各放射性核素的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比的和小于1时，方可给予豁免。

表 1‑4质子重离子治疗系统活化靶件中放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 活度浓度，Bq/g | 活度，Bq | 核素 | 活度浓度，Bq/g | 活度，Bq |
| 3H | 1E+06 | 1E+09 | 52Mn | 1E+01 | 1E+05 |
| 7Be | 1E+03 | 1E+07 | 53Mn | 1E+04 | 1E+09 |
| 14C | 1E+04 | 1E+07 | 54Mn | 1E+01 | 1E+06 |
| 24N | 1E+01 | 1E+05 | 56Mn | 1E+01 | 1E+05 |
| 32P | 1E+03 | 1E+05 | 52Fe | 1E+01 | 1E+06 |
| 33P | 1E+05 | 1E+08 | 55Fe | 1E+04 | 1E+06 |
| 35S | 1E+05 | 1E+08 | 59Fe | 1E+01 | 1E+06 |
| 37Ar | 1E+06 | 1E+08 | 55Co | 1E+01 | 1E+06 |
| 42K | 1E+02 | 1E+06 | 56Co | 1E+01 | 1E+05 |
| 43K | 1E+01 | 1E+06 | 57Co | 1E+02 | 1E+06 |
| 46Sc | 1E+01 | 1E+06 | 58Co | 1E+01 | 1E+06 |
| 47Sc | 1E+02 | 1E+06 | 60Co | 1E+01 | 1E+05 |
| 48Sc | 1E+01 | 1E+05 | 61Co | 1E+02 | 1E+06 |
| 45Ca | 1E+04 | 1E+07 | 59Ni | 1E+04 | 1E+08 |
| 47Ca | 1E+01 | 1E+06 | 63Ni | 1E+05 | 1E+08 |
| 48V | 1E+01 | 1E+05 | 65Ni | 1E+01 | 1E+06 |
| 51Cr | 1E+03 | 1E+07 | 64Cu | 1E+02 | 1E+06 |

此外，未知核素的废物清洁解控水平按照《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）要求执行，即：活度浓度小于或等于2E+01Bq/g时，可作为一般医疗废物。

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）的要求，每袋废物的表面剂量率按不超过0.1mSv/h，重量不超过20kg，废物包装体外表面污染控制水平按β放射性物质表面污染水平小于0.4 Bq/cm2执行。

### 其它标准

#### 机房面积、单边长度

模拟定位CT机房的面积、单边长度执行标准列于表 1‑5。

表 1‑5 机房面积、单边长度执行标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 机房名称 | 机房面积 | 单边长度 | 执行标准 |
| 模拟定位CT机房 | 不小于30m2 | 4.5m | 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020） |

#### CT机房的辐射屏蔽

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关要求，本项目CT机房的墙体屏蔽按“2.5mm铅当量”执行。

#### O3和NO2评价标准

##### 环境质量标准

本项目位于佛山市顺德区北滘镇，该区域大气环境质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准，具体限值见表 1‑6。

表 1‑6 环境空气质量标准浓度限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 污染物 | 单位 | 取值时间 | 标准浓度限值 | 标准名称 |
| NOx | mg/m3 | 24小时平均 | 100 | 《环境空气质量标准》（GB3095-2012） 中二级标准 |
| 1小时平均 | 250 |
| O3 | mg/m3 | 日最大8小时平均 | 0.160 |
| 1小时平均 | 0.200 |

##### 排放标准

本项目NOx浓度限值执行广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）表1中“其他类”氮氧化物排放限值，室内O3和NOx浓度限值参照执行《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中工作场所空气中化学物质容许浓度限值，具体标准值见表 1‑7。

表 1‑7 O3和NO2排放标准和室内浓度限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 污染物 | 排放标准 | 室内浓度限值 | |
| 最高允许排放浓度，mg/m3 | 最高容许浓度，mg/m3 | 时间加权平均容许浓度，mg/m3 |
| O3 | — | 0.3 | — |
| NO2 | 240 | — | 5 |

## 评价范围和保护目标

### 评价范围

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）“1.5节评价范围和保护目标”中的相关规定“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边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围），对于Ⅰ类放射源或Ⅰ类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，本项目使用的质子重离子治疗系统为Ⅰ类射线装置，其主要的辐射环境影响途径为瞬发辐射外照射以及运行期间排入环境感生放射性气体对人员造成的照射。考虑到拟使用的质子重离子治疗严格按照我国相关法规标准的要求进行治疗机房的辐射屏蔽设计，采用混凝土作为主屏蔽材料，确保机房屏蔽体外剂量率满足要求。在考虑距离衰减后，机房屏蔽边界外100m处的剂量率可降低近4个量级。

综上所述，参照（HJ10.1-2016）的要求，并考虑到设备自身特点及其辐射污染源种类和大小，质子重离子治疗系统的电离辐射环境影响评价范围取机房四周实体屏蔽墙向外100m的范围。

### 保护目标

本项目评价范围内无自然保护区、风景名胜和文物古迹等需要特殊保护的对象，无居民小区、学校等环境敏感点。评价范围内的环境保护目标以本项目相关工作人员、周边相关场所其他工作人员以及在相关场所活动的公众成员为主。

# 建设项目环境影响预测及拟采取的主要措施和效果

## 辐射污染源

质子重离子治疗装置运行过程中产生的辐射场，主要为装置运行时产生的“瞬发辐射场”和装置停机后依然存在的“残余辐射场”。瞬发辐射是装置运行时损失的粒子束流与结构部件和治疗室内患者等发生核反应产生，特点是能量高、辐射强，但会随着装置的停机而完全消失；残余放射性主要来自与装置结构部件、冷却水、场所内空气等被质子束流或次级粒子轰击产生的活化产物，在装置停机后依然存在。

## 主要环境影响及其预测评价结果

（1）屏蔽体外剂量率控制水平

根据屏蔽计算结果，机房屏蔽墙体外、迷道口的剂量率水平均低于其剂量率控制水平。

（2）工作人员

经分析计算，本项目各类辐射工作人员的年最大受照剂量均低于其剂量约束值5mSv/a。

（3）公众

经分析计算，本项目运行所致周围公众的年最大受照剂量低于其剂量约束值0.1mSv/a。

## 辐射防护与环境保护措施

### 辐射工作场所分区

为便于辐射防护管理和职业照射控制，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应将辐射工作场所分为控制区和监督区。

质子重离子治疗装置辐射工作场所的具体分区如下：

（1）控制区：同步加速器大厅、束流输运线隧道、4间治疗室；

（2）监督区：上述各控制区屏蔽墙体外四周紧邻的场所。

控制区管理要求：控制区入口处明显位置粘贴电离辐射警告标志，门禁列入安全联锁系统。装置运行期间禁止进入，仅经授权并解除联锁后才能进入控制区内，进入控制区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

监督区管理要求：监督区入口处设标牌表明监督区，需经授权方可进入，进入监督区的辐射工作人员必须佩戴个人剂量计。

### 辐射屏蔽

#### 设计标准

对于射线装置机房四周墙体、顶板、地板以及防护门，考虑装置运行期间产生的辐射对工作人员和环境的影响，主要依据的设计标准如下：

（1）年剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，以职业照射剂量限值的1/4即5mSv/a作为职业人员的年剂量约束值，以公众照射剂量限值的1/4即0.1mSv/a作为公众的年剂量约束值。

（2）屏蔽体外剂量率控制水平

各场所屏蔽体剂量率控制水平按表 1‑1中所列的标准执行。

#### 屏蔽体外剂量率计算结果

对于质子重离子治疗系统，采用目前国内外通用的FLUKA程序进行辐射屏蔽计算，并利用国标《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第5部分：质子加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.5-2015）中推荐的经验公式法对设计方案进行验证计算。预测结果显示以上各个辐射工作场所屏蔽体外剂量率均能满足表 1‑1的要求。

### 辐射安全联锁系统

为保证控制区内部的人员免受辐射危害，本项目设计了完备的辐射安全联锁系统，严格按“最优切断”、“失效保护”及“冗余设计”等设计原则，通过门-机联锁、紧急停机、声光报警、清场搜索、视频监控等安全设施，确保当某一区域有束流时，该区域的门无法打开，工作人员不能进入该区域；当设备某一区域有人时，束流也不能被传输到该区域。防止人员误操作，保障工作人员和公众的人身安全。

人身安全联锁系统采用可编程控制技术、门禁控制技术及自动门技术、集散式控制技术、计算机网络与通讯技术、探测与数据处理技术、设备自诊断与自恢复技术等，对各安全联锁部件进行实时监测，并将信号输入安全联锁系统，只有在联锁条件全部满足的情况下，才允许束流的产生和加速。任一联锁条件被破坏都将导致安全联锁系统被破坏，从而导致束流的切断，确保人员安全。

### 工作场所辐射监测

本项目射线装置使用场所内部以及上述场所屏蔽体外人员长居留场所以及周围环境均安装有固定式辐射监测仪表，用于监测上述场所内部和屏蔽体外的辐射水平，监测数据实时显示，以验证屏蔽措施的可靠性，防止辐射泄漏，保证工作人员和公众的安全。

### 放射性三废处理

（1）放射性废气

质子重离子治疗系统运行产生的气态感生放射性核素均为短半衰期核素，经过一段时间后可自行衰变至较低水平。现有的通风系统设计能够治疗机房内的空气感生放射性核素的浓度均低于各自的导出空气浓度。

质子重离子治疗机房的治疗室和设备区均设有排风管道，装置运行过程中产生的感生放射性气体由各区域屋面排入环境。考虑到其排入大气后的扩散和稀释，其对环境的影响很小。

（2）放射性废液

本项目产生的放射性废液主要是活化的冷却水。质子重离子治疗系统所用冷却水为去离子水，去离子水在使用过程中，由于16O散裂反应可能形成的放射性核素除7Be、3H外，其余核素的半衰期都很短，放置一段时间就基本可以衰变。根据对冷却水感生放射性核素活度浓度的初步计算结果，活化冷却水的活度浓度远低于表 1‑3中所列的单次和单月排放限值。

质子重离子治疗系统使用场所设有冷却水暂存设施，用于暂存排出的活化冷却水。冷却水排放前需委托有资质的单位对其进行取样分析，满足相关排放标准要求后，方可作为一般废水排放。

（3）放射性固体废物

质子重离子治疗系统的常规操作期间不会产生放射性固体废物。参照国外同类型质子治疗系统的运行经验，其产生的主要放射性固体废物为维护维修环节更换下来的一些易损易活化的结构部件。这些放射性固体废物的主要材料是钢、碳和镍。停机后对活化结构部件剂量率贡献较大的主要是54Mn、51Cr、52Mn、57Co和58Co等半衰期较长的核素。

医院根据放射性固体废物的贮存情况进行集中处理，处理前需对其活度或活度浓度进行分析：

1）对于满足豁免标准的：

①可回收利用的部件，回收后复用。

②不能回收利用的部件，经审管部门认可后，豁免后按一般废物处理；

2）对于不满足豁免标准的，委托有资质单位处理。

医院需对每次放射性固体废物的处理情况进行记录并存档，具体记录内容包括每次处理的固体废物名称种类、废物量、剂量率监测结果以及最终去向等。

## 风险防范措施及应急预案

本项目可能发生的事故包括质子治疗系统运行期间安全联锁系统失效、人员误入治疗机房内部或工作人员在机房内工作期间设备出束造成的误照射事故和冷却水泄漏事故等。

质子重离子系统设有安全联锁系统，确保治疗机房内部有束流时，房间门无法打开，人员不能进入房间内部；当上述房间内部有人时，束流也不能被传输到房间内部。能够保证工作人员的安全。

此外，建设单位正在建立一系列辐射安全管理制度，包括《操作规程》、《人员培训计划》、《辐射防护与安全保卫制度》等。放射工作人员需加强专业知识学习，加强辐射安全与防护培训，严格遵守操作规程和规章制度。管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。建设单位将成立事故应急管理小组并制定了《辐射事故应急预案》，规定了事故上报、应急处理、应急装备保障等方面的内容。确保在发生辐射事故时，能有序、迅速地采取正确的处理措施，缓解事故后果，控制辐射事故的发展，将事故对人员、财产和环境的损失减少到最低限度。

## 建设项目对环境影响的经济损益分析结果

建设单位通过引进世界领先的质子重离子治疗治疗系统，有利于推广和普及质子重离子治疗技术；同时培育造就一支高素质的创新型研究队伍，提升国家整体创新能力和国际竞争力，提高我国高端医疗设备研发以及生产的国际地位，满足顺德区恶性肿瘤精准高端治疗的需求。

本项目在创造很大的经济效益和社会效益的同时，也要付出一定的代价：少量的瞬发辐射穿过屏蔽体进入周围环境，工作人员和周围公众受到少量的辐射照射；少量的放射性气体进入大气环境；每年将有少量的放射性固体废物产生等。根据前面章节的分析，项目运行期间对环境的影响均低于国家标准中规定的限值，其影响都是可以接受的。

因此，本项目的经济效益、社会效益和环境效益能够得到很好的统一。

## 建设单位拟采取的辐射监测计划和安全管理

### 辐射监测计划

本项目辐射监测总体包括环境监测、工作场所监测和个人剂量监测。环境监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式；工作场所监测采用固定式在线区域辐射监测和巡测相结合的方式；个人剂量监测采取累积式个人剂量监测计监测为主，个人剂量报警仪为辅的方式进行。

#### 环境监测

本项目环境监测包括采用便携辐射监测仪表进行连巡测、固定在线辐射监测和环境介质取样分析三种方式。环境监测每年至少进行一次，监测数据记录存档。

辐射环境监测计划包括在本项目建筑墙体外周围环境采用便携式仪表巡测和固定式仪表监测外照射剂量率，环境介质取样分析委托有资质的单位进行，主要对建筑墙体外周围环境介质样品（主要是土壤）进行取样分析，频次至少为一年一次。

#### 工作场所监测

本项目工作场所监测采用安装固定式监测仪表和便携式监测仪表相结合的方式。每年至少进行一次，监测数据记录存档。

辐射工作场所监测计划：在质子重离子治疗机房，采用固定式仪表和便携式仪表监测外照射剂量率（包括γ辐射剂量率和中子剂量当量率）。

#### 个人剂量监测

本项目辐射工作人员个人剂量监测采取累积式个人剂量计监测为主，个人剂量报警仪为辅的方式进行。质子重离子治疗机房配备的个人剂量计和个人剂量报警仪均需具有监测X-γ和中子的功能。

个人剂量计用于对放射性工作人员和相关医护人员的常规个人剂量监测，医院为每名放射性工作人员配备了个人剂量计，进入辐射工作场所必须佩戴个人剂量计，委托有资质的单位监测，监测周期不超过90天。发现个人剂量监测结果异常的，应立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

个人剂量报警仪用于工作人员在治疗机房等控制区内部工作时使用，报警仪能够实时显示工作人员该次工作的受照剂量和场所的剂量率水平，能够进行实施剂量预警。医院安排专人负责个人剂量监测的管理，为进入控制区内工作的人员建立档案，每次在控制区内的工作结束后，由辐射安全专职管理人员负责回收个人剂量报警仪，并记录工作人员的工作时间和该次工作期间的受照剂量，统一汇总在该工作人员个人剂量档案中。

此外，医院对放射工作人员进行健康体检，两次体检的时间间隔不超过2年。

### 辐射安全管理

（1）辐射安全管理机构

医院拟设置专门的辐射安全与环境保护管理小组，组长由分管安全的医院领导担任，全面负责辐射防护和安全管理的领导工作；小组成员由医务处、质子重离子治疗科室、核医学科、放疗科等涉及核技术利用工作的科室领导和工作人员组成，具体承担辐射防护和安全管理的日常工作。本项目建成后，由该领导小组负责本项目相关的辐射安全和管理工作。

（2）辐射工作人员管理

本项目的辐射工作人员主要为辐射防护负责人、从事放射治疗的医生、物理师、技师以及核医学科的药剂师、技师、给药护士等。

建设单位制定了辐射工作人员培训计划，新从事辐射活动人员以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，必须通过生态环境部培训平台报名参加辐射安全与防护考核，考核合格后，方可上岗。

（3）辐射安全管理制度

为加强辐射安全管理，按照《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》等法规的要求，医院目前正在建立一系列辐射安全管理制度，主要内容涵盖《辐射安全管理组织机构及岗位职责》、《辐射安全保卫制度》、《辐射监测计划》、《个人剂量监测及健康档案管理制度》、《工作人员培训制度》、《放射性废物管理规定》、《操作规程》、《设备检查与维修制度》，建成后可满足辐射安全管理要求。

# 环境影响评价结论

项目的建设符合国家相关的法律规定和国家产业政策。建设项目目的明确、理由正当，同时具备了技术、人员和经费等条件。

环境影响预测结果表明，本项目运行时对周围环境的影响满足我国法规标准的要求。本项目在认真落实本报告书中的各项污染防治措施和管理措施后，将具备从事本次申请的核技术利用活动的技术能力和辐射安全防护能力，项目建成投入运行后对环境影响符合环境保护的要求，故从环境保护角度考虑，本项目的建设是可行的。

# 联系方式

（1）建设单位概要

建设单位名称：广东和祐康健医院有限公司

联系地址： 广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道尾和祐国际医院项目部

建设单位联系人：胡工

建设单位联系电话：0757-26331709

E-mail：[hubx9@midea.com](mailto:hubx9@midea.com)

（2）环评机构概要

环评机构名称：中国原子能科学研究院

环评机构地址：北京市房山区新镇北坊

环评机构联系人：刘工

环评机构联系方式：010-69359056

E-mail：[1976810413@qq.com](mailto:1976810413@qq.com)

邮编：102413