厦门弘爱医院 ^{90}Y 树脂微球治疗项目

竣工环境保护验收监测报告表

（公示版）

建设单位：厦门弘爱医院

编制单位：厦门亿科特检测技术有限公司

2024 年 5 月

目录

表一　项目基本情况 1
表二　工程建设内容 6
表三　辐射安全与防护设施/措施 6
表四　建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 45
表五　验收监测质量保证及质量控制 50
表六　验收监测内容 51
表七　验收监测 54
表八　验收监测结论 63
附件 66

表一　项目基本情况

<table>
<tr><td>建设项目名称</td><td colspan="5">厦门弘爱医院 ^{90}Y 树脂微球治疗项目</td></tr>
<tr><td>建设单位名称</td><td colspan="5">厦门弘爱医院</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="5">☑新建 □改建 □扩建</td></tr>
<tr><td>建设地点</td><td colspan="5">福建省厦门市湖里区仙岳路 3777 号
门诊综合大楼负一层核医学科、三层 1#导管室
二号住院楼十层留观（21014、21015）病房</td></tr>
<tr><td rowspan="3">源项</td><td>放射源</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>非密封放射性物质</td><td colspan="4">门诊综合大楼负一层核医学科日等效最大操作量为 3.83×10^{9}Bq，其中 ^{90}Y 日等效最大操作量为 6.0×10^{7}Bq；
^{90}Y（门诊综合大楼三楼 1#导管室，日等效最大操作量为 5.0×10^{7}Bq，和 ^{99m}Tc 不同一天操作）；
^{99m}Tc（门诊综合大楼三楼 1#导管室，日等效最大操作量为 3.7×10^{5}Bq，和 ^{90}Y 不同一天操作）</td></tr>
<tr><td>射线装置</td><td colspan="4">1 台 DSA（型号：UNIQ Clarity FD20）</td></tr>
<tr><td>建设项目环评批复时间</td><td>2023 年 3 月 3 日</td><td>开工建设时间</td><td colspan="3">本项目利用原有场所开展工作，不涉及施工建设，无施工期</td></tr>
<tr><td>取得辐射安全许可证时间</td><td>2023 年 3 月 17 日</td><td>项目投入运行时间</td><td colspan="3">2024 年 5 月</td></tr>
<tr><td>辐射安全与防护设施投入运行时间</td><td>2024 年 5 月</td><td>验收现场监测时间</td><td colspan="3">2023 年 3 月 23 日（监测期间部分辐射工作人员尚未取得核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，其余防护设施/措施均投入运行，不影响验收现场监测结果）</td></tr>
<tr><td>环评报告表审批部门</td><td>福建省生态环境厅</td><td>环评报告表编制单位</td><td colspan="3">江苏辐环环境科技有限公司</td></tr>
<tr><td>环保设施设计单位</td><td>本项目利用原有场所开展工作，不涉及施工建设，无环保设施设计单位</td><td>环保设施施工单位</td><td colspan="3">本项目利用原有场所开展工作，不涉及施工建设，无环保设施设计单位</td></tr>
<tr><td>投资总概算</td><td>***万元</td><td>辐射安全与防护设施投资总概算</td><td>***万元</td><td>比例</td><td>***%</td></tr>
<tr><td>实际总概算</td><td>***万元</td><td>辐射安全与防护设施投资总概算</td><td>***万元</td><td>比例</td><td>***%</td></tr>
<tr><td>验收依据</td><td colspan="5">1、建设项目环境保护相关法律、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九号，2015 年 1 月 1 日起施行；
（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 修订），中华人民共和国主席令第七十七号，2018 年 12 月 29 日起施行；
（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六</td></tr>
</table>

	号，2003 年 10 月 1 日起施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； （6）《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），中华人民共和国环境保护部令第 3 号，2021 年 1 月 14 日起施行； （9）《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 6 日起施行； （10）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》环保部，环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日； （11）《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》，环境保护总局文件，环发〔2006〕145 号文，2006 年 9 月 26 日； （12）《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）>的通知》，环办〔2013〕73 号，2013 年 11 月 14 日； （13）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》中华人民共和国生态环境部，2019 年 12 月 23 日； （14）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部，部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （15）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 日印发； （16）《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日施行； （17）《关于发布<放射性废物分类>的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工部公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日实施； （18）《福建省环保厅关于加强放射源废物（源）收贮管理工作的通知》，2017 年 5 月； （19）《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10 号，2013 年 3 月 15 日。 2、建设项目环境保护相关规章制度

	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （2）《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）； （3）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）； （4）《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）； （5）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （6）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （8）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）； （9）《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ 158-2003）； （10）《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）； （11）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （12）《核医学科放射防护要求》（GBZ 120-2020）； （13）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （14）《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020）。 3、建设项目竣工环境保护验收技术规范 （1）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）。 4、建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定 （1）《核技术利用建设项目 厦门弘爱医院 ^{90}Y 树脂微球治疗项目环境影响报告表》（江苏辐环环境科技有限公司）； （2）《福建省生态环境厅关于批复厦门弘爱医院 ^{90}Y 树脂微球治疗项目环境影响报告表的函》（闽环辐评〔2023〕5 号）。
验收执行标准	1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 本标准适用于实践和干预中人们所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。 （1）4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。 B1.1 职业照射 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。

B1.2 公众照射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，若 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

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 1.1（标准的表 B11）所列。

表 1.1 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm^2

表面类型		**β放射性物质（Bq/cm^2）**
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 1)	4×10^1
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}
1）该区内的高污染子区除外。		

（2）附录 C 非密封源工作场所的分级

应按表 1.2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 1.2 非密封源工作场所的分级

级别	**日等效最大操作量/Bq**
甲	＞4×10^9
乙	2×10^7～4×10^9
丙	豁免活度值以上 ～2×10^7

2、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

4 总则

4.2 辐射工作场所分级

应按照 GB 18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A（标准的附录 B）。

4.3 辐射工作场所分区

4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

4.4 剂量限值与剂量约束值

4.4.1 剂量限值

核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相

关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5 mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。

4.4.3 放射性表面污染控制水平

核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB 18871 执行。

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

7 放射性废物的管理

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

3、管理目标

本项目管理目标：辐射工作人员剂量约束值为 5mSv/a，公众剂量约束值为 0.1mSv/a

表二　工程建设内容

一、项目建设内容：

1.建设单位情况

厦门弘爱医院是由厦门建发集团有限公司发起设立厦门仁爱医疗基金会，并以基金会为投资主体建设的一家集医疗、急救、预防、保健、康复、教学、科研于一体的现代化大型非营利性三级综合性医院。医院位于福建省厦门市湖里区仙岳路 3777 号，规划占地 126 亩，总建筑面积 33 万平方米。医院于 2018 年 9 月正式投入运营。医院共设有包括神经内科、介入治疗科、病理科、医学影像中心、肿瘤中心等在内的 42 个临床医技科室。目前医院配备了医用直线加速器、模拟定位机、PET/CT、SPECT、DSA 等医疗设备，开展了 X 射线诊断、放射治疗、核医学诊疗等放射诊疗活动。

2.项目建设内容和规模

为了更好地为患者服务，医院拟开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，借助介入科 1#导管室内的 UNIQ Clarity FD20 型 DSA 的血管造影技术将 ^{90}Y 树脂微球通过肝动脉插管直接输注至肿瘤病灶，达到肝癌治疗的目的；并把二号住院楼 10 层两间病房设置为 ^{90}Y 树脂微球患者专用留观病房；^{99m}Tc 的贮存、扫描及 ^{90}Y 的贮存、分装与扫描依托于门诊综合大楼负一楼核医学科工作场所。

2.1 依托工程内容

2.1.1 门诊综合大楼负一层核医学科

医院门诊综合大楼负一层核医学科已取得原福建省环境保护厅批复文件（闽环辐评〔2016〕16 号、闽环辐评〔2021〕15 号），并分别于 2020 年 11 月、2021 年 11 月对 ^{18}F、^{99m}Tc、^{131}I、^{32}P、^{125}I 粒籽源完成自主验收，其中表 2.1 中的 ^{90}Y 和 ^{32}P 扩项于 2021 年通过登记表备案，原已许可的核素及用量详见表 2.1。

表 2.1　厦门弘爱医院原已许可的核素及用量一览表

序号	核素名称	日等效最大操作量（Bq）
1	^{90}Y	1.5×10^{8}
2	^{201}TI	9.25×10^{5}
3	^{99m}Tc	5.55×10^{7}
4	^{89}Sr	7.4×10^{6}
5	^{32}P	2.31×10^{8}
6	^{15}O	7.4×10^{7}
7	^{13}N	7.4×10^{7}
8	^{99}Mo	7.4×10^{7}
9	^{131}I	3.15×10^{9}
10	^{125}I 粒籽源	3.7×10^{6}
11	^{67}Ga	1.85×10^{7}
12	^{18}F	7.4×10^{7}
13	^{11}C	7.4×10^{7}
总日等效最大操作量		3.92×10^{9}

2.2.2 门诊综合大楼三楼 1#导管室

医院在门诊综合大楼三楼 1#导管室内使用一台 UNIQ Clarity FD20 型 DSA，已取得原福建省环境保护厅批复文件（闽环辐评〔2016〕16 号），并于 2020 年 11 月完成自主验收。医院借助 1#导管室内的 UNIQ Clarity FD20 型 DSA 的血管造影技术将 ^{90}Y 树脂微球通过肝动脉插管直接输注至肿瘤病灶，达到肝癌治疗的目的。

2.2 本项目建设内容

2.2.1 核医学科

本项目使用的放射性核素包括 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y，核医学科现已许可的 ^{99m}Tc 量已能够满足核医学科 SPECT 诊断项目和本项目的量，因此 ^{99m}Tc 量维持不变；本项目借助核医学科现有的分装室等场所，对 ^{90}Y 进行抽取、活度测量和扫描活动，不增加场所和改变场所屏蔽和布局。核医学科原已许可的 ^{90}Y（日等效最大操作量为 $1.5\times10^{8}Bq$）不能满足本项目的使用，因此取消并更改为使用本项目 ^{90}Y 树脂微球（日等效最大操作量为 $6.0\times10^{7}Bq$）。

综上，本项目运行后核医学科日等效最大操作量为 $3.83\times10^{9}Bq$（3.92×10^{9}-1.5×10^{8}+6.0×10^{7}），仍属于 GB18871 中乙级非密封放射性物质工作场所范围（$2\times10^{7}Bq$~$4\times10^{9}Bq$）。

2.2.21#导管室

1#导管室使用 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 两种核素，核素经工作人员从核医学科运送到本项目 1#导管室。本项目每天最大治疗患者数 2 人，每年最大治疗患者数 200 人。患者在 1#导管室介入条件下注射 ^{99m}Tc 核素最大活度为 5mCi/人，^{99m}Tc 日最大操作量 $3.7\times10^{8}Bq$，^{99m}Tc 日等效最大操作量 $3.7\times10^{5}Bq$。患者在 1#导管室介入条件下注射 ^{90}Y 核素最大活度为 $2.5\times10^{9}Bq$/人，^{90}Y 日最大操作量 $5\times10^{9}Bq$，^{90}Y 日等效最大操作量 $5.0\times10^{7}Bq$。根据本项目治疗流程，本项目 1#导管室内 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 不同一天操作（一般间隔 1~2 周），根据医院提供的资料，亦不存在 1#导管室内 2 位患者同一天操作 ^{99m}Tc、^{90}Y 的情况，因此日等效最大操作量不叠加。

综上，本项目 1#导管室内日等效最大操作量 $5.0\times10^{7}Bq$，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

2.2.3 留观病房

本项目已将二号住院楼十层 21014、21015 两间病房设置为 ^{90}Y 树脂微球患者专用留观病房。

医院于 2022 年 7 月委托江苏辐环环境科技有限公司对本项目进行环境影响评价工作；于 2023 年 3 月 3 日取得福建省生态环境厅的批复（闽环辐评〔2023〕5 号），且于 2023 年 3 月为本项目向福建省生态环境厅重新申领了辐射安全许可证（许可证编号：闽环辐证〔00292〕），于 2024 年 1 月向福建省生态环境厅申请延续，许可的种类和范围有：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，乙级非密封放射性物质工作场所，现核技术利用项目许可情况明细见表 2.2 至表 2.4。

医院于 2023 年 3 月 20 日委托厦门亿科特检测技术有限公司开展竣工环保验收调查和监测工作，接受委托后我公司派专业技术人员开展现场调查和监测，并形成验收监测报告表。

表 2.2　厦门弘爱医院核技术利用项目已许可放射源明细表

序号	辐射活动场所名称	核素	类别	总活度（贝克）/活度（贝克）×枚数	环评情况	验收情况
1	地下一楼放射治疗科	^{192}Ir	Ⅲ类	3.7×10^{11}	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16 号）	已验收
2	地下一楼核医学科	^{22}Na	Ⅴ类	$3.7\times10^{6}\times2$		未开展/未投入使用
3		^{68}Ge	Ⅴ类	$5.5\times10^{7}\times1$		已验收
4		^{68}Ge	Ⅴ类	$3.5\times10^{6}\times1$		已验收
5		^{137}Cs	Ⅴ类	$1.11\times10^{6}\times2$		未开展/未投入使用
6		^{90}Sr	Ⅴ类	$1.48\times10^{9}\times1$	已备案	未开展/未投入使用

表 2.3　厦门弘爱医院核技术利用项目已许可非密封放射性物质明细表

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量（贝克）	环评情况	验收情况
1	地下一楼核医学科	乙级	^{99m}Tc	5.55×10^{7}	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16 号）	已验收
2			^{13}N	7.4×10^{7}		未开展/未投入使用
3			^{201}TI	9.25×10^{5}		
4			^{11}C	7.4×10^{7}		
5			^{15}O	7.4×10^{7}		
6			^{99}Mo	5.92×10^{6}		
7			^{125}I 粒籽源	3.7×10^{6}		已验收
8			^{18}F	7.4×10^{7}		已验收
9			^{32}P	2.31×10^{8}	已取得环评批复（闽环辐评〔2021〕15 号）并已备案	第一批已验收，第二批已备案
10			^{131}I	3.15×10^{9}	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16 号、闽环辐评〔2021〕15 号）	已验收
11			^{90}Y	3.83×10^{9}	已取得环评批复（闽环辐评〔2023〕5 号）	此次竣工环保验收内容
12			^{89}Sr	7.4×10^{6}	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16 号）	未开展/未投入使用
13			^{67}Ga	1.85×10^{7}	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16 号）	
14	三楼血管造影室	乙级	^{90}Y	5.0×10^{7}	已取得环评批复（闽环辐评〔2023〕5 号）	此次竣工环保验收内容

表 2.4　厦门弘爱医院核技术利用项目已许可射线装置明细表

序号	辐射活动场所名称	机房名称	射线装置名称	类别	数量	使用情况	环评情况	验收情况
1	地下一楼放射治疗科	4#加速器机房	医用电子直线加速器	Ⅱ类	1 台	未安装	已取得环评批复（闽环辐评〔2018〕5 号）	未开展/未投入使用
2		3#加速器机房	医用电子直线加速器	Ⅱ类	1 台	未安装	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16 号）	
3		2#加速器机房	医用电子直线加速器	Ⅱ类	1 台	已安装		已验收

序号	辐射活动场所名称	机房名称	射线装置名称	类别	数量	使用情况	环评情况	验收情况
4	地下一楼核医学科	PET/CT机房	单光子发射断层扫描装置	Ⅲ类	1台	已安装	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16号）	已验收
5		SPECT机房	正电子放射断层及X射线计算机体层摄影成像系统	Ⅲ类	1台	已安装		已验收
6	三楼血管造影室	1#导管室	DSA	Ⅱ类	1台	已安装	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16号）	已验收
7		2#导管室	DSA	Ⅱ类	1台	未安装	已取得环评批复（闽环辐评〔2016〕16号）	未开展/未投入使用
8	四楼手术室	DSA杂交手术室	DSA	Ⅱ类	1台	未安装	已取得环评批复（闽环辐评〔2018〕5号）	
9	5号楼	/	硼中子俘获治疗系统	Ⅱ类	1台	已安装	已取得环评批复（闽环辐评〔2019〕49号）	正开展竣工环保验收中，本项目不涉及
10	地下一楼放射治疗科、二楼泌尿外科、二楼内镜中心、二楼体检中心、三楼口腔科、一楼放射诊断科、一楼急诊科、		震波碎石机、移动DR、牙片机、体检CT、乳腺钼靶机、口腔颌面锥形束计算机体层摄影、急诊CT、骨密度仪、C型臂等	Ⅲ类	21台	使用	已备案	/

3.总平面布置

厦门弘爱医院建设于厦门市湖里区仙岳路3777号，地理位置详见图2-1，平面布局、周围环境详见图2-2。门诊综合大楼位于医院东侧，共计七层，包括地下两层（加速器区域仅有地下一层）和地上五层。该门诊综合大楼北部区域的六层以上加建医院住院楼（6~17层）。门诊综合大楼东侧依次为院内道路、绿化、医院东围墙，围墙外为金山路；南侧依次为规划支路、公共绿地、仙岳路；西侧依次为院内道路、康复中心楼和三号住院楼；北侧依次为院内绿化、道路、医院北围墙，围墙外为金山西路。

本项目核医学科位于门诊综合大楼负一层，负一层平面布局详见图2-3。核医学科（SPECT部分）及其楼上、楼下平面布局分别详见图2-5至图2-7，50m范围内东侧为核医学科（PET部分、^{131}I甲癌治疗部分）、直线加速器机房、大楼边界及院内道路，南侧为医生办公室及停车场，西侧为住院药库，北侧为医生办公室、模拟CT机房、大楼边界、院内道路、金山西路，楼上为急诊大厅、抢救室，楼下为车库、仓库、电梯厅及机房。

本项目 1#导管室位于门诊综合大楼三层，三层平面布局详见图 2-4。1#导管室及其楼上、楼下平面布局详见图 2-9 至图 2-11，50m 范围内东侧为大楼边界、院内道路，南侧为控制室、预留机房、配电房及电梯厅，西侧为走廊、FISH 操作室及医生办公室，北测为医生办公室、机房、大楼边界及院内道路，楼下为胃镜室及走廊，楼上为手术室及配套用房。

留观病房位于二号住院楼十层，十层平面布局详见图 2-5。留观病房及其楼上、楼下平面布局详见图 2-12 至图 2-14，50m 范围内东侧为普通病房，南侧为二号住院楼边界，再往南为门诊综合大楼，西侧为二号住院楼边界，再往西为康复中心及三号住院楼，北侧为楼梯间、大楼边界、院内道路、金山西路，楼下为病房，楼上为病房。

本项目 50m 范围内无学校或居民区等环境敏感点，均在医院院内或属公共道路。

图 2-1　医院地理位置示意图

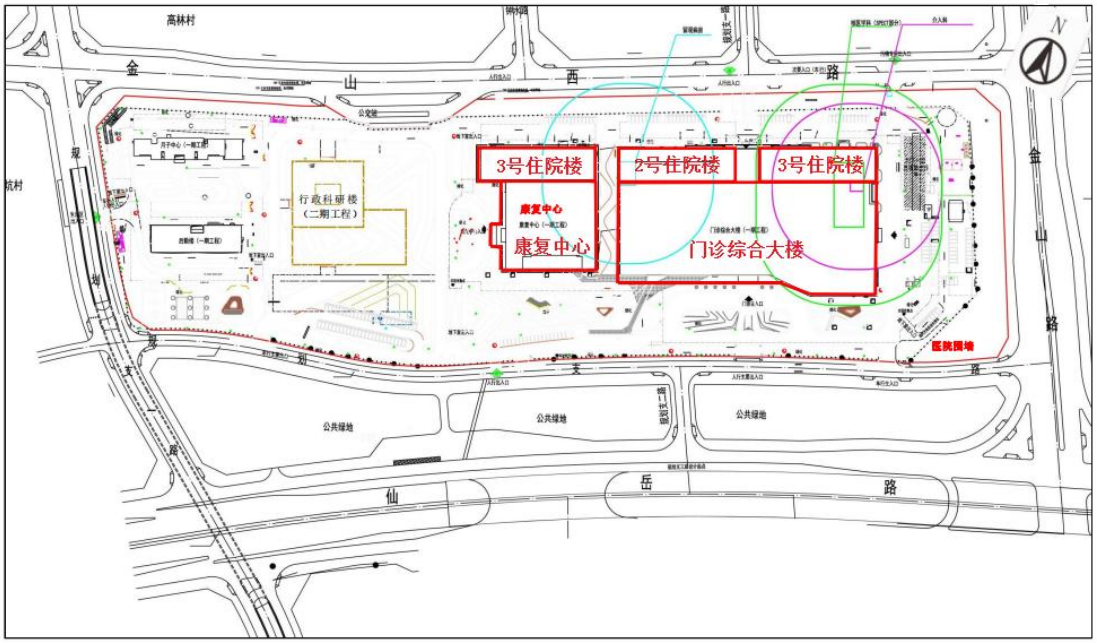

图 2-2　医院平面布局、周围环境示意图

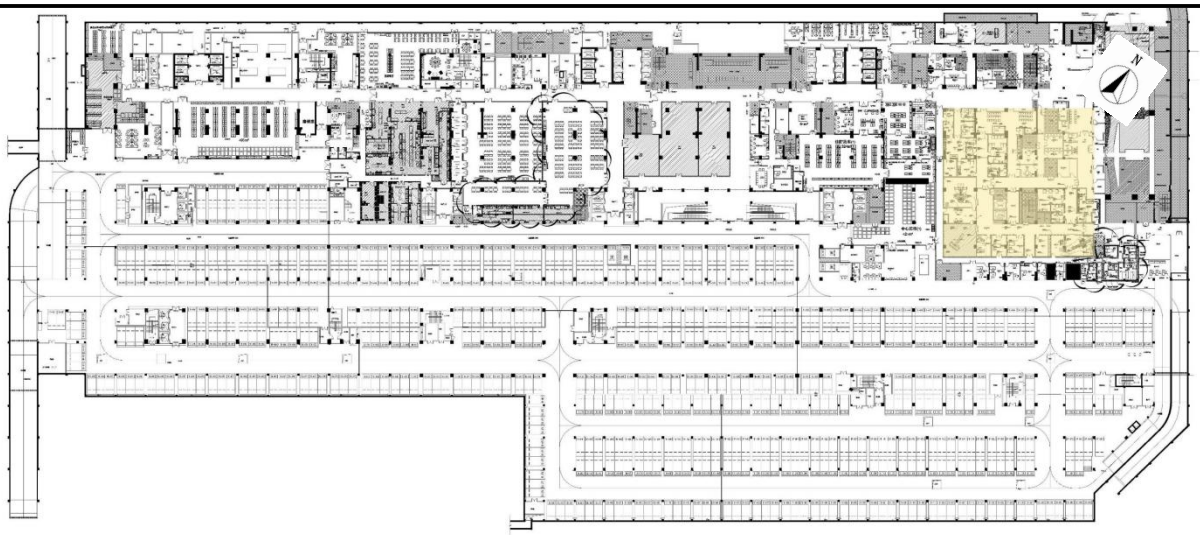

图 2-3　门诊综合大楼负一层平面布局图（黄色区域为核医学科工作区）

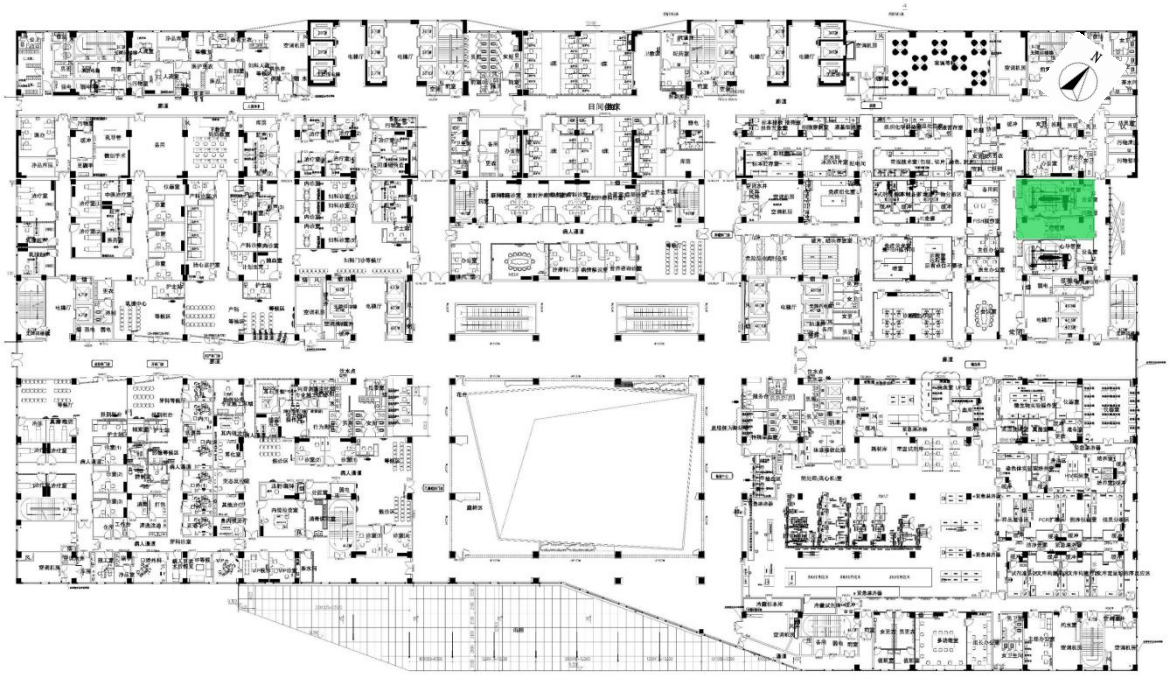

图 2-4　门诊综合大楼三层平面布局图（绿色区域为 1#导管室工作区）

图 2-5　二号住院楼十层平面布局图（红色区域为 21014、21015 两间病房）

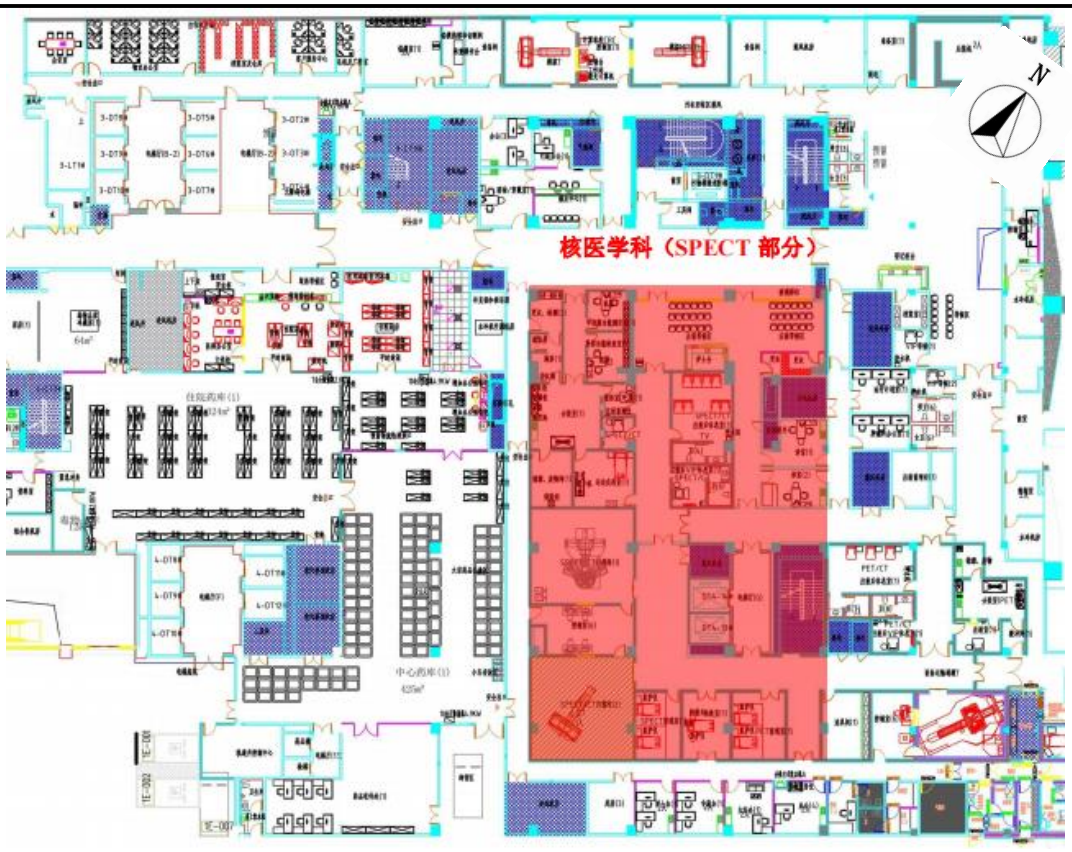

图 2-6　核医学科平面布局图

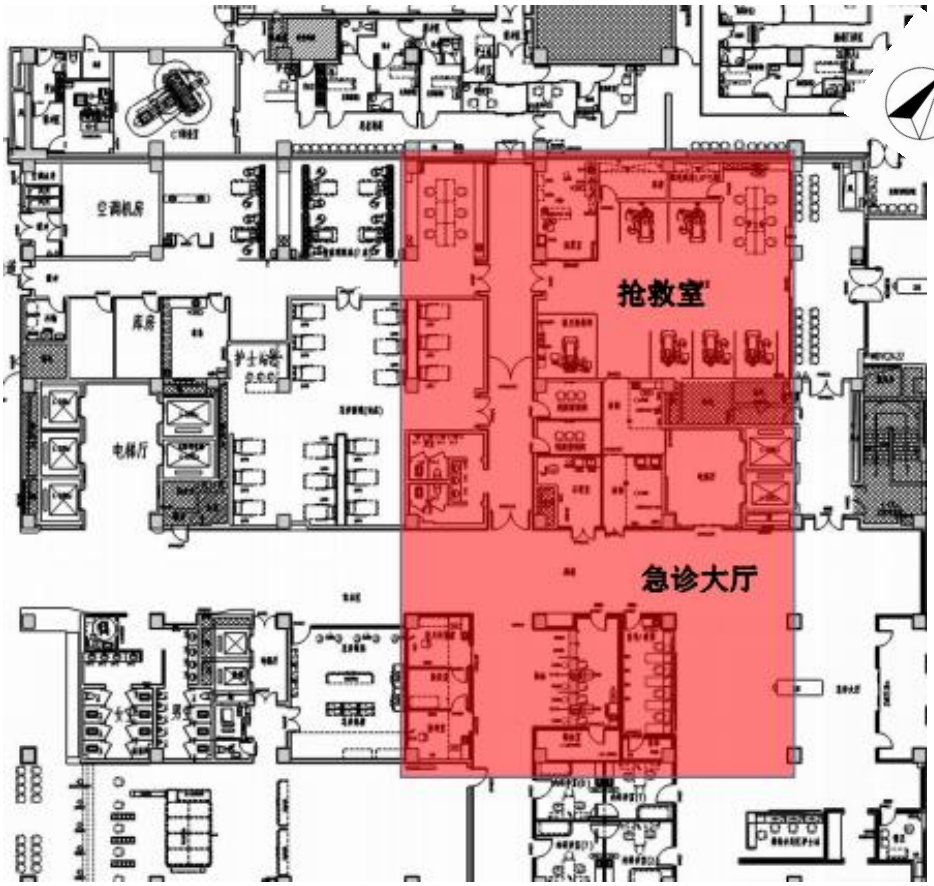

图 2-7　核医学科楼上平面布局图

图 2-8　核医学科楼下平面布局图

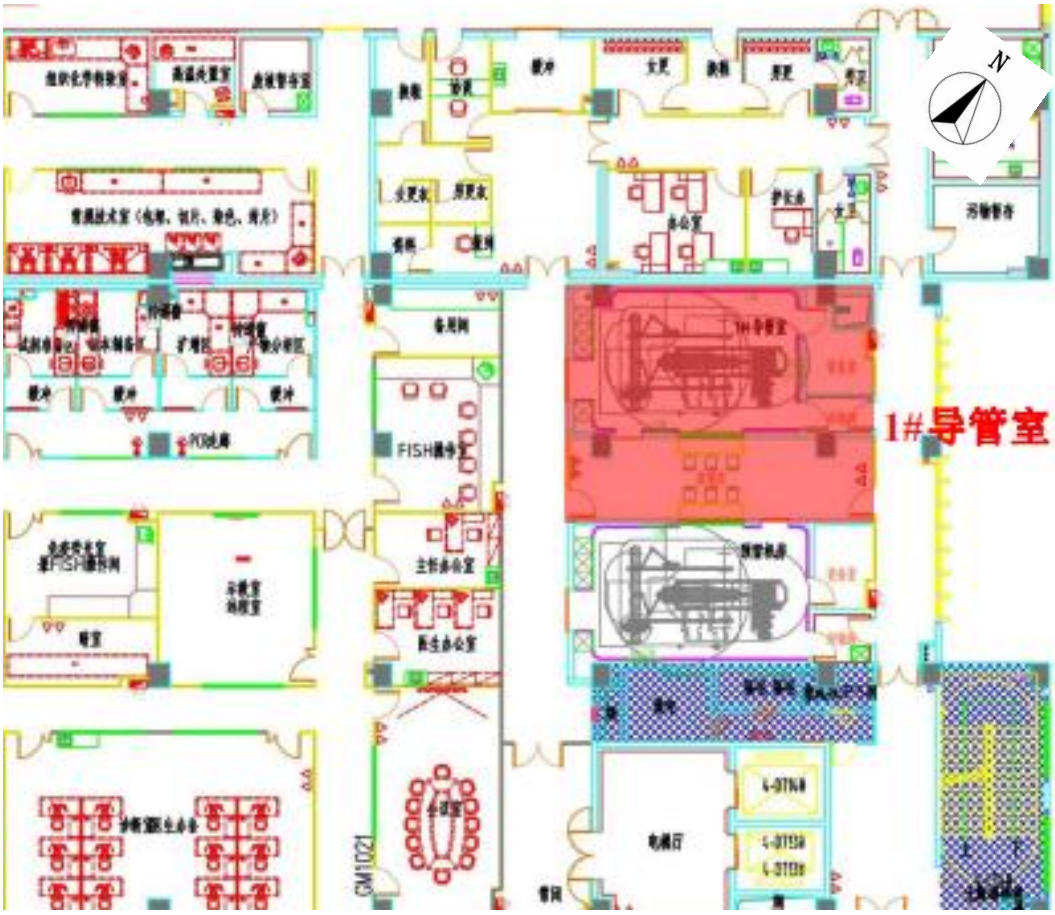

图 2-9　1#导管室平面布局图

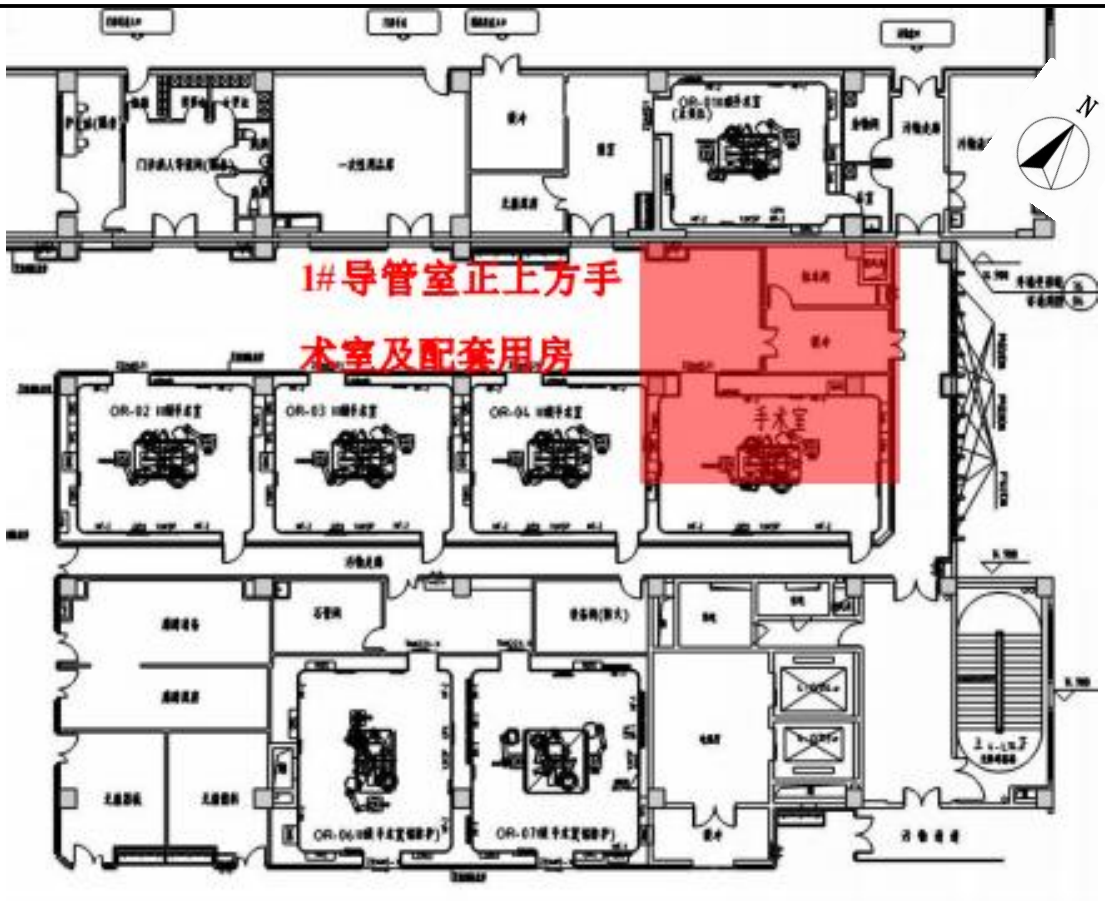

图 2-10　1#导管室楼上平面布局图

图 2-11　1#导管室楼下平面布局图

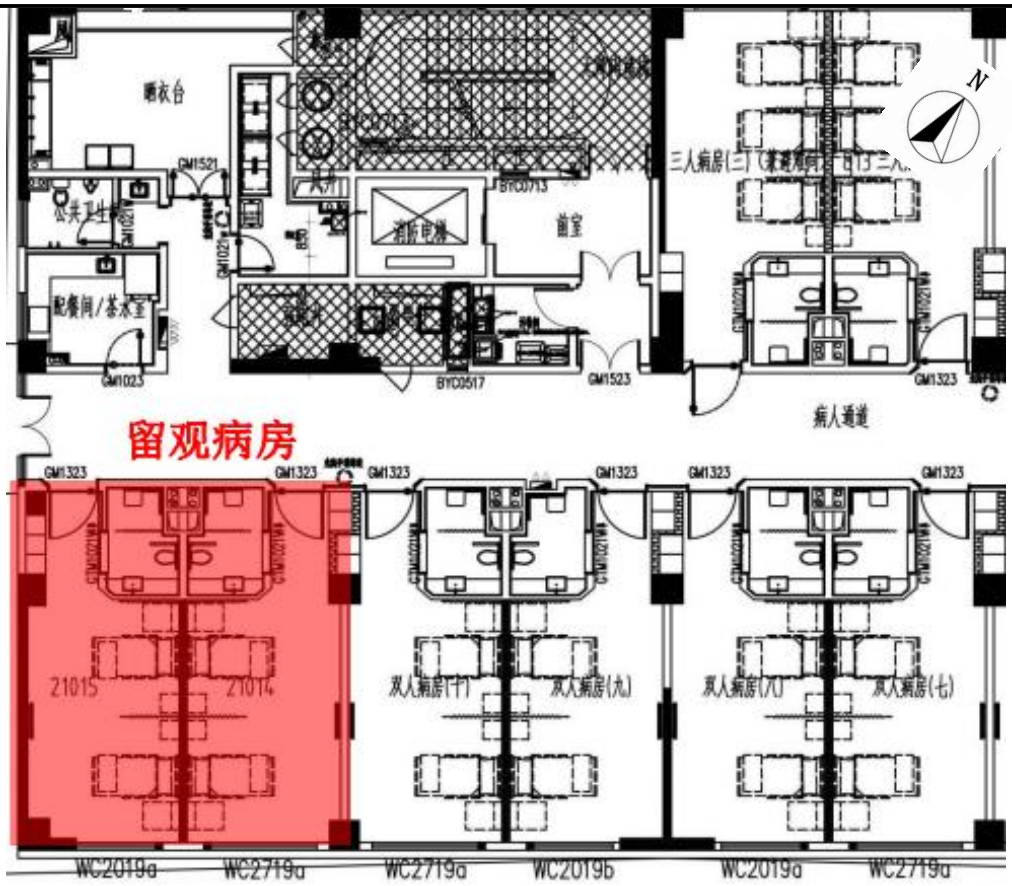

图 2-12　留观病房平面布局图

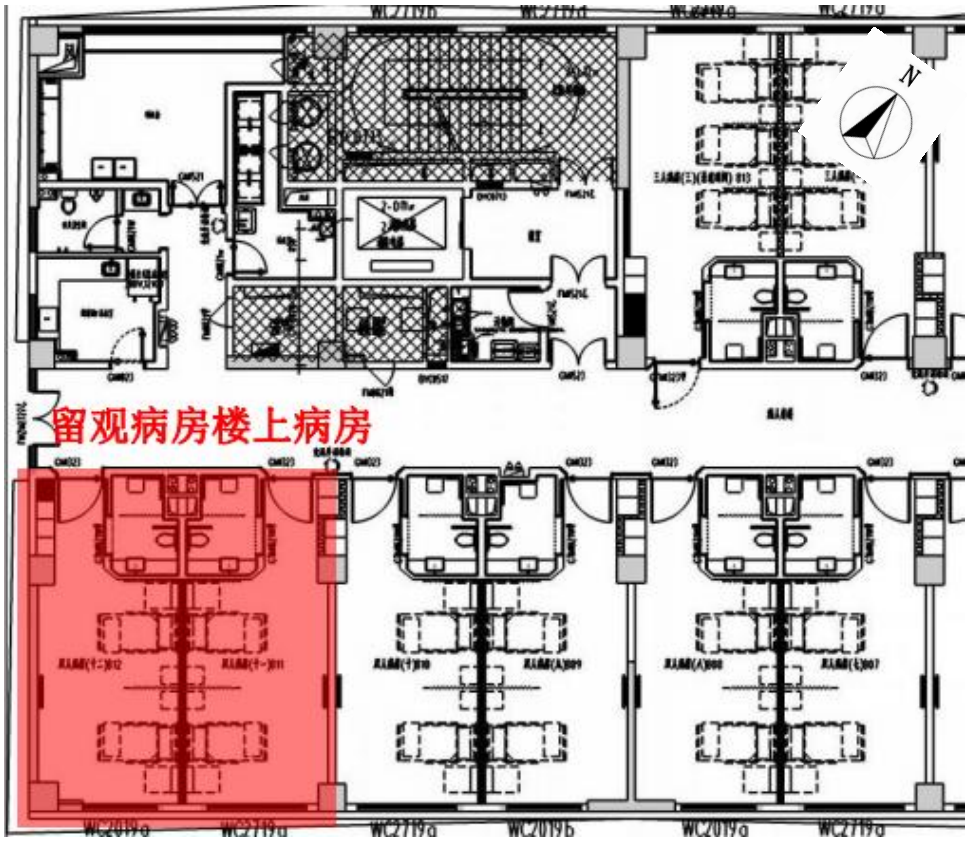

图 2-13　留观病房楼上平面布局图

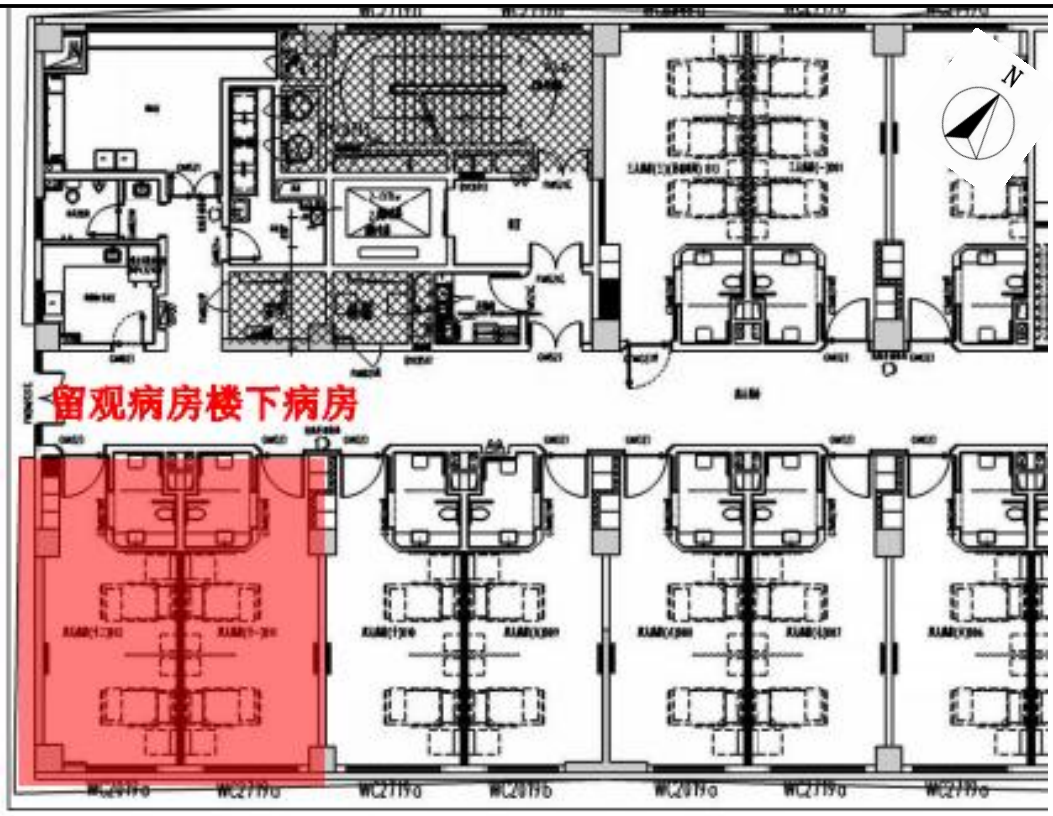

图 2-14　留观病房楼下平面布局图

4.主要环境保护目标

本次验收参照环境影响报告表中提出的环境保护目标作为验收的监测点位，并在原环评报告的基础上通过现场踏勘进一步对项目周围环境保护目标进行了识别，确定了本次验收的环境保护目标。本项目涉及的环境保护目标情况详见表 2.5。

表 2.5　验收调查范围内主要环境保护目标

保护目标名称		方位	最近距离	规模	年剂量约束值
^{90}Y 治疗场所（1#导管室）					
辐射工作人员		1#导管室及控制室内	紧邻	7 人	5mSv/a
门诊综合大楼	医护人员	四周及上下	0.3m	约 100 人	0.1mSv/a
	患者及患者家属			流动人口	
院内道路行人		门诊综合大楼东侧及北侧	约 15m	流动人口	
核医学科（SPECT 部分）					
辐射工作人员		工作场所内	紧邻	4 人	5mSv/a
门诊综合大楼	医护人员	四周及上下	0.3m	约 100 人	0.1mSv/a
	患者及患者家属			流动人口	
院内道路行人		门诊综合大楼东、南及北侧	约 15m	流动人口	
金山西路行人		门诊综合大楼北侧	约 45m	流动人口	

保护目标名称		方位	最近距离	规模	年剂量约束值
^{90}Y 治疗留观病房					
辐射工作人员		病房东侧护士站	约 33m	2 人	5mSv/a
二号住院楼	医护人员	四周及上下	0.3m	约 100 人	0.1mSv/a
	患者及患者家属			流动人口	
康复中心及三号住院楼	医护人员	二号住院楼西侧	约 16m	约 50 人	
	患者及患者家属			流动人口	
院内道路行人		二号住院楼北侧	约 15m	流动人口	
金山西路行人		二号住院楼北侧	约 45m	流动人口	

5.工程建设变化情况

经现场调查及收集有关资料文件可知，厦门弘爱医院本次验收项目与环评阶段对比，建设性质、地点、规模、辐射活动种类保持一致，辐射安全与防护设施基本保持一致，与环评相比，部分防护设施和个人防护用品有变动，该变动不属于重大变动，不影响验收，目前配备的防护设施和个人防护用品满足本项目使用。

表 2.6　本项目规模对比情况一览表

工程建设	环评阶段	验收阶段	对比情况
性质	新建	新建	一致
地点	福建省厦门市湖里区仙岳路 3777 号门诊综合大楼负一层核医学科、三层 1#导管室，二号住院楼十层 21014、21015 两间病房	福建省厦门市湖里区仙岳路 3777 号门诊综合大楼负一层核医学科、三层 1#导管室，二号住院楼十层 21014、21015 两间病房	一致
规模	拟开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，用于肝癌治疗。在医院门诊综合大楼负一层核医学科内的分装室等场所对 ^{90}Y 进行贮存、抽取、活度测量和扫描活动，日等效最大操作量为 3.83×10^{9}Bq；在大楼三层的 1#导管室内使用 DSA 机对病人注射 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 核素（两种核素不同一天操作），日等效最大操作量为 5.0×10^{7}Bq；将二号住院楼十层两间病房设置为树脂微球治疗患者专用留观病房	开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，用于肝癌治疗。在医院门诊综合大楼负一层核医学科内的分装室等场所对 ^{90}Y 进行贮存、抽取、活度测量和扫描活动，^{90}Y 日等效最大操作量为 6.0×10^{7}Bq，门诊综合大楼负一层核医学科日等效最大操作量为 3.83×10^{9}Bq；在大楼三层的 1#导管室内使用 DSA 机对病人注射 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 核素（两种核素不同一天操作），日等效最大操作量为 5.0×10^{7}Bq；将二号住院楼十层两间病房设置为树脂微球治疗患者专用留观病房	一致
辐射活动种类和范围	使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。	使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。	一致
辐射安全与防护设施	详见表三　辐射安全与防护设施/措施	详见表三　辐射安全与防护设施/措施	基本一致

二、源项情况

本项目放射性核素特性详见表 2.7，使用的射线装置参数详见表 2.8，辐射源项详见表 2.9。

表 2.7　放射性核素特性一览表

核素种类	半衰期	日等效最大操作量	年操作量	毒性组别	毒性因子	物理状态	操作方式	暂存场所
^{99m}Tc	6.02h	3.7×10^{5}Bq	3.7×10^{10}Bq	低毒	0.01	液态	很简单操作	储源室
^{90}Y	2.67d	负一层核医学科：6.0×10^{7}Bq；三层 1#导管室：5.0×10^{7}Bq	负一层核医学科：6.0×10^{11}Bq；三层 1#导管室：5.0×10^{11}Bq	中毒	0.1	液态	很简单操作	储源室

表 2.8　使用的射线装置参数一览表

序号	装置名称	生产厂家	型号	出厂编号	性能参数	使用场所	辐射源项	备注
1	SPECT	GE	Discovery NM630	630X22897	——	SPECT 机房	——	现有设备
2	DSA	PHILIPS	UNIQ Clarity FD20	1793	125kV/813mA	1#导管室	X 射线	现有设备

表 2.9　辐射源项的分布

序号	工作场所或操作过程	主要辐射源项
1	分装室（分装、活度测量）	放射性药物（β射线、γ射线）
2	药物转移	放射性药物（β射线、γ射线）
3	1#导管室（注射、血管造影）	受检者（β射线、γ射线、X 射线）
4	SPECT 机房（扫描检查）	受检者（β射线、γ射线）
5	受检者检查完成离开和转移过程	受检者（β射线、γ射线）
6	留观病房（留观）	受检者（β射线）

三、主要工艺流程及产污环节

1.工程设备

本项目每瓶 ^{90}Y 树脂微球到医院的活度为 3.0×10^{9}Bq（3GBq），^{90}Y 树脂微球剂量瓶外含 1 个透明的有机玻璃瓶防护罩，放置在具有 6.4mm 铅当量的防护罐中，防护罐置于一塑料小桶内，小桶放置在货包中。每个货包最多放置两个装有 ^{90}Y 树脂微球的小桶。

图 2-15　^{90}Y 树脂微球货包图

2.工艺分析

2.1 工作原理

^{90}Y 半衰期为 2.67 天，是通过化学方法从锶-90 中提取，将其离子键结合在树脂微球上制成的微小颗粒，药物为悬浮液形式，通过选择性动脉插管的方法将载有 ^{90}Y 放射性核素的颗粒注入肿瘤血管，使 ^{90}Y 滞留于肿瘤组织内达到足够剂量杀死肿瘤细胞，此微球具有不能通过毛细血管网，且不被巨噬细胞所吞噬，生物相容性好、无毒、核素衰变基本完成后，微球开始生物降解而不再栓塞的特点。^{90}Y 发出的β射线最大能量为 2.284MeV，平均能量为 0.934MeV，在人体组织中的最大射程为 11mm。

^{90}Y 树脂微球是一款靶向放射治疗产品，由含有 ^{90}Y 的生物相容性树脂微球组成，直径为 20-60μm，密度约为 1.6g/cm^3，比重 1.6（血液 1.097），可随血液滞留于肿瘤末梢血管，持续照射以达到治疗的目的。该产品被广泛应用于肝癌的选择性体内放射治疗（SIRT）中，即在肝脏病灶处，通过靶向的大剂量高能量β辐射起到杀死癌细胞的目的，同时不伤害健康肝脏组织。被广泛用于手术治疗不可切除的肝癌。

2.2 工作流程

^{90}Y 树脂微球治疗项目以介入式治疗形式进行，树脂微球通过导管经由肝总动脉、右肝动脉或左肝动脉注射引导到肝脏肿瘤中，在输送到肝动脉后，树脂微球被选择性地输送并停留在肿瘤的微血管中，发挥局部放射疗效，具体手术步骤如下：

1、第一阶段

在治疗前 7~14 天需使用锝标记聚合白蛋白（^{99m}Tc-MAA）注入肝动脉，以评估患者是否适合此项治疗。该阶段锝标记聚合白蛋白（^{99m}Tc-MAA）注射过程在门诊综合大楼三楼 1#导管室内完成，其原理为：锝标记聚合白蛋白（^{99m}Tc-MAA）为一种对人体无害的诊断用蛋白，分子大小近似 ^{90}Y 树脂微球，可模拟 ^{90}Y 树脂微球于体内分布的状态，确保 ^{90}Y 树脂微球会停驻在肝脏，而非其他器官，不会造成其他器官的放射性伤害。厦门弘爱医院本次新建 ^{90}Y 树脂微球治疗项目该阶段 ^{99m}Tc 放射性核素单人次使用量约为 5mCi，使用的锝标记聚合白蛋白（^{99m}Tc-MAA）为有资质供货商按照医院所需用量分装好的针剂。该阶段工作流程具体如下：

①提前 1 天填妥血管摄影同意书，并通知禁食 6~8 小时，送检前排空尿液。

②患者至 1#导管室（门诊综合大楼 3 楼）进行血管造影，确定肿瘤供血血管、必要时栓塞胃肠侧枝血管，微导管到达靶血管，由介入科医师进行 ^{99m}Tc-MAA 的缓慢注射，注射期间间断进行透视观察导管位置。

③注射完成后，生理盐水冲洗导管，撤出导管（需借助 DSA 出束照射），完成后续手术，评估患者状态。

④2h 内进入 SPECT 机房内接受 SPECT 扫描，扫描完成后，患者即可从患者专用通道离开。

⑤医生根据显像结果，了解锝标记聚合白蛋白（^{99m}Tc-MAA）在人体分布情况，确定患者是否适合 ^{90}Y 树脂微球治疗。

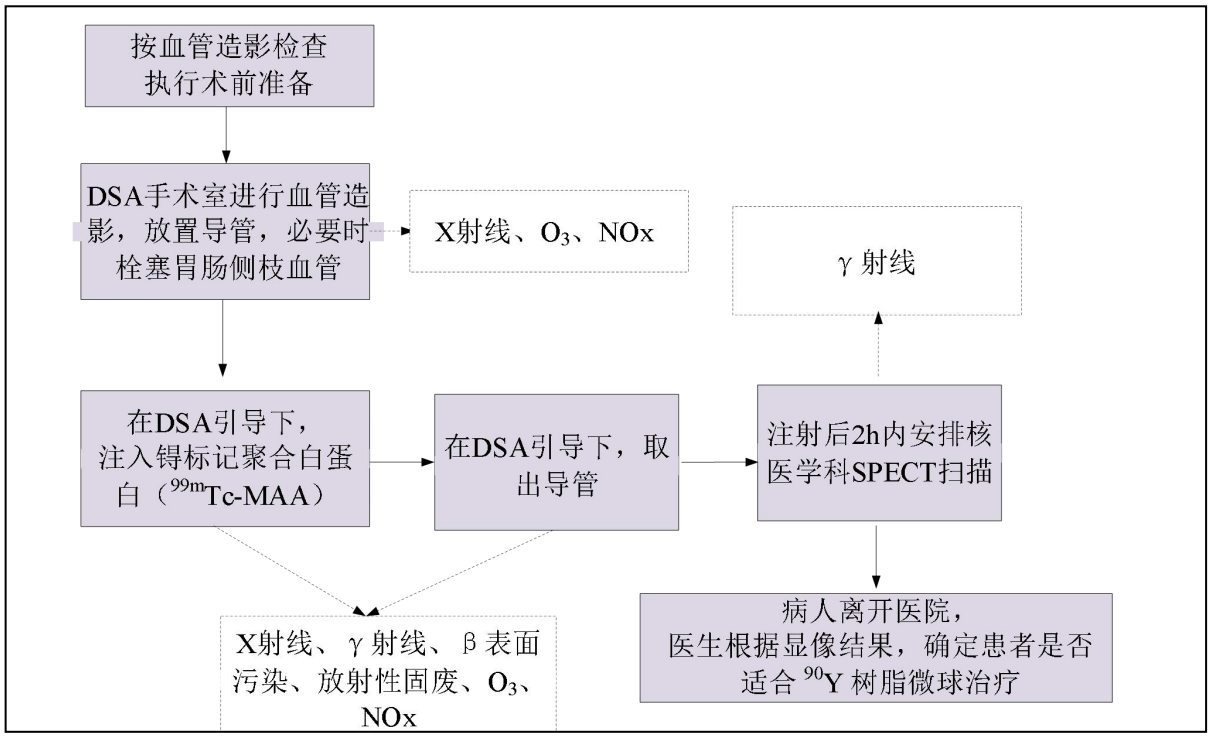

图 2-16　^{90}Y 树脂微球治疗第一阶段流程及产污环节

2、第二阶段

在第一阶段，若确定患者适合 ^{90}Y 树脂微球治疗，则需在 7~10 天内完成 ^{90}Y 树脂微球输注，医院根据患者具体情况，制定治疗方案及手术时间后，按照处方剂量向供货公司提前订购 ^{90}Y 树脂微球。^{90}Y 树脂微球剂量瓶外含 1 个透明的有机玻璃瓶防护罩，被放置在 1 个 6.4mmPb 铅罐内由供货商送入门诊综合大楼负一层，经核医学科人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药公司办理交接手续后，妥善放入核医学科储源室保险柜中。使用时根据患者情况确定需要的放射性药物活度，该阶段涉及到的 ^{90}Y 树脂微球操作过程包括放射性药物活度测量和抽取。图 2-17 给出 ^{90}Y 树脂微球准备环节基本过程。每剂 ^{90}Y 树脂微球在西林瓶中，总活度为 3.0×10^{9}Bq，容积约为 5ml。一般每位患者仅需注射 1.5×10^{9}~2.5×10^{9}Bq（1.5~2.5GBq）即可满足治疗需求，每位患者对应 1 瓶 ^{90}Y 树脂微球，剩余 ^{90}Y 树脂微球作为放射性固体废物进行处理。

测量时，先将无菌 V 型瓶置于 15mm 有机玻璃 V 架上，将 V 型瓶去除铝封并消毒，并在 V 型

瓶盖上插好通气针。工作人员手持内置 ^{90}Y 树脂微球西林瓶的防护罐（未打开）进行摇晃，持续时间大约 30s/例，以使微球重新悬浮。摇匀后，迅速打开防护罐盖子，使用长柄镊子夹取含 ^{90}Y 树脂微球的西林瓶放置在活度计测井内，测量 ^{90}Y 树脂微球总活度并进行记录。在分装柜铺有吸水纸的托盘内，打开铅罐盖子，用镊子去除西林瓶的铝封盖并消毒，插好通气针，将带有 15mm 有机玻璃防护的注射器扎入西林瓶底部，快速抽压数次，使西林瓶中 ^{90}Y 树脂微球混合均匀，抽取一定量的 ^{90}Y 树脂微球注入 V 瓶，将剩余放射性药物放置在活度计测井中测量，直至抽取完成患者所需的合适的活度为止。注入结束后，从 V 型瓶上取下排气针，消毒瓶盖，然后用塞子塞住 V 型瓶支架上端的开口。^{90}Y 树脂微球的活度测量、抽取过程均在核医学科分装柜内开展。

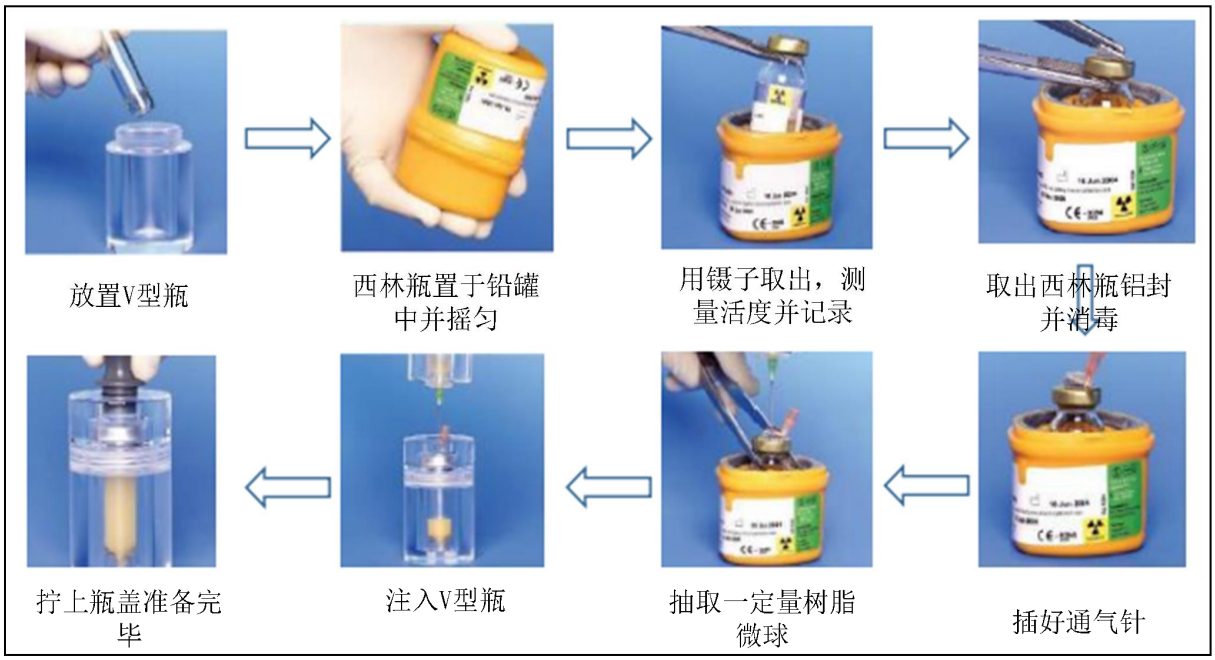

图 2-17　药物的准备及分装流程

3、第三阶段

①提前 1 天填妥血管摄影同意书，并通知禁食 6~8 小时，送检前排空尿液。

②核医学科工作人员将分装好的 ^{90}Y 树脂微球提前送入门诊综合大楼三楼 1#导管室。

③介入科护士提前为 1#导管室的手术台及附近地面铺设吸水垫，介入科医生将有机玻璃支架屏蔽的 V 型瓶放入事先连接好的输送箱内的扣环上，取下塞子并为 V 型瓶消毒，并连接好针管。

④患者进行血管造影，通过股动脉或桡动脉将导管植入患者肿瘤位置。

⑤介入治疗医师通过输送箱套件缓慢、等份地推送 ^{90}Y 树脂微球药物，每次等份推送都通过输送箱上的阀门旋钮，使造影剂、注射用水、^{90}Y 树脂微球药物、注射用水交替推注到患者肿瘤部位。整个推注过程约 6min。药物推注完毕，推注无菌水，避免微球滞留导管内。完成后，拔除输送针管、导管（需借助 DSA 出束照射）等，并放入铅废物桶中暂存。

⑥患者进入 ^{90}Y 树脂微球患者专用留观病房留观，按照医院管理规定患者术后一般住院 12~24h。

⑦治疗 24h 内安排时间至核医学科使用 SPECT 融合扫描，扫描时间约为 20min，确定 ^{90}Y 树脂微球体滞留位置。

^{90}Y 树脂微球治疗项目工作流程及产污环节分析见图 2-18。

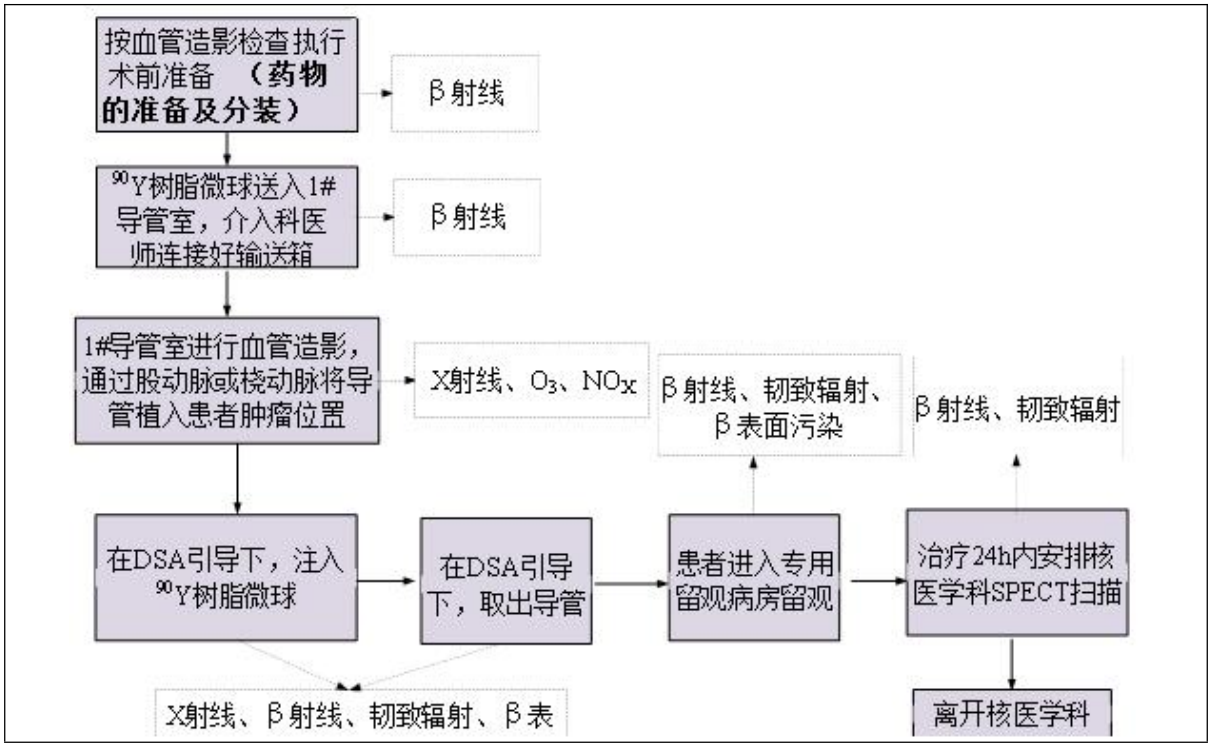

图 2-18　^{90}Y 树脂微球治疗项目工作流程及产污环节示意图

3.人员配置和工作负荷

3.1 人员配置

根据医院提供的资料和 ^{90}Y 树脂微球治疗流程，本项目依托核医学科及介入科现有辐射工作人员，从核医学科及介入科现有辐射工作人员中抽调 10 人从事本项目辐射工作，本项目不额外新增辐射工作人员。本项目辐射工作人员基本信息见表 2.10。

表 2.10　本项目辐射工作人员基本信息一览表

序号	姓名	科室	工作岗位	工作职责
1	***	核医学科	医师	术前检查与评估、治疗剂量估算
2	***		技师	SPECT 扫描
3	***		护士	树脂微球药物准备、分装和转运；^{99m}Tc 药物转运
4	***	介入科	医师	制定手术计划、导管植入、药物推注（每次介入手术由 2 名医生操作）
5	***		医师	
6	***	介入科	医师	制定手术计划、导管植入、药物推注（每次介入手术由 2 名医生操作）
7	***		技师	DSA 操作、辅助工作
8	***		技师	
9	***	留观病房	护士	术后 ^{99m}Tc、^{90}Y 患者的转运、^{90}Y 患者术后护理
10	***		护士	术后 ^{99m}Tc、^{90}Y 患者的转运、^{90}Y 患者术后护理

3.2 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目每天最多治疗 2 例病人，年最多治疗 200 例病人。

核医学科辐射工作人员进行 ^{90}Y 树脂微球准备及转移至 V 瓶约 10min；^{90}Y 树脂微球或 ^{99m}Tc 药

物由核医学转运至 1#导管室约 3min；带药病人在 SPECT 机房单人扫描时间约 20min。

^{90}Y 树脂微球或 ^{99m}Tc 药物输注时单个患者最多为 6min；每台手术 DSA 出束时间约 20min。

^{90}Y 带药病人由 1#导管室转运至留观病房约 5min；^{90}Y 带药病人由留观病房转运至核医学科约 8min；^{99m}Tc 带药病人由 1#导管室转运至核医学科扫描机房约 3min。

4.污染源项描述

4.1 施工期污染源项描述

厦门弘爱医院新建 ^{90}Y 树脂微球治疗项目依托原有核医学科、介入科及病房开展，不存在建设阶段环境影响。

4.2 运行期污染源项描述

4.2.1 正常工况

由上述工程分析和产污环节可知，本项目主要产生以下污染：

（1）本项目使用的 DSA 管电压为 125kV，管电压为 813mA；在使用 DSA 进行介入手术时，会产生 X 射线。

（2）^{99m}Tc 放射性核素衰变方式为同质异能跃迁，伴随发射 0.14MeV 的γ射线；^{90}Y 放射性核素衰变产生的β射线，β射线与物质相互作用会产生韧致辐射（X 射线）；本项目放射性药物在分装、质控与注射过程中可能会发生药物撒落事故，对工作台、设备、墙壁、地面等产生放射性沾污，造成β局部放射性表面污染。

2、放射性废气

^{90}Y 树脂微球药品中，绝大多数 ^{90}Y 核素附着在“大孔型结构”的树脂微球表面和内部孔道内，以不溶性固体形式存在，极少量（0.04~0.4%）^{90}Y 核素以游离状态出现在液体中，游离的 ^{90}Y 核素以氯化钇（$^{90}YCl_3$）形式存在，氯化钇不具备挥发性，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。

^{90}Y 树脂微球药品存放于 15mm 有机玻璃西林瓶中，抽取时用 15mm 有机玻璃防护的注射器，抽取完成后放置于 15mm 有机玻璃 V 型瓶中，整个抽取过程均在核医学科分装柜内操作；^{90}Y 树脂微球药品注射通过注射器、输送箱操作，正常操作情况下，无暴露在空气中的可能。

本项目使用的 ^{99m}Tc 为分装好的针剂，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。

3、放射性废水

患者在注入 ^{90}Y 树脂微球后，尿液中会有少量的 ^{90}Y 核素排出。患者最大注射活度为 2.5×10^9Bq，留观时间最长为 24h，留观期间取排泄 8 次，单次排泄量一般为 200~400mL，则单名留观患者住院留观期间总排泄量为 1600~3200mL。

患者在注入 ^{99m}Tc 后，不留观，不产生放射性废水。

场所发生放射性核素泼洒等事故时，采用擦拭方式，不产生放射性废水。

4、放射性固体废物

本项目使用 ^{90}Y 树脂微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括：①核医学科：^{90}Y 树脂微球抽取过程中产生的转移用的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等放射性固体废物约 200g/

例；②介入科：注射 ^{99m}Tc 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管等，总重量 150g/例；注射 ^{90}Y 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管、V 瓶及有机玻璃防护罐等放射性固体废物合计约 450g。若手术中出现 ^{90}Y 树脂微球洒漏，则还可能产生吸水纸、去污用纸、医护人员手套、手术服、口罩、眼罩、有机玻璃盒子等，最大产生量为 2kg/例次。

上述放射性固废可能会对周围环境产生一定的危害；污染途径为操作过程中及放射性固废收集过程中、贮存衰变时对辐射工作人员和周围公众产生的外照射。

5、非放射性污染

①废气：DSA 运行期产生的废气主要为 X 射线与空气发生相互作用产生的微量臭氧和氮氧化物。

②废水：项目运行期不产生医疗废水，产生的废水主要为生活污水。

③固体废物：项目运行期产生的固体废物主要为手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物和生活垃圾。

4.2.2 事故工况

本项目可能发生的辐射事故如下：

（1）操作人员违反操作规程或误操作导致操作台面、地面或仪器设备受到表面沾污；

（2）工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量；

（3）放射性药物被盗、丢失等；

（4）DSA 设备控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到的计划外照射。

事故工况下的辐射污染因子与正常工况下的污染因子一致。

表三　辐射安全与防护设施/措施

一、工作场所的布局和分区管理

1.工作场所布局

本项目涉及的辐射工作场所位于门诊综合大楼负一层核医学科、三层介入科及二号住院楼十层病房，相关用房均为利用原有场所，本项目不对工作场所布局及屏蔽防护工程进行调整，根据《厦门弘爱医院（厦门仁爱医疗基金会筹）新建核技术应用项目环境影响报告表》，本项目布局合理。

2.工作场所分区

本项目 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 的贮存、质控、分装与扫描依托于门诊综合大楼负一层核医学科工作场所，本项目药物注射依托门诊综合大楼三层介入科 1#导管室，以上场所已按照要求划分了控制区和监督区，本项目不改变其分区，且按现有分区方式管理。控制区入口处设有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不得入内。不安排树脂微球治疗的患者与其他患者在同一病房。

本项目工作场所分区见图 3-1 至图 3-3（图中红色区域表示控制区，黄色区域表示监督区）。

验收情况：本项目控制区和监督区划分与环评一致。

综上所述，本项目工作场所分区合理。

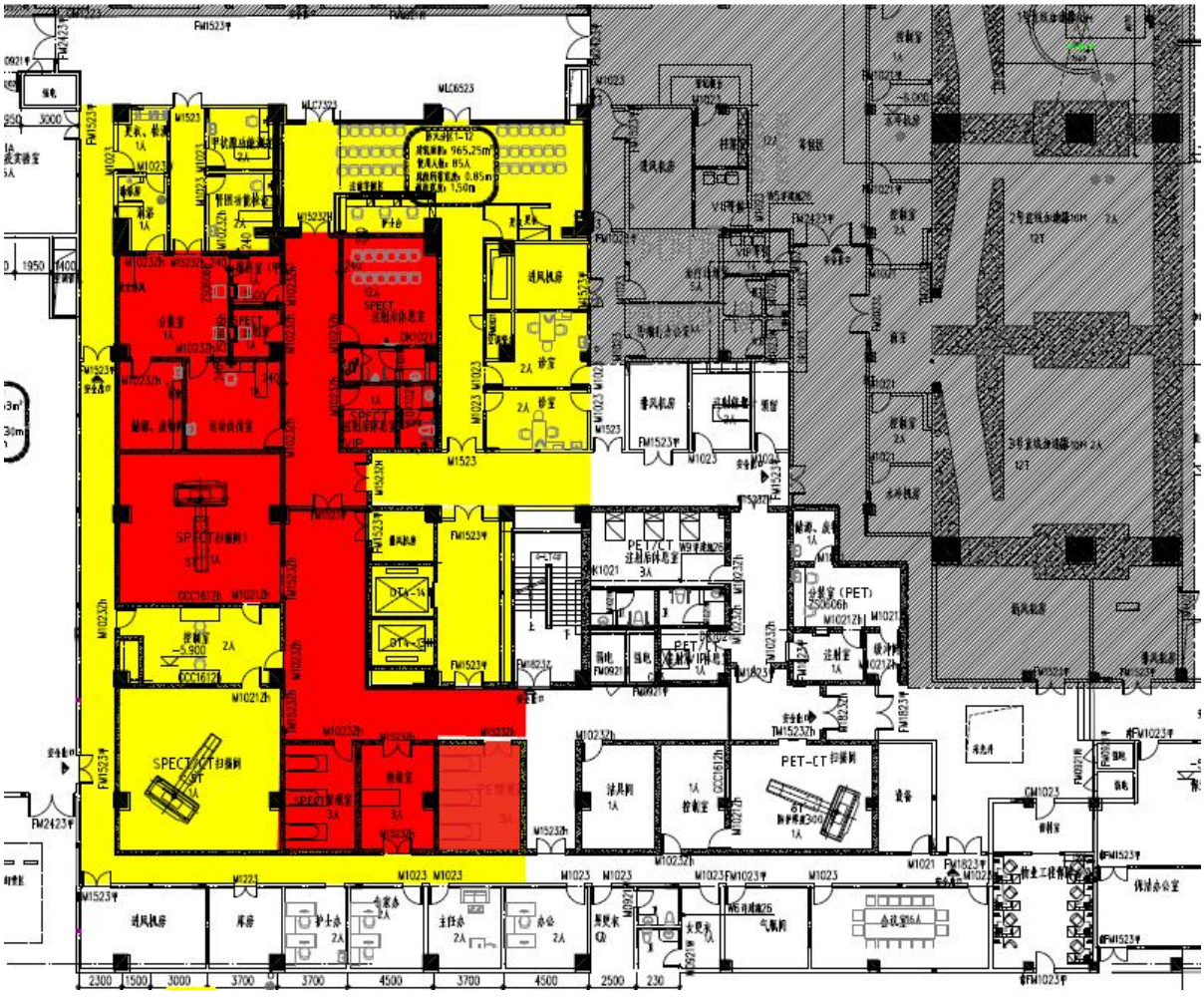

图 3-1　门诊综合大楼负一层核医学科分区示意图

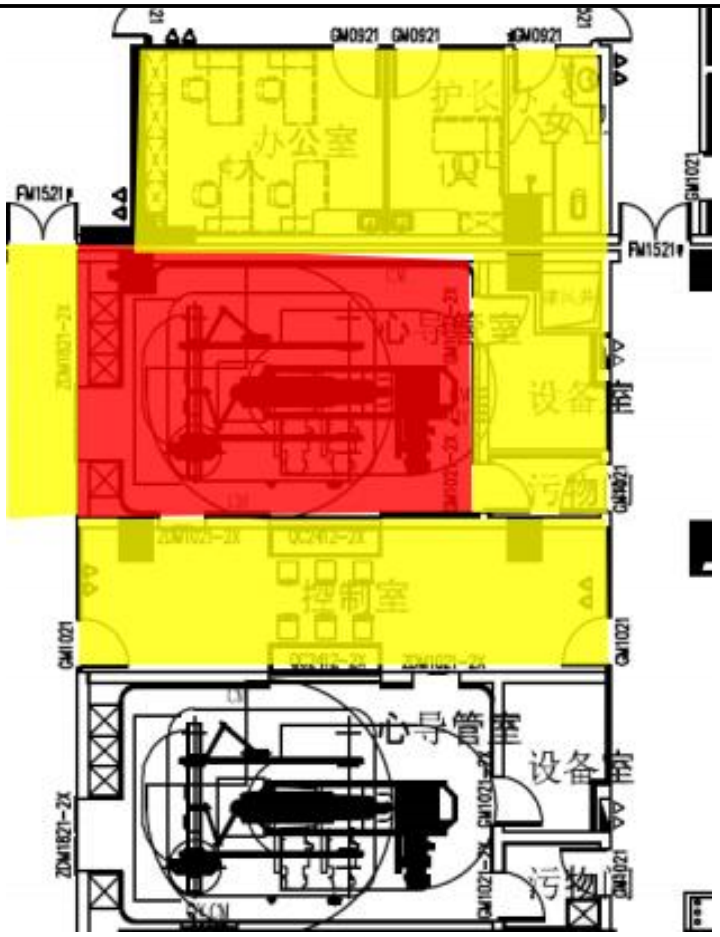

图 3-2　门诊综合大楼三层介入科 1#导管室分区示意图

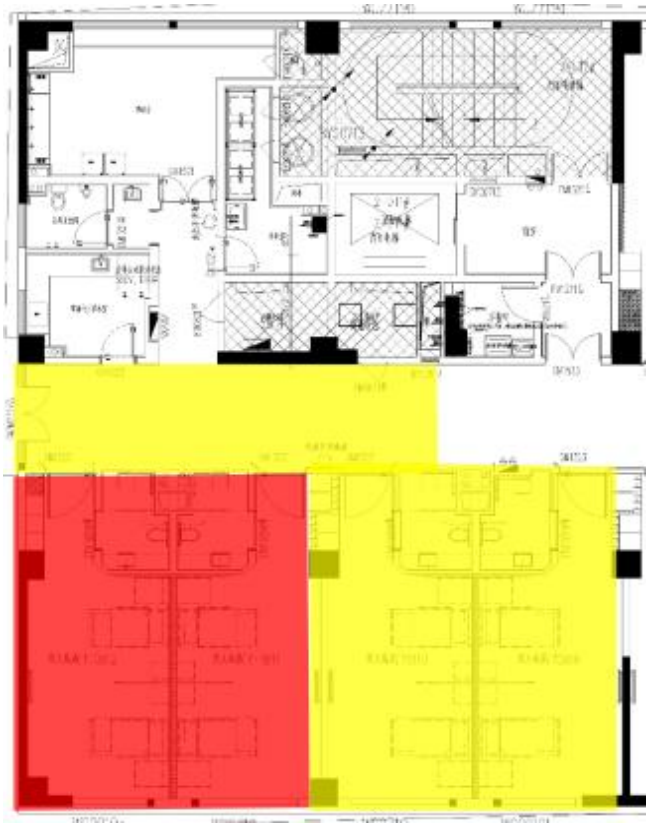

图 3-3　二号住院楼十层留观病房分区示意图

3.工作场所分级

医院原有核医学科为乙级非密封物质工作场所（3.92×10^9Bq）。本项目使用的放射性核素包括^{99m}Tc和^{90}Y，医院现已许可的^{99m}Tc量已能够满足核医学科SPECT诊断项目和本项目的量，因此^{99m}Tc量维持不变；核医学科原已许可的^{90}Y（日等效最大操作量为1.5×10^8Bq）不再使用，改为使用本项目^{90}Y树脂微球（核医学科^{90}Y日等效最大操作量为6.0×10^7Bq），增加本项目后核医学科内日等效最大操作量为3.83×10^9Bq，小于4×10^9Bq，大于2×10^7Bq，仍为乙级非密封物质工作场所；导管室内日等效最大操作量5.0×10^7Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所，以上详见表3.1。

表3.1　厦门弘爱医院使用的放射性核素日等效最大操作量计算

使用场所	核素名称	日实际最大操作量（Bq）	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量（Bq）	原核医学科内已许可的核素日等效最大操作量（Bq）	
门诊综合大楼负一层核医学科	^{90}Y	6.0×10^9	中毒，0.1	很简单的操作，10	6.0×10^7	^{201}TI	9.25×10^5
						^{99m}Tc	5.55×10^7
						^{89}Sr	7.4×10^6
						^{32}P	2.31×10^8
						^{15}O	7.4×10^7
						^{13}N	7.4×10^7
						^{99}Mo	7.4×10^7
						^{131}I	3.15×10^9
						^{125}I粒籽源	3.7×10^6
						^{67}Ga	1.85×10^7
						^{18}F	7.4×10^7
						^{11}C	7.4×10^7
合计					6.0×10^7	3.77×10^9	
总日等效最大操作量					3.83×10^9		
门诊综合大楼三楼1#导管室	^{99m}Tc	3.7×10^8	低毒，0.01	很简单的操作，10	3.7×10^5	/	
	^{90}Y	5.0×10^9	中毒，0.1	很简单的操作，10	5.0×10^7	/	
	总日等效最大操作量				5.0×10^7（^{99m}Tc和^{90}Y不同一天操作）		

注：①^{90}Y树脂微球药物为悬浮液形式，悬浮溶液为无菌水，无挥发性；在活度测量、抽取及注射过程中无开放液面，根据《辐射防护手册（第三分册）：辐射安全》P143中的定义，很简单操作会有少量的放射性物质散布开来，简单操作可能会有较多的放射性物质散布开来，除了会有表面污染外，还会有空气污染出现，本项目正常操作过程中无开放液面，故可将本项目^{90}Y树脂微球介入治疗过程中的活度测量、抽取与注射相关活动视为“很简单操作”。

②本项目使用的^{99m}Tc为有资质供货商按照医院所需用量分装好的针剂，医院内不涉及分装，故可将本项目^{99m}Tc活度测量与介入注射相关活动视为“很简单操作”。

3.工作场所路径规划

3.1 医护人员路线

①核医学科：分装人员经由M1进入医护人员通道，经由M2进入更衣室，再经由M3、M4进入分装室，工作结束后原路返回。SPECT操作人员经由M1进入医护人员通道，再经由M5、M6进入控制室，工作结束后原路返回。

②介入科：介入科工作人员经由D6进入换鞋，然后至更衣室更衣后，再经由D2进入控制室。医护人员经由D3进入1#导管室内开展手术，工作结束后原路返回。

3.2 患者路线

①^{99m}Tc 病人：病人由 D7 进入缓冲间，经 D4 推入机房。病人注射 ^{99m}Tc 后由护士护送，通过专用电梯 1 至核医学科，经门 M10 进入核医学科控制区，再经门 M9 进入 SPECT 机房进行扫描检查，检查完成后经核医学科专用出口离开。

②^{90}Y 病人：病人由 D7 进入缓冲间，经 D4 推入机房。手术完成后，介入治疗科护士将患者由 1#导管室经患者通道、公共走廊（途径病理科和肿瘤科日间病房〉、乘坐专用电梯 2 到达二号住院楼 10 病区专用病房。留观后，由原路（经介入科专用电梯）进入核医学科进行扫描，扫描后离开核医学科。

3.3 药物路线

含 ^{99m}Tc、^{90}Y 的放射性药物由专业供货商经核医学科专用电梯 1 送至核医学科，核医学科工作人员经门 M10、门 M8、门 M7 送至分装室分装柜内，结束后原路返回。核医学科工作人员根据患者的治疗需求，抽取分装好 ^{90}Y 树脂微球（^{99m}Tc 送来时已分装好），手术当天核医学科辐射工作人员在患者就诊前送至 1#导管室，通过采取临时管控措施，避免放射性药物与其他人员发生交叉。

验收情况：本次验收的核医学科、1#导管室的人流和物流路径与环评一致；病人入住留观病房及留观后扫描路径与环评一致。

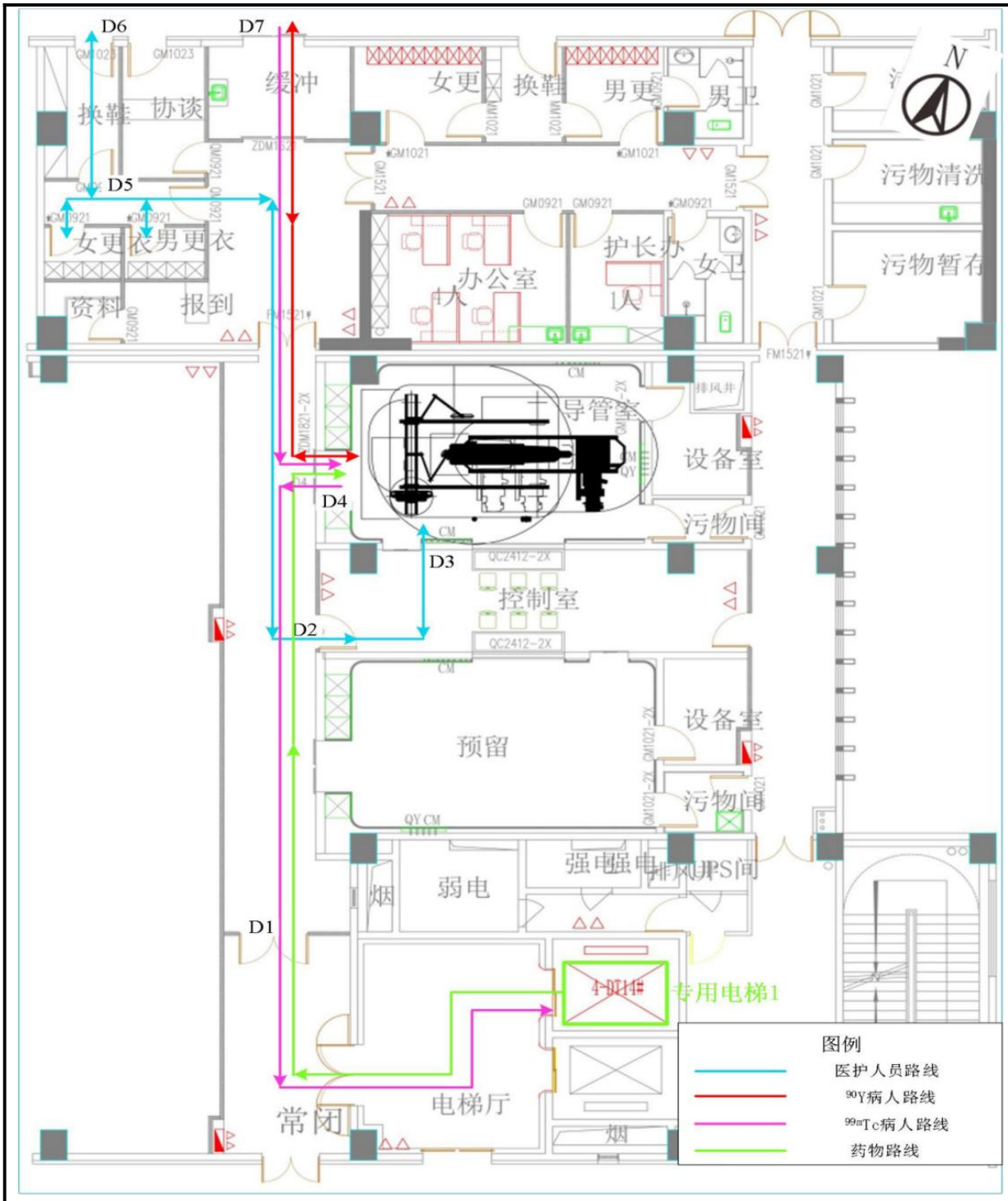

图 3-4　1#导管室人流、物流示意图

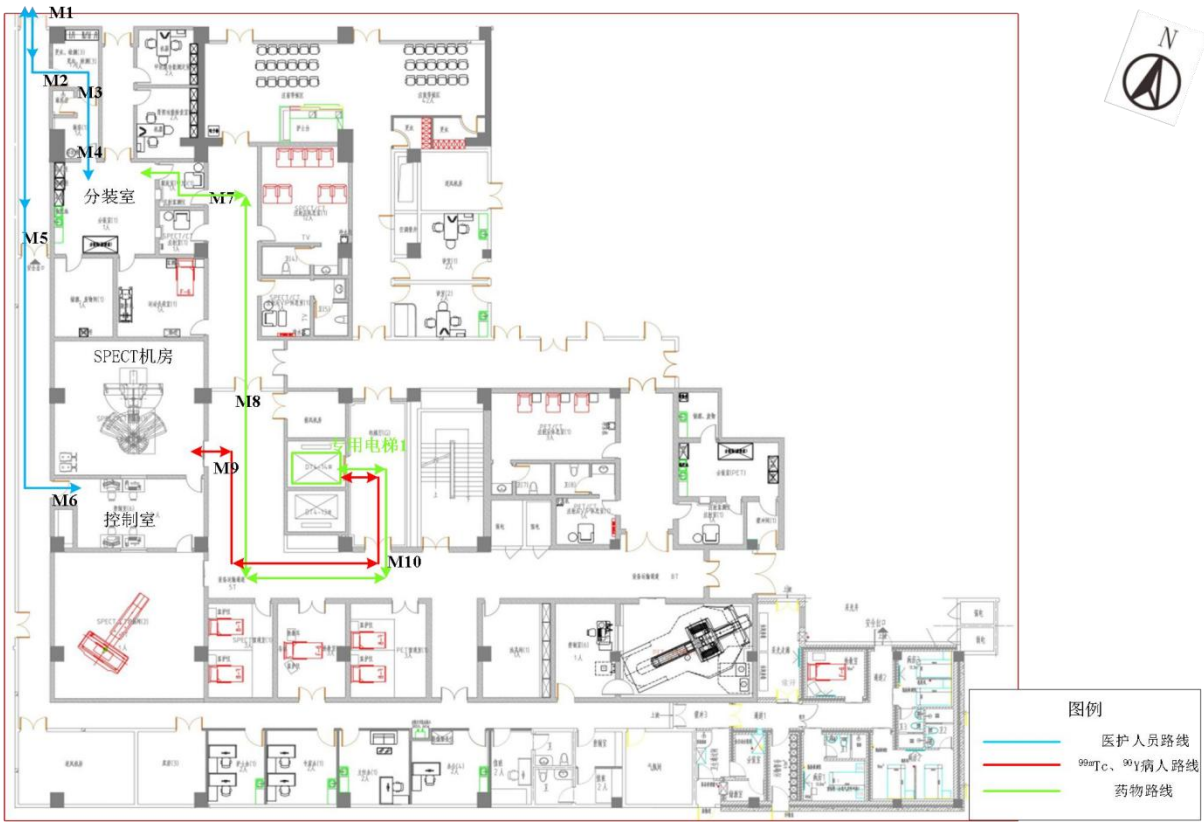

图 3-5　病人入住留观病房及留观后扫描路径示意图

图 3-6　核医学科内人流、物流示意图

二、屏蔽设施建设情况

1.建筑物屏蔽设计

本项目利用原有场所开展工作，不涉及施工建设，原有屏蔽措施具体见表 3.2。

表 3.2　本项目工作场所屏蔽防护参数

场所	环评情况			验收情况
	面积	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	
1#导管室	35.1m^2（6.76m×5.20m）	四周墙体	24cm 实心砖+3mmPb 防护涂料	与环评一致
		地板	12cm 混凝土+3mmPb 防护涂料	
		顶棚	12cm 混凝土+3mmPb 防护涂料	
		防护门	双面 10mm 彩钢板+4mmPb 防护涂料	
		观察窗	5mmPb 铅玻璃	
SPECT 机房	65.8m^2	四周墙体	24cm 混凝土砌块砖+3mmPb 防护钡砂浆	
		地板	25cm 混凝土	
		顶棚	18cm 混凝土+1.1m 厚土层	
		防护门	4mmPb	
		观察窗	5mmPb 铅玻璃	
留观病房	26.8m^2	四周墙体	24cm 实心砖	
		地板	12cm 混凝土	
		顶棚	12cm 混凝土	
分装室	——	四周墙体	24cm 混凝土砌块砖+3mmPb 防护钡砂浆	
		地板	25cm 混凝土	
		顶棚	18cm 混凝土+1.1m 厚土层	
		北侧防护门	4mmPb	
		西侧防护门	7mmPb	
		南侧防护门	4mmPb	

注：根据建设单位提供资料，混凝土密度为 2.35g/cm^3，实心砖密度为 1.65g/cm^3。

2.防护设施和个人防护用品

本项目利用原有场所开展工作，沿用既有的相关防护设施和个人防护用品，并在此基础上增配相关防护设施和个人防护用品，验收落实具体情况见表 3.3，现场照片详见图 3-7。

表 3.3　防护设施和个人防护用品验收落实情况

工作场所	防护设备名称	防护厚度	数量	环评情况	验收情况
核医学科	分装柜	10mmPb	1	原有	与环评一致
	储源铅罐	20mmPb	2	原有	与环评一致
	运送铅罐	8mmPb	2	原有	与环评一致
	注射器防护盒	2mmPb	2	原有	与环评一致
	放射性废物桶	20mmPb	1	原有	与环评一致
	储源保险箱	——	1	原有	与环评一致
	放射性废物桶	20mmPb	1	建议新增 1 个 20mmPb 放射性废物桶	已落实，新增 1 个
	传输防护系统	/	1	建议新增传输防护系统	已落实，新增 1 个
	储源瓶铅罐	6.4mmPb	1	建议新增 1 个 6.4mmPb 储源瓶铅罐	已落实，新增 1 个

工作场所	防护设备名称	防护厚度	数量	环评情况	验收情况
核医学科	V 型瓶有机玻璃防护支架	15mm 有机玻璃	1	建议新增 1 个 15mm 有机玻璃的 V 型瓶防护	已落实，新增 1 个
	有机玻璃注射器防护套	15mm 有机玻璃	1	建议新增 1 个 15mm 有机玻璃的注射器防护套	已落实，新增 1 个
	有机玻璃废物桶	15mm 有机玻璃	2	未提及	与环评相比，新增 2 个
	铅衣	0.5	2	原有	与环评一致
	铅眼镜	0.5	2	原有	与环评一致
	铅帽	0.5	2	原有	与环评一致
	铅围脖	0.5	2	原有	与环评一致
	铅手套	0.25	2	原有	与环评一致
	铅方巾	0.5	2	原有	与环评一致
1#导管室	铅悬吊防护屏	0.5mmPb	1	原有	与环评一致
	铅防护吊帘	0.5mmPb	1	原有	与环评一致
	床侧防护帘	0.5mmPb	1	原有	与环评一致
	床侧防护屏	0.5mmPb	1	原有	与环评一致
	移动铅防护屏	2mmPb	1	原有	与环评一致
	放射性废物桶	20mmPb	1	建议新增 1 个 20mmPb 放射性废物桶	已落实，新增 1 个
	有机玻璃废物桶	15mm 有机玻璃	2	未提及	与环评相比，新增 2 个
	铅衣	0.5	3	原有	与环评一致
	铅帽	0.5	3	原有	与环评一致
	铅围脖	0.5	3	原有	与环评一致
	铅护目镜	0.5	3	原有	与环评一致
	铅手套	0.5	3	原有	与环评一致
	有机玻璃面罩	/	3	未提及	与环评相比，新增 3 个
	铅方巾	1 件	0.5	建议新增 2 件 0.5mmPb 铅方巾	与环评相比，少新增 1 件，1#导管室一次手术只有一个患者，新增 1 件能满足实际使用
留观病房	有机玻璃废物桶	15mm 有机玻璃	2	未提及	与环评相比，多新增 2 个

表 3.4　监测设备验收落实情况

工作场所	环评情况			验收情况
	辐射检测仪器名称	数量（台）	型号	
整个院区辐射工作场所	辐射巡检仪	1	SCINTO	与环评一致
核医学科	表面污染测量仪	1	IA-V2	与环评一致
	个人剂量报警仪	2	RAD-60s	与环评一致
1#导管室	个人剂量报警仪	2	RAD-60s	与环评一致
	表面污染测量仪	/	/	与环评相比，增配 1 台型号为 IA-V2 的表面污染测量仪

工作场所	环评情况			验收情况
	辐射检测仪器名称	数量（台）	型号	
留观病房	表面污染测量仪	/	/	与环评相比，增配 1 台型号为 IA-V2 的表面污染测量仪

部分防护用品

有机玻璃面罩

储源室保险柜

分装柜

有机玻璃废物桶/铅废物桶

监测设备

图 3-7　防护设施和个人防护用品部分照片

3.辐射安全措施

本项目利用原有场所开展工作，沿用既有的相关辐射安全措施，验收落实情况见表 3.5，现场照片详见图 3-8。

表 3.5　辐射安全措施验收落实情况

序号	辐射安全防护措施	环评时要求	验收情况
核医学科			
1	电离辐射警告标志	在核医学科出入口均已张贴符合规范的电离辐射警告标志，用于提醒无关人员不要靠近。	已落实，已在核医学科出入口均已张贴符合规范的电离辐射警告标志。
2	工作状态指示灯	在 SPECT 机房患者入口门上方均已设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，且工作状态指示灯与机房相通的门设置联锁装置，只有机房门关闭的时候才会灯亮。	已落实，已在 SPECT 机房患者进出防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，且工作状态指示灯能与该门联锁，只有机房门关闭的时候才会灯亮。

序号	辐射安全防护措施	环评时要求	验收情况
3	闭门装置	机房的医护人员小门是平开门，设置有自动闭门装置；患者出入大门是电动推拉门，设置有曝光时关闭机房门的管理措施，并设置有红外感应防夹装置。	已落实，医护进出防护门设有自动闭门装置；患者进出防护门待所有机房门关闭后，在开机曝光，并已设置红外感应防夹装置。
4	监控与对讲装置	在 SPECT 机房设置有观察窗，工作人员通过观察窗可及时观察机房内患者情况；核医学科内设置有监控及对讲装置。	已落实，SPECT 机房设有观察窗，工作人员通过观察窗可及时观察机房内患者情况；核医学科内设有监控及对讲装置。
5	人员监护	本项目辐射工作由现有工作人员承担，医院已委托福建省一准医学检测科技发展有限公司对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测，并已定期对本项目工作人员进行了职业健康检查。	已落实，本项目辐射工作由现有工作人员承担，已委托福建省一准医学检测科技发展有限公司对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测，并已定期安排本项目辐射工作人员进行职业健康检查。
6	“两区”内安全防护措施规定	工作人员离开核医学科控制区前做表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，应采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。	已落实，已配备表面污染仪，并已制定《钇 90 工作场所监测计划》和《钇 90 树脂微球治疗放射性废物及患者排泄物转运管理制度》，规定了监测要求、监测范围、监测周期等内容。
介入科 1#导管室			
1	电离辐射警告标志	DSA 机房各防护门外表面均已张贴符合规范的电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近机房或在附近逗留。候诊区设置有放射防护注意事项告知栏。	已落实，1#导管室各防护门外表面均已张贴符合规范的电离辐射警告标志，并在候诊区设有放射防护注意事项告知栏。
2	工作状态指示灯	DSA 机房患者通道防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与患者通道防护门设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。	已落实，已在 1#导管室患者进出防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，且工作状态指示灯能与该门联锁，只有机房门关闭的时候才会灯亮。
3	防夹和闭门装置	DSA 机房平开防护门设置自动闭门装置，电动推拉防护门设置防夹装置并设置曝光时关闭的管理措施。	已落实，1#导管室患者进出防护门和工作人员进出防护门均为电动推拉防护门，污物间和设备间防护门均为平开防护门，带所有防护门关闭后在开启曝光，电动推拉防护门设有防夹装置，
4	监控与对讲装置	DSA 机房设置有观察窗，同时设置实时监控装置和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。	已落实，1#导管室设有观察窗，同时设置实时监控装置和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况。
5	人员监护	本项目辐射工作由现有工作人员承担，医院已委托福建省一准医学检测科技发展有限公司对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测，并已定期对本项目工作人员进行了职业健康检查。	已落实，本项目辐射工作人员已委托福建省一准医学检测科技发展有限公司进行个人剂量监测，并已进行职业健康检查。

序号	辐射安全防护措施	环评时要求	验收情况
为了进一步确保本项目安全运行，环评中建议医院计划增设如下辐射安全措施			
1	“两区”内安全防护措施规定	①工作人员离开 1#导管室及留观病房前做表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，应采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。②^{90}Y 树脂微球介入治疗过程中采取措施（比如用吸水纸等覆盖宜洒落药品的所有区域），避免药品洒落区域污染。③介入注射完 ^{90}Y 树脂微球后，及时使用辐射监测仪监测，确定导管接口处无残余放射性后方可将导管从普通导管中移出，经包裹处理后放入铅废物桶内。	已落实，已配备表面污染仪，并已制定《钇 90 工作场所监测计划》和《钇 90 树脂微球治疗放射性废物及患者排泄物转运管理制度》，规定了监测要求、监测范围、监测周期等内容。
2	应急处置	医院计划在 ^{90}Y 树脂微球、^{99m}Tc 药物输注场所（介入科 1#导管室）内配备应急及去污用品，主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。	已落实，医院已在 ^{90}Y 树脂微球、^{99m}Tc 药物输注场所（介入科 1#导管室）内配备应急及去污用品。
3	药物管理	本项目药物在核医学科进行分装、活度测量等，再转移至介入科 1#导管室，其中 ^{99m}Tc 药物放置于 8mm 铅罐，^{90}Y 药物放置于 15mm 有机玻璃 V 型防护瓶（外盖 0.5mmPb 方巾），工作人员将铅罐/V 型防护瓶置于不锈钢小推车中经专用电梯 1 送入介入科。	已落实，医院已制定《核医学科放射性药品转运安全管理制度》《钇 90 树脂微球管理制度》，并已配备 8mm 铅罐和 15mm 有机玻璃 V 型防护瓶、0.5mmPb 方巾以及不锈钢小推车。
4	^{90}Y 树脂微球患者转移管理	由于本项目 ^{90}Y 树脂微球输注场所（介入科 1#导管室）与 ^{90}Y 树脂微球患者专用留观病房距离较远，且患者还需要转移至核医学科使用 SPECT 融合扫描。医院在移动患者的过程中计划采取以下措施进一步减少其辐射影响：①在患者身体肝脏部位覆盖 0.5mm 铅当量的铅方巾；②分装好的药物、给药后患者的转移均使用专用电梯，专用电梯设置门禁，仅支持刷卡进入，避免无关人员使用；移动患者时尽量避开人员较为集中的时段并在途径线路采取临时管控措施，快速、平稳地将患者送达；③^{90}Y 树脂微球患者专用留观病房门口设置电离辐射警告标志，警示周围人群远离专用病房；加强留观病房管控，防止病人在留观期间私自离开病房。	已落实，已配备 0.5mm 铅当量的铅方巾，分装好的药物、给药后患者的转移均使用专用电梯，专用电梯设置门禁，仅支持刷卡进入，避免无关人员使用；移动患者时选择避开人员较为集中的时段并在途径线路采取临时管控措施，快速、平稳地将患者送达；留观病房门口设置了电离辐射警告标志，且医院已制定《钇 90 治疗出入院及住院期间管理制度》。

序号	辐射安全防护措施	环评时要求	验收情况
5	工作人员辐射防护措施管理	①给工作人员配备一系列个人防护，如给负责介入手术工作人员配备铅衣、铅帽、铅围脖等；给核医学工作人员配备铅衣、铅围脖、铅护目镜等。②患者转移时工作人员穿戴个人防护用品，并保持与患者1m以上的距离。③配备个人剂量计和辐射监测仪器，如表面沾污仪、辐射巡测仪等。	已落实，详见表3.3和表3.4，并已制定《个人防护用品的使用及管理制度》。
6	SPECT扫描	树脂微球治疗病人与核医学科其余项目病人不同时进入SPECT扫描室扫描，与SPECT场所内其余项目错时开展，避免患者互相之间不必要的交叉照射。	已落实，树脂微球治疗病人与核医学科其余项目病人不同时进入SPECT扫描室扫描，与SPECT场所内其余项目错时开展。
环评中将本项目工作场所采取的管理措施和辐射安全措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中要求对照			
1	DSA机房设置有观察窗，同时设置实时监控装置和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。		已落实，1#导管室设有观察窗，同时设置实时监控装置和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况。
2	DSA机房内不堆放与放射诊断/介入治疗工作无关的杂物。		已落实，1#导管室不堆放与放射诊断/介入治疗工作无关的杂物。
3	DSA机房内设置有动力通风系统，并保持良好的通风。		已落实，1#导管室内设置有动力通风系统，并保持良好的通风。
4	DSA机房各防护门外表面均设置电离辐射警告标志；DSA机房患者通道防护门上方设置有工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句；候诊区设置有放射防护注意事项告知栏。		已落实，1#导管室各防护门外表面均设置电离辐射警告标志；患者通道防护门上方设有工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句；候诊区设有放射防护注意事项告知栏。
5	DSA机房平开防护门设置有自动闭门装置，电动推拉防护门设置曝光时关闭的管理措施；工作状态指示灯与病人通道防护门设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。		已落实，1#导管室患者进出防护门和工作人员进出防护门均为电动推拉防护门，污物间和设备间防护门均为平开防护门，带所有防护门关闭后在开启曝光，工作状态指示灯与患者通道防护门设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。
6	DSA机房电动推拉防护门拟设置防夹装置。		已落实，1#导管室电动推拉防护门已设置防夹装置。
7	受检者在机房外候诊，不在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中，陪检者不允许留在机房内。		已落实，与环评一致。
8	本项目采用时间错峰方式进行工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径管理,每次只允许工作人员、患者、放射性药物和放射性废物单一通过。		已落实，与环评一致。
9	①给药后患者手术后处于麻醉状态，由专门人员护送，不会随意流动；②本项目^{90}Y树脂微球治疗项目过程中患者处于麻醉状态，患者不排泄。		已落实，与环评一致。

序号	辐射安全防护措施	环评时要求	验收情况
10		本项目 ^{90}Y、^{99m}Tc 使用前暂存核医学科分装柜内，分装柜设有 10mmPb 屏蔽。	已落实，与环评一致，详见表 3.3。
11		核医学科及 1#导管室地面与墙壁衔接处无接缝，易于清洗、去污。	已落实，与环评一致。
12		①本项目已为工作人员配备一系列个人防护，如给负责介入手术工作人员配备铅衣、铅帽、铅围脖等；给核医学工作人员配备铅衣、铅围脖、铅护目镜等；②本项目 ^{90}Y 治疗项目拟配备 15mm 厚有机玻璃注射防护套、15mm 厚有机玻璃 V 型瓶防护、6.4mmPb 储源瓶铅罐；③核医学科及 1#导管室拟新增 1 个放射性废物桶。	已落实，详见表 3.3、图 3-7。
13		工作人员离开 1#导管室前做表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，应采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。	已落实，已配备表面污染仪，并已制定《钇 90 工作场所监测计划》和《钇 90 树脂微球治疗放射性废物及患者排泄物转运管理制度》，规定了监测要求、监测范围、监测周期等内容。
14		本项目使用的药物均为短半衰期核素，一般按需求订购，集中使用，不专门贮存，购买后使用前暂存于核医学科分装柜中。	已落实，与环评一致。

SPECT 机房图

SPECT 机房患者通道防护门

1#导管室语音通话系统

1#导管室患者通道防护门

留观病房门禁系统

留观病房电离辐射警告标志

图 3-8　辐射安全措施部分照片

三、放射性三废处理设施的建设和处理能力

1.放射性废水处理措施

环评情况：

患者在注入 ^{90}Y 树脂微球后，尿液中会有少量的 ^{90}Y 核素排出。本项目患者最大注射活度为 $2.5\times10^{9}Bq$，留观时间最长为 24h，留观期间排泄 8 次，单次排泄量一般为 200~400mL，则单名留观患者住院留观期间总排泄量为 1600~3200mL。

Oliver.S.Grosser 等人通过对进行了 ^{90}Y 树脂微球核素治疗的患者（共计 51 例手术）进行术后 48 小时的排泄物收集、监测和数据研究，并在 2017 年发表的《钇-90 标记树脂基微球放射栓塞后的尿排泄》中列出的患者尿液中 ^{90}Y 核素含量详见表 3.6。

表 3.6　注入 ^{90}Y 树脂微球后的患者 48 小时内尿液中 ^{90}Y 核素含量

术后时间段	**0-24h**	**24-48h**
排尿量（ml）	1100，范围：300-2600	1225，范围：450-3500
尿液中总活度（kBq）	72.5，范围：13.2-311.0	22.1，范围：2.3-103.9

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）8.6.2，不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a）每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$（ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸收 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；

b）每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。每次排放后应做记录并存档。根据评价标准章节，本项目放射性核素 ^{90}Y 排放导出限值见下表。

表 3.7　放射性核素 ^{90}Y 排放导出限值

序号	核素名称	ALI_{min} 一次排放限值（Bq）	$10ALI_{min}$ 月排放限值（Bq）
1	^{90}Y	7.4×10^{6}	7.4×10^{7}

患者在接受 ^{90}Y 树脂微球核素治疗后，0~24h 每例患者尿液中 ^{90}Y 核素总活度最大为 3.11×10^{5}Bq，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中单次放射性废水排放总活度 7.4×10^{6}Bq 的相关要求。本项目每月最多 20 例 ^{90}Y 树脂微球治疗手术，则每月排放总活度为 6.22×10^{6}Bq，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中每月排放总活度限值 7.4×10^{7}Bq 的相关要求。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目产生的 ^{90}Y 废水将直接排放，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

验收情况：与环评一致。

2.放射性废气处理措施

环评情况：

^{90}Y 树脂微球药品中，绝大多数 ^{90}Y 核素附着在“大孔型结构”的树脂微球表面和内部孔道内，以不溶性固体形式存在，极少量（0.04~0.4%）^{90}Y 核素以游离状态出现在液体中，游离的 ^{90}Y 核素以氯化钇（$^{90}YCl_3$）形式存在，氯化钇不具备挥发性，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。

本项目使用的 ^{99m}Tc 为分装好的针剂，无开放液面，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。

验收情况：与环评一致。

3.放射性固体废物处理措施

环评情况：

本项目使用 ^{90}Y 树脂微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括：①核医学科：^{90}Y 树脂微球抽取过程中产生的转移用的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等放射性固体废物约 200g/例；②介入科：注射 ^{99m}Tc 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管等，总重量 150g/例；注射 ^{90}Y 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管、V 瓶及有机玻璃防护罐等放射性固体废物合计约 450g。若手术中出现 ^{90}Y 树脂微球洒漏，则还可能产生吸水纸、去污用纸、医护人员手套、手术服、口罩、眼罩、有机玻璃盒子等，最大产生量为 2kg/例次。

核医学科及介入科产生的放射性废物均单独暂存于各场所铅废物桶内，铅废物桶内放有专用塑料袋，每日工作结束后分别收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息）送放射性废物库内暂存。

本项目放射性废物库容积约 $60.7m^3$（长约 3.3m、宽约 4.6m、高约 4m），废物库内拟设置 3 个 ^{90}Y 树脂微球治疗专用废物桶（单个废物桶容积为约 $0.1m^3$），用于暂存 ^{90}Y 树脂微球治疗项目产生的放射性固废；本项目放射性固废预计每天产生量为不大于 $0.01m^3$，单个废物桶能存放 10 个工作日产生的放射性废物，放射性固废能在废物库内暂存 30 个工作日。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），所含核素半衰期小于 24h 的放射性固

体废物暂存时间应超过 30 天，所含核素半衰期大于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍。本项目 ^{90}Y 半衰期为 2.67 天，10 个半衰期为 26.7 天；^{99m}Tc 半衰期为 6.02h，则本项目放射性固废在废物库内暂存 30 个工作日能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。

本项目产生的放射性固废统一存放在核医学科固废间内，根据《核医学科辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，放射性固体废物至少贮存 30 天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β表面污染小于 0.8Bq/cm^2，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

验收情况：与环评一致。

四、辐射安全管理情况

1.辐射环境管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用乙级非密封放射性物质工作场所的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

为做好医院辐射安全管理，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的健康，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定，医院决定成立辐射安全管理小组，办事机构设在医务部，领导小组成员负责医院辐射安全管理全面工作。辐射安全管理小组成员如下：

组　长：***（办公室主任，联系电话：**********）

副组长：***（介入科主任，联系电话：**********）

（核医学科主任，联系电话：*******）

（医务部主任，联系电话：*******）

组　员：***（联系电话：**********）、***（联系电话：**********）、

（联系电话：*******）、***（联系电话：**********）、

（联系电话：*******）、***（联系电话：**********）

秘　书：***（联系电话：**********）

医务部为医院放射诊疗管理机构，具体负责本院的辐射安全与环境保护管理工作。其主要职责是：

（1）负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施。

（2）做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理工作。

（3）组织实施本院放射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查，建立个人健康监护档案，做到一人一档。

（4）定期对辐射与防护工作进行督查，检查本院放射工作人员的技术操作情况，指导做好个

人以及患者的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

2.辐射环境管理规章制度

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用放射性同位素的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

根据《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，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关（全国核技术利用辐射安全申报系统 http：//rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp）提交上一年度的评估报告。

厦门弘爱医院已针对现有核技术利用及本次新建项目制定一系列辐射安全管理规章制度，医院制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。

1）操作规程：核医学科及介入科已对各项检查项目制定了详细的操作规程并严格执行。

2）岗位职责：制度中明确了射线装置、放射性药品使用工作人员、台账管理人员、药物注射人员及辐射安全管理人员的岗位职责，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

3）辐射防护和安全保卫制度：制度已明确使用放射性核素、射线装置等应取得辐射安全许可证，医院辐射安全与防护管理领导小组对全院放射性核素、射线装置等的安全和防护工作实施统一监督管理，同时明确了辐射安全与环境保护管理小组的职责。已制定的辐射防护和安全保卫制度同时适用于本项目。

4）放射性同位素、射线装置使用登记制度：医院已建立核医学所有在用核素、医院射线装置的使用登记台账，从购入到使用均有据可查，并有专人管理，确保正确无误，帐物相符。

5）设备维修制度：医院已建立的设备维修制度，主要是针对显像检查设备、铅通风橱、活度测量设备、检测设备的维护维修，目前执行情况良好。

6）人员培训计划：医院已建立人员培训计划制度，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。取得核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩单的人员，应当每五年重新培训考核。

7）监测方案：方案中已明确了医院辐射工作场所及周围环境的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门，明确了每年对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交了上一年度的评估报告。已制定的辐射环境监测方案同时适用于本项目。

8）事故应急制度：医院已制定辐射事故应急处理预案，并成立院领导带头的辐射事故应急领导小组。发生辐射事故时，应当立即启动辐射事故应急处理预案，采取必要的防范措施，并在事故

发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。建设单位于 2023 年 10 月 16 日进行了核医学科应急演练。

3.辐射工作人员管理情况

根据医院提供的资料和 ^{90}Y 树脂微球治疗流程，本项目依托核医学科及介入科现有辐射工作人员，从核医学科及介入科现有辐射工作人员中抽调 10 人从事本项目辐射工作，本项目不额外新增辐射工作人员。本项目辐射工作人员基本信息详见表 2.7。

3.1 核技术利用辐射安全与防护考核情况

医院已安排本项目辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，且均持有在有效期内的核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，详见表 3.8 以及附件 5。

3.2 职业健康体检情况

医院已安排本项目辐射工作人员参加职业健康体检，并建立职业健康监护档案。根据医院提供的本项目相关的 10 名辐射工作人员的职业健康检查报告显示，10 名辐射工作人员的适任性处理意见均为：可以从事放射工作，详见附件 3.8 以及附件 6。

表 3.8　本项目辐射工作人员辐射安全与防护考核及职业健康体检情况一览表

序号	姓名	辐射安全与防护考核		职业健康体检		
		证书编号	有效期至	体检单位	体检日期	适任性处理意见
1	***	FS23FJ0300102	2028.05.23	厦门医学院附属第二医院	2023.03.31-04.18	可继续原放射工作
2	***	FS23FJ0300004	2028.01.13		2022.03.14-06.12	
3	***	FS23FJ0300014	2028.02.25		2023.03.31-04.18	
4	***	FS23FJ0100502	2028.05.17		2022.08.08-09.30	
5	***	FS23FJ0100036	2028.02.25		2022.08.08-09.30	
6	***	FS23FJ0100049	2028.02.25		2022.04.22-05.23	
7	***	FS23FJ0100050	2028.02.25		2022.04.18-05.12	
8	***	FS23FJ0100008	2028.01.13		2022.04.25-06.14	
9	***	FS23FJ0100500	2028.05.17		2022.04.22-05.23	
10	***	FS23FJ0100047	2028.02.25		2022.07.04-09.17	

部分辐射工作人员的职业健康检查即将过 2 年有效期，建设单位应及时重新安排职业健康检查。

3.3 个人剂量监测

医院定期委托有资质的单位（福建省一准医学检测科技发展有限公司）进行外照射个人剂量监测工作，监测频率为 1 次/3 个月，每份个人剂量检测结果均存档备案。从最近 4 个周期的《外照射个人剂量监测报告》看，所有辐射工作人员的监测结果均未超过相应周期的调查水平。

五、工程环境保护投资

本项目投资***万元，其中环保投资***万元，环保投资占总投资的***%。

表四　建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

一、建设项目环境影响报告表主要结论

1.项目概况

为了更好地为患者服务，厦门弘爱医院拟在门诊综合大楼三楼介入科 1#导管室内开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，借助介入科 1#导管室内的 UNIQ Clarity FD20 型 DSA 的血管造影技术将 ^{90}Y 树脂微球通过肝动脉插管直接输注至肿瘤病灶，达到肝癌治疗的目的；并把二号住院楼 10 层两间病房设置为 ^{90}Y 树脂微球患者专用留观病房；^{99m}Tc 的贮存、扫描及 ^{90}Y 的贮存、分装与扫描依托于门诊综合大楼负一楼核医学科工作场所。

（一）核医学科

本项目使用的放射性核素包括 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y，医院现已许可的 ^{99m}Tc 量已能够满足核医学科 SPECT 诊断项目和本项目的量，因此 ^{99m}Tc 量维持不变；本项目投入运行后其日等效最大操作量为 6.0×10^{7}Bq，本项目运行后核医学科日等效最大操作量为 3.83×10^{9}Bq，仍属于 GB18871 中乙级非密封放射性物质工作场所范围（2×10^{7}Bq~4×10^{9}Bq）。

（二）1#导管室

1#导管室拟使用 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 两种核素，核素经工作人员从核医学科运送到本项目 1#导管室。其中 ^{99m}Tc 日等效最大操作量 3.7×10^{5}Bq，^{90}Y 日等效最大操作量 5.0×10^{7}Bq。本项目 1#导管室内 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 不在同一天操作（一般间隔 1~2 周），根据医院提供的资料，亦不存在 1#导管室内 2 位患者同一天操作 ^{99m}Tc、^{90}Y 的情况日等效最大操作量不叠加。因此，本项目 1#导管室内日等效最大操作量 5×10^{7}Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

2.辐射安全与防护分析结论

（1）工作场所选址、布局与分区评价：

厦门弘爱医院建设于厦门市湖里区仙岳路 3777 号，本项目核医学科位于门诊综合大楼负一层，1#导管室位于门诊综合大楼三层，留观病房位于二号住院楼十层。门诊综合大楼的东侧依次为院内道路、绿化、医院东围墙，围墙外为金山路；南侧依次为规划支路、公共绿地、仙岳路；西侧依次为院内道路、康复中心和三号住院楼；北侧依次为院内绿化、道路、医院北围墙，围墙外为金山西路。本项目 50m 范围内无学校或居民区等环境敏感点，均在医院院内或属公共道路。本项目 DSA 设有单独固定的机房，与周围非辐射工作场所隔开；核医学工作场所不与产科、儿科、食堂等部门及人员密集区毗邻。根据理论估算，项目运行时对周围环境辐射影响较小，因此，项目选址基本合理。

本项目辐射工作场所按控制区、监督区进行划区管理。

本项目将患者专用留观病房作为辐射防护控制区，严格控制人员进出；将留观病房北侧屏蔽体外 30cm 作为辐射防护监督区。本项目 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 的贮存、质控、分装与扫描依托于门诊综合大楼负一层核医学科工作场所，本项目药物注射依托门诊综合大楼三层介入科 1#导管室，以上场所已按

照要求划分了控制区和监督区，本项目不改变其分区。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。

本项目涉及的辐射工作场所位于门诊综合大楼负一层核医学科、三层介入科及二号住院楼十层病房，相关用房均为利用原有场所，本项目不对工作场所布局及屏蔽防护工程进行调整，根据《厦门弘爱医院（厦门仁爱医疗基金会筹）新建核技术应用项目环境影响报告表》，本项目布局合理。

（2）辐射安全措施评价：

核医学科在出入口均已张贴符合规范的电离辐射警告标志；在 SPECT 机房患者入口门上方已设置有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房相通的门设置联锁装置；SPECT 机房的医护人员小门是平开门，设置有自动闭门装置；患者出入大门是电动推拉门，设置有曝光时关闭机房门的管理措施，并设置有红外感应防夹装置；在 SPECT 机房设置有观察窗，工作人员通过观察窗可及时观察机房内患者情况；核医学科内设置有监控及对讲装置；工作人员离开核医学科控制区前做表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，应采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

DSA 机房各防护门外表面均已张贴符合规范的电离辐射警告标志；DSA 机房患者通道防护门上方设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯与患者通道防护门设置联锁装置；DSA 机房平开防护门设置自动闭门装置，电动推拉防护门设置防夹装置并设置曝光时关闭的管理措施；DSA 机房设置有观察窗，同时设置实时监控装置和对讲装置。

为了进一步确保本项目安全运行，医院计划采取如下辐射安全措施：

1）制定“两区”内安全防护措施规定。

2）医院计划在 ^{90}Y 树脂微球/^{99m}Tc 药物输注场所（介入科 1#导管室）内配备一系列应急及去污用品。

3）本项目药物在核医学科进行分装、活度测量等，再转移至介入科 1#导管室，其中 ^{99m}Tc 药物放置于 8mm 铅罐，^{90}Y 药物放置于 15mm 有机玻璃 V 型防护瓶（外盖 0.5mm 铅方巾），工作人员将铅罐/V 型防护瓶置于不锈钢小推车中经专用电梯 1 送入介入科。

4）制定 ^{90}Y 树脂微球患者转移管理措施。

5）针对辐射工作人员采取相应的辐射防护措施管理。

6）树脂微球治疗病人与核医学科其他项目病人不同时进入 SPECT 扫描室扫描，与 SPECT 场所内其余项目错时开展，避免患者互相之间不必要的交叉照射。

（3）保护目标剂量估算：

根据理论预测可知，本项目工作场所屏蔽设计、采取的辐射安全措施等能够满足辐射防护要求。在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员的年有效剂量和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

（4）辐射安全管理评价：

厦门弘爱医院已成立辐射工作安全领导小组负责辐射安全与环境保护工作，并以正式文件形式任命，现有辐射工作人员已有 4 人参加辐射安全与防护专业知识及相关法律法规的培训/考试，并考核合格，另有 9 人培训证书已过期，应在本项目投运前，尽快组织人员培训。厦门弘爱医院已针对现有核技术利用及本次新建项目制定一系列辐射安全管理规章制度，厦门弘爱医院辐射事故应急预案目前正在修订中，修订完成后，该单位制定的辐射安全管理规章制度较完备且具有一定的可行性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。该单位能够按照辐射安全管理规章制度进行管理，辐射工作人员也能够严格按照各项规章制度开展工作，满足环保相关管理要求。

医院现有 1 台环境辐射巡测仪，用于辐射工作场所定期自行检测；医院为本项目核医学科及介入科各配备了 2 台个人剂量报警仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警；本项目 1 台表面沾污测量仪仅能满足核医学科工作场所的表面污染检测，还应为 1#导管室配备 1 台表面污染测量仪，用于 1#导管室工作场所及注射后医务人员离开时进行手、足、物品的表面污染监测，避免将放射性核素污染带出（超标即去污）；还应为病房配备 1 台表面污染测量仪，用于留观病房工作场所及医务人员进行手、足、物品的表面污染监测，避免将放射性核素污染带出（超标即去污）。

3.环境影响分析

（1）建设期环境影响评价：

厦门弘爱医院新建 ^{90}Y 树脂微球治疗项目依托原有核医学科、介入科及病房开展，不存在建设阶段环境影响。

（2）运行期辐射环境影响评价：

本项目核医学科和 1#导管室通过含铅防护门窗、混凝土墙体/实心砖墙+防护涂料复合屏蔽墙体，混凝土地板、顶板对射线进行防护，留观病房通过实心砖墙体和混凝土顶板及地板进行防护。根据理论预测，在最大工况下，控制区外边界屏蔽墙、屋顶和地板、防护门窗外表面的辐射剂量率均能够满足本项目辐射剂量率控制水平要求。辐射工作人员及周围公众的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

（3）放射性“三废”处置评价：

放射性废水：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目产生的 ^{90}Y 废水将直接排放，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

放射性废气：^{90}Y 树脂微球药品中，绝大多数 ^{90}Y 核素附着在“大孔型结构”的树脂微球表面和内部孔道内，以不溶性固体形式存在，极少量（0.04~0.4%）^{90}Y 核素以游离状态出现在液体中，游离的 ^{90}Y 核素以氯化钇（$^{90}YCl_3$）形式存在，氯化钇不具备挥发性，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。本项目使用的 ^{99m}Tc 为分装好的针剂，无开放液面，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。

放射性固废：本项目产生的放射性固废统一存放在核医学科固废间内，根据《核医学科辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，至少贮存 30 天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底

水平，β表面污染小于 0.8Bq/cm^2，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

医院放射性三废处理措施完善，满足 HJ1188-2021 对非密封工作场所放射性废物的管理要求。

4.项目建设可行性评价

经对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 修改版），核医学科使用非密封放射性物质、射线装置开展医疗诊断及治疗属于国家鼓励类的“三十七、卫生健康”中医疗卫生服务设施建设项目，符合国家产业政策。

从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，具有明显的经济效率、社会效益，该项目的建设利益大于其所付出的代价，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

5.总结论

厦门弘爱医院 ^{90}Y 树脂微球治疗项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

二、项目环评报告/批复要求及落实情况

表 4.1　项目环评报告/批复要求及落实情况一览表

措施来源	环保措施	本项目情况	落实情况
环评报告	建议厦门弘爱医院在控制区出入口处，设置醒目的中文提示语句，如“高辐射区，危险，请勿逗留”，避免公众在其附近逗留。	已在控制区出入口处，设置醒目的中文提示语句。	已落实
环评批复	严格按照设计方案开展建设，确保满足辐射防护要求；划分控制区和监督区，设置明确的受检者导向标识或导向提示；工作场所应安装明显的工作状态指示灯和电离辐射警告标志等，防止人员受到误照射。	本项目工作场所屏蔽设计能够满足辐射防护要求，并已划分控制区和监督区以及设置了明确的受检者导向标识，1#导管室、SPECT 机房患者出入口均安装有明显的工作状态指示灯以及电离辐射警告标志。	已落实
	健全并完善各项辐射安全和防护的管理规章制度，完善辐射事故应急预案并定期开展演练。配备防护用品、防护设施及监测仪器，定期进行自主监测，发现问题立即整改，防止发生辐射事故。	医院已建立各项辐射安全和防护的管理规章制度和完整的辐射事故应急处理预案，并于 2023 年进行了核医学科应急演练；已配备了自主监测设备。	已落实
	对受检者开展辐射防护相关知识的宣传和教育，提高其辐射防护意识；加强对受检者的监督管理，防止在院内产生不必要的交叉照射。	医院在每次诊断、治疗前均对受检者开展辐射防护相关知识的宣传和教育。	已落实
	本项目产生的 ^{90}Y 废水直接排放，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。	本项目产生的 ^{90}Y 废水直接排放，并且每次排放后用 3 倍排放量的水进行冲洗。	已落实

措施来源	环保措施	本项目情况	落实情况
环评批复	本项目核医学科及介入科产生的放射性废物应单独暂存于各场所铅废物桶内，在当日工作结束后收集至放射性废物库内贮存，待衰变 30 天以上并经监测满足清洁解控要求后方可作为普通医疗垃圾处理。	已制定《钇 90 树脂微球治疗放射性废物及患者排泄物转运管理制度》和《钇 90 树脂微球管理制度》，规定了本项目核医学科及介入科产生的放射性废物应单独暂存于各场所铅废物桶内，在当日工作结束后收集至放射性废物库内贮存，待衰变 30 天以上并经监测满足清洁解控要求后方可作为普通医疗垃圾处理。	已落实
	辐射工作人员应按要求参加辐射安全培训并取得合格证书，做到持证上岗；建立健全个人剂量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计并接受剂量监测。	本项目辐射工作人员均已参加辐射安全培训并取得合格证书，并已委托建省一准医学检测科技发展有限公司进行外照射个人剂量监测工作；医院已建立个人剂量和职业健康档案。	已落实

三、验收不合格项自查落实情况

根据环境保护部关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告第八条，建设项目环境保护设施存在表 4.2 情形之一的，建设单位不得提出验收合格的意见。

表 4.2　验收不合格项自查落实情况

序号	《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》提出的验收不合格项目	验收中落实的情况
1	未按环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定要求建成环境保护设施，或者环境保护设施不能与主体工程同时投产或者使用的；	不存在此情况
2	污染物排放不符合国家和地方相关标准、环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定或者重点污染物排放总量控制指标要求的；	不存在此情况
3	环境影响报告书（表）经批准后，该建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，建设单位未重新报批环境影响报告书（表）或者环境影响报告书（表）未经批准的；	不存在此情况
4	建设过程中造成重大环境污染未治理完成，或者造成重大生态破坏未恢复的；	不存在此情况
5	纳入排污许可管理的建设项目，无证排污或者不按证排污的；	不存在此情况
6	分期建设、分期投入生产或者使用依法应当分期验收的建设项目，其分期建设、分期投入生产或者使用的环境保护设施防治环境污染和生态破坏的能力不能满足其相应主体工程需要的；	不存在此情况
7	验收报告的基础资料数据明显不实，内容存在重大缺项、遗漏，或者验收结论不明确、不合理的；	不存在此情况
8	其他环境保护法律法规规章等规定不得通过环境保护验收的。	不存在此情况

表五　验收监测质量保证及质量控制

本次监测单位为厦门亿科特检测技术有限公司，我司在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；

②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；

④每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好；

⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

表六　验收监测内容

一、监测项目

根据本项目的工艺流程和污染特征，本次验收监测项目为周围剂量当量率、β放射性物质表面污染水平、分装柜风速。

二、监测点位

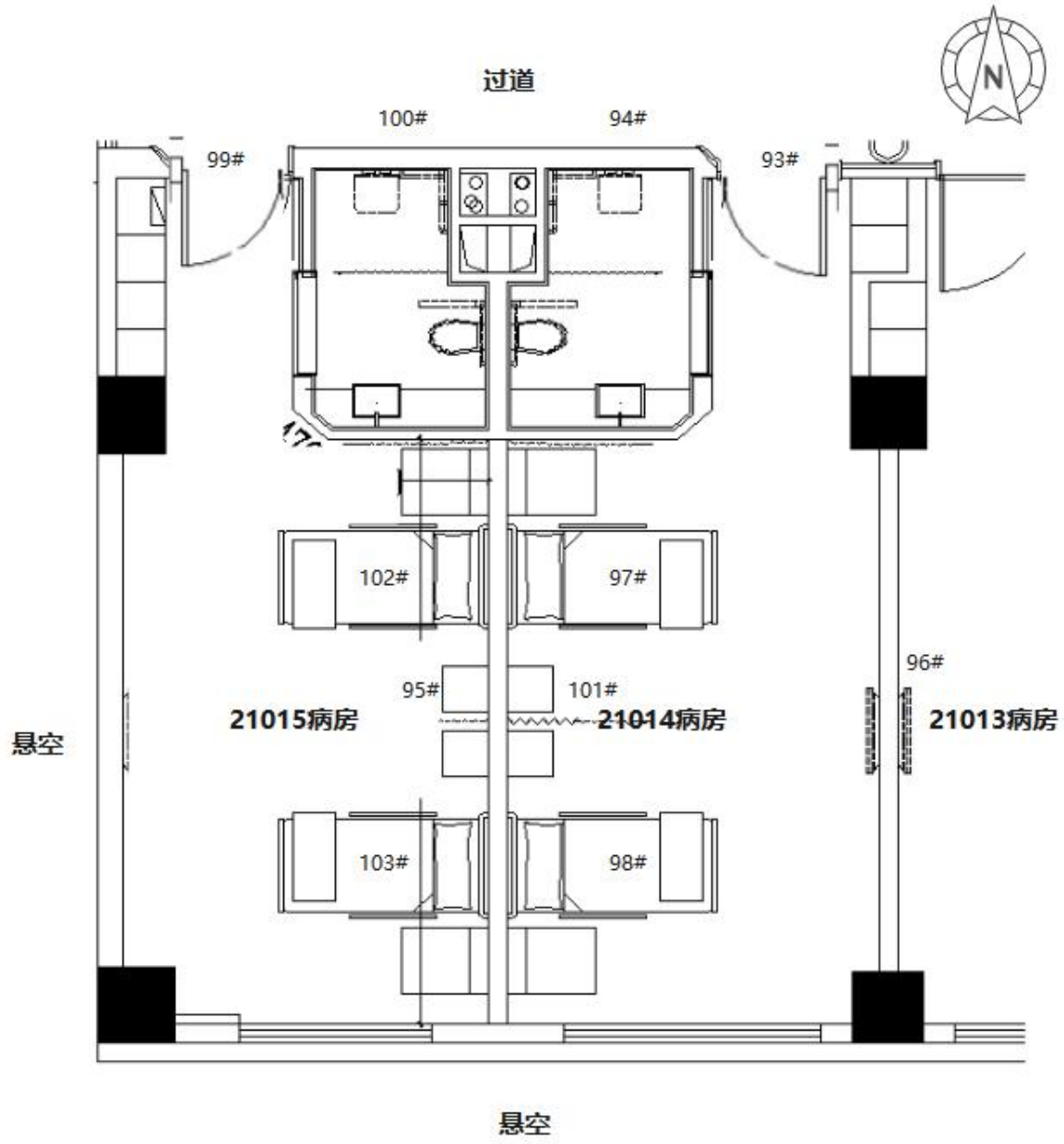

图 6-1　21014、21015 病房工作场所布局及监测布点平面图

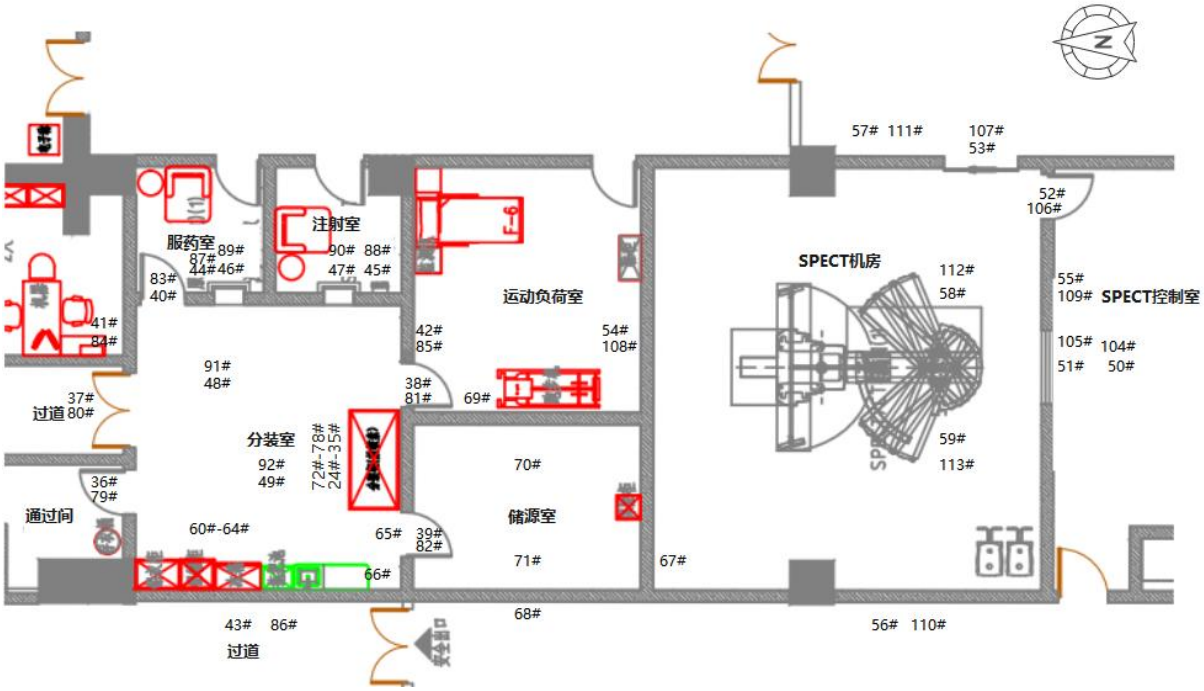

图 6-2　核医学科工作场所布局及监测布点平面图

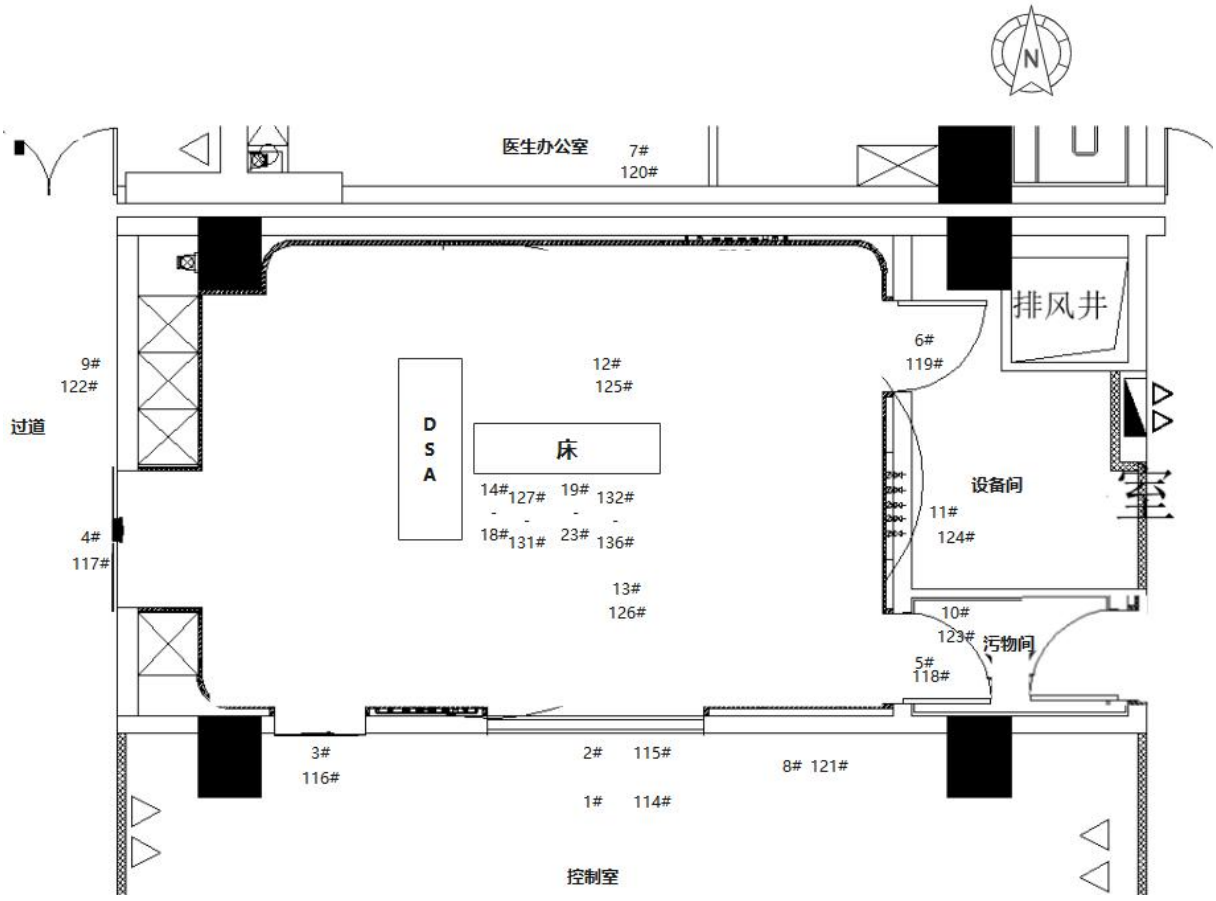

图 6-3　1#导管室工作场所布局及监测布点平面图

三、监测仪器

本次现状监测使用的仪器参数见表 6.1。

表 6.1　环境监测仪器及参数

项目	相关参数		
仪器名称	环境级 X、γ剂量当量（率）仪	表面污染仪	风速仪
仪器型号	SIM-MAX G3140	CoMo-170	405-i
仪器编号	XMYKT/JLYQ-0067	XMYKT/JLYQ-0057	XMYKT/JLYQ-0023
生产厂家	上海新曼传感科技有限公司	NUVIA	TESTO/德图
仪器检定有效期限	2022 年 12 月 1 日至 2023 年 11 月 30 日	2023 年 2 月 15 日至 2024 年 2 月 14 日	2022 年 6 月 1 日至 2023 年 5 月 31 日
仪器检定编号	2022H21-20-4300050001	2023H21-20-4410817001	Z20222-F037400
量程范围	大体积复合闪烁体探测器：10nSv/h～100μSv/h；GM 管（主机内置）探测器：100nSv/h～100mSv/h	——	——
相对固有误差	≤±10%（^{137}Cs）	——	——
能量响应	大体积复合闪烁体探测器：20keV～7MeV；GM 管（主机内置）探测器：50keV～3.0MeV	——	——
角响应	0°～±75°	——	——
使用温度	温度-30℃～50℃	——	——
相对湿度	相对湿度不大于 90%	——	——

四、监测分析方法

本次验收监测方法依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）提供的方法。仪器指标通用要求详见表 6-2。

表 6.2 仪器指标通用要求

项目	相关参数
量程范围	量程下限应不高于 1×10^{-8}Gy/h；量程上限按照辐射源的类型和活度进行选择，应急测量情况下，应确保量程上限符合要求，一般不低于 1×10^{-2}Gy/h。
相对固有误差	＜±15%
能量响应	50KeV～3MeV，相对响应之差＜±30%（相对 ^{137}Cs 参考 γ 辐射源）
角响应	0～180°角响应平均值（$\overline{R}$）与刻度方向上的响应值（R）的比值应大于等于 0.8（对 ^{137}Cs γ 辐射源）
使用温度	−10～40 ℃（即时测量），−25～50 ℃（连续测量）
相对湿度	＜95%（35 ℃）

表七　验收监测

一、验收监测期间生产工况记录：

验收监测期间，各辐射防护设施、设备均正常运行。

二、验收监测结果：

1.辐射工作场所监测结果

本项目辐射工作场所及周边监测结果详见表 7.1 至表 7.4。

表 7.1　本项目周围剂量当量率监测结果（无药物）

监测点（见附图 6-1 至图 6-3）			监测点编号	监测结果（μSv/h）
1#导管室	工作人员操作位		1#	0.176
	观察窗（铅玻璃）外表面 30cm		2#	0.177
	南侧防护门外表面 30cm		3#	0.178
	西侧防护门外表面 30cm		4#	0.177
	东侧防护门外表面 30cm（污物间）		5#	0.180
	东侧防护门外表面 30cm（设备间）		6#	0.180
	北墙外表面 30cm		7#	0.178
	南墙外表面 30cm		8#	0.176
	西墙外表面 30cm		9#	0.176
	东墙外表面 30cm（污物间）		10#	0.176
	东墙外表面 30cm（设备间）		11#	0.174
	楼上离地 30cm		12#	0.174
	楼下离地 170cm		13#	0.177
	第一术者位（铅屏风）	足部	14#	0.178
		下肢	15#	0.176
		腹部	16#	0.177
		胸部	17#	0.176
		头部	18#	0.179
	第二术者位（铅屏风）	足部	19#	0.176
		下肢	20#	0.178
		腹部	21#	0.176
		胸部	22#	0.177
		头部	23#	0.176
分装室	北侧防护门外表面 30cm（通过间）		24#	0.177
	北侧防护门外表面 30cm（过道）		25#	0.178
	南侧防护门外表面 30cm（运动负荷室）		26#	0.176
	南侧防护门外表面 30cm（储源室）		27#	0.180
	东侧防护门外表面 30cm（注射室）		28#	0.172
	北墙外表面 30cm		29#	0.173
	南墙外表面 30cm		30#	0.174
	西墙外表面 30cm		31#	0.175
	东墙外表面 30cm（服药室）		32#	0.176
	东墙外表面 30cm（注射室）		33#	0.176
	东墙服药台外表面 30cm（服药室）		34#	0.176
	东墙注射台外表面 30cm（注射室）		35#	0.178
	楼上离地 30cm		36#	0.174
	楼下离地 170cm		37#	0.176

监测点（见附图 6-1 至图 6-3）		监测点编号	监测结果（μSv/h）
分装柜	分装柜前侧表面 5cm	38#	0.180
	分装柜后侧表面 5cm	39#	0.176
	分装柜左侧表面 5cm	40#	0.178
	分装柜右侧表面 5cm（整体）	41#	0.176
	分装柜右侧表面 5cm（门）	42#	0.178
	分装柜观察窗 5cm	43#	0.178
	分装柜手孔位（左）5cm	44#	0.176
	分装柜手孔位（右）5cm	45#	0.176
SPECT 机房	工作人员操作位	46#	0.179
	观察窗（铅玻璃）外表面 30cm	47#	0.176
	南侧防护门外表面 30cm	48#	0.176
	东侧防护门外表面 30cm	49#	0.178
	北墙外表面 30cm	50#	0.176
	南墙外表面 30cm	51#	0.177
	西墙外表面 30cm	52#	0.177
	东墙外表面 30cm	53#	0.1780
	楼上离地 30cm	54#	0.176
	楼下离地 170cm	55#	0.174
21014 病房	北侧防护门外表面 30cm	56#	0.175
	北墙外表面 30cm	57#	0.177
	西墙外表面 30cm	58#	0.174
	东墙外表面 30cm	59#	0.176
	楼上离地 30cm	60#	0.178
	楼下离地 170cm	61#	0.180
21015 病房	北侧防护门外表面 30cm	62#	0.176
	北墙外表面 30cm	63#	0.178
	东墙外表面 30cm	64#	0.176
	楼上离地 30cm	65#	0.180
	楼下离地 170cm	66#	0.176
储源室	北侧防护门外表面 30cm	67#	0.176
	北墙外表面 30cm	68#	0.178
	南墙外表面 30cm	69#	0.176
	西墙外表面 30cm	70#	0.175
	东墙外表面 30cm	71#	0.178
	楼上离地 30cm	72#	0.179
	楼下离地 170cm	73#	0.176

注：（1）监测日期：2023 年 3 月 23 日；环境条件：23.1℃/52.8%RH；

（2）监测方式为巡测，每个测量点测量十次，取平均值；

（3）表中数据已乘以校准因子 0.95（1μSv/h），未扣除本底。

表 7.2　本项目周围剂量当量率监测结果（有药物）

监测点（见附图 6-1 至图 6-3）			监测点编号	监测结果（μSv/h）	监测工况
1#导管室	工作人员操作位		1#	0.185	185MBq 的 $^{99m}T_C$ 裸源置于 1#导管室机房内；DSA 同时以 87kV、11.3mA 为条件进行透视
	观察窗（铅玻璃）外表面 30cm		2#	0.185	
	南侧防护门外表面 30cm		3#	0.184	
	西侧防护门外表面 30cm		4#	0.185	
	东侧防护门外表面 30cm（污物间）		5#	0.183	
	东侧防护门外表面 30cm（设备间）		6#	0.185	
	北墙外表面 30cm		7#	0.180	
	南墙外表面 30cm		8#	0.182	
	西墙外表面 30cm		9#	0.183	
	东墙外表面 30cm（污物间）		10#	0.180	
	东墙外表面 30cm（设备间）		11#	0.182	
	楼上离地 30cm		12#	0.180	
	楼下离地 170cm		13#	0.182	
	第一术者位（铅屏风）	足部	14#	0.570	
		下肢	15#	0.665	
		腹部	16#	1.245	
		胸部	17#	1.349	
		头部	18#	0.770	
	第二术者位（铅屏风）	足部	19#	0.570	
		下肢	20#	0.494	
		腹部	21#	0.789	
		胸部	22#	0.770	
		头部	23#	0.599	
分装柜	分装柜前侧表面 5cm		24#	0.183	185MBq 的 $^{99m}T_C$ 裸源置于分装柜内
	分装柜后侧表面 5cm		25#	0.185	
	分装柜左侧表面 5cm		26#	0.219	
	分装柜右侧表面 5cm		27#	0.224	
	分装柜观察窗 5cm		28#	0.188	
	分装柜手孔位（左）5cm		29#	0.182	
	分装柜手孔位（右）5cm		30#	0.182	
	分装工作人员头部 5cm		31#	0.187	
	分装工作人员胸部 5cm		32#	0.185	
	分装工作人员手部 5cm		33#	0.186	
	分装工作人员腿部 5cm		34#	0.185	
	分装工作人员足部 5cm		35#	0.184	
分装室	北侧防护门外表面 30cm（通过间）		36#	0.182	185MBq 的 $^{99m}T_C$ 裸源置于转运盒中置于分装室内
	北侧防护门外表面 30cm（过道）		37#	0.183	
	南侧防护门外表面 30cm（运动负荷室）		38#	0.185	
	南侧防护门外表面 30cm（储源室）		39#	0.184	
	东侧防护门外表面 30cm（注射室）		40#	0.183	
	北墙外表面 30cm		41#	0.178	
	南墙外表面 30cm		42#	0.176	
	西墙外表面 30cm		43#	0.180	
	东墙外表面 30cm（服药室）		44#	0.178	

监测点（见附图 6-1 至图 6-3）		监测点编号	监测结果（μSv/h）	监测工况
分装室	东墙外表面 30cm（注射室）	45#	0.181	185MBq 的 $^{99m}T_C$ 裸源置于转运盒中置于分装室内
	东墙服药台外表面 30cm（服药室）	46#	0.194	
	东墙注射台外表面 30cm（注射室）	47#	0.194	
	楼上离地 30cm	48#	0.176	
	楼下离地 170cm	49#	0.179	
SPECT 机房	工作人员操作位	50#	0.176	185MBq 的 $^{99m}T_C$ 裸源置于 SPECT 机房内
	观察窗（铅玻璃）外表面 30cm	51#	0.178	
	南侧防护门外表面 30cm	52#	0.177	
	东侧防护门外表面 30cm	53#	0.176	
	北墙外表面 30cm	54#	0.178	
	南墙外表面 30cm	55#	0.178	
	西墙外表面 30cm	56#	0.180	
	东墙外表面 30cm	57#	0.182	
	楼上离地 30cm	58#	0.178	
	楼下离地 170cm	59#	0.178	
注射防护盒	注射器防护盒表面 5cm	60#	0.185	185MBq 的 $^{99m}T_C$ 裸源置于注射防护盒内
	注射器防护盒表面 30cm	61#	0.182	
铅罐	铅罐侧表面 5cm	62#	34.191	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于铅罐内
	铅罐上侧表面 5cm	63#	29.574	
铅罐+有机玻璃防护罩	铅罐外表面 5cm	64#	13.424	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于铅罐内+有机玻璃防护罩
储源室	北侧防护门外表面 30cm	65#	0.182	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于储源室内
	北墙外表面 30cm	66#	0.183	
	南墙外表面 30cm	67#	0.181	
	西墙外表面 30cm	68#	0.181	
	东墙外表面 30cm	69#	0.180	
	楼上离地 30cm	70#	0.184	
	楼下离地 170cm	71#	0.180	
分装柜	分装柜前侧表面 5cm	72#	1.016	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于铅罐内，盖打开，置于分装柜内
	分装柜左侧表面 5cm	73#	0.914	
	分装柜右侧表面 5cm（整体）	74#	0.770	
	分装柜右侧表面 5cm（门）	75#	0.186	
	分装柜观察窗 5cm	76#	0.789	
	分装柜手孔位（左）5cm	77#	0.388	
	分装柜手孔位（右）5cm	78#	1.097	
分装室	北侧防护门外表面 30cm（通过间）	79#	0.313	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于分装室内
	北侧防护门外表面 30cm（过道）	80#	0.234	
	南侧防护门外表面 30cm（运动负荷室）	81#	0.228	
	南侧防护门外表面 30cm（储源室）	82#	0.186	
	东侧防护门外表面 30cm（注射室）	83#	0.188	
	北墙外表面 30cm	84#	0.184	
	南墙外表面 30cm	85#	0.191	
	西墙外表面 30cm	86#	0.193	
	东墙外表面 30cm（服药室）	87#	0.195	

监测点（见附图 6-1 至图 6-3）			监测点编号	监测结果（μSv/h）	监测工况
分装室	东墙外表面 30cm（注射室）		88#	0.193	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于分装室内
	东墙服药台外表面 30cm（服药室）		89#	0.188	
	东墙注射台外表面 30cm（注射室）		90#	0.187	
	楼上离地 30cm		91#	0.176	
	楼下离地 170cm		92#	0.178	
21014 病房	北侧防护门外表面 30cm		93#	0.255	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于 21014 病房病床上
	北墙外表面 30cm		94#	0.201	
	西墙外表面 30cm		95#	0.411	
	东墙外表面 30cm		96#	0.224	
	楼上离地 30cm		97#	0.209	
	楼下离地 170cm		98#	0.233	
21015 病房	北侧防护门外表面 30cm		99#	0.239	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于 21015 病房病床上
	北墙外表面 30cm		100#	0.223	
	东墙外表面 30cm		101#	0.224	
	楼上离地 30cm		102#	0.186	
	楼下离地 170cm		103#	0.191	
SPECT 机房	工作人员操作位		104#	0.185	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于 SPECT 机房内
	观察窗（铅玻璃）外表面 30cm		105#	0.231	
	南侧防护门外表面 30cm		106#	0.184	
	东侧防护门外表面 30cm		107#	0.198	
	北墙外表面 30cm		108#	0.192	
	南墙外表面 30cm		109#	0.185	
	西墙外表面 30cm		110#	0.185	
	东墙外表面 30cm		111#	0.182	
	楼上离地 30cm		112#	0.188	
	楼下离地 170cm		113#	0.189	
1#导管室	工作人员操作位		114#	0.219	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于 1#导管室内；DSA 同时以 87kV、11.3mA 为条件进行透视
	观察窗（铅玻璃）外表面 30cm		115#	0.286	
	南侧防护门外表面 30cm		116#	0.232	
	西侧防护门外表面 30cm		117#	0.178	
	东侧防护门外表面 30cm（污物间）		118#	0.219	
	东侧防护门外表面 30cm（设备间）		119#	0.217	
	北墙外表面 30cm		120#	0.186	
	南墙外表面 30cm		121#	0.195	
	西墙外表面 30cm		122#	0.176	
	东墙外表面 30cm（污物间）		123#	0.221	
	东墙外表面 30cm（设备间）		124#	0.191	
	楼上离地 30cm		125#	0.198	
	楼下离地 170cm		126#	0.201	
	第一术者位（铅屏风）	足部	127#	1.320	
		下肢	128#	1.499	
		腹部	129#	2.236	
		胸部	130#	2.647	
		头部	131#	3.030	

监测点（见附图 6-1 至图 6-3）			监测点编号	监测结果（μSv/h）	监测工况
1#导管室	第二术者位（铅屏风）	足部	132#	0.936	3GBq 的 ^{90}Y 裸源置于 1#导管室内；DSA 同时以 87kV、11.3mA 为条件进行透视
		下肢	133#	1.173	
		腹部	134#	1.497	
		胸部	135#	1.876	
		头部	136#	2.200	

注：（1）监测日期：2023 年 3 月 23 日；环境条件：23.5℃/53.8%RH；
（2）监测方式为巡测，每个测量点测量十次，取平均值；
（3）表中数据已乘以校准因子 0.95（1μSv/h），未扣除本底。

表 7.3　核医学科工作场所β放射性物质表面污染水平检测结果

监测场所	监测点位置	检测结果（Bq/cm²）	标准要求（Bq/cm²）
1#导管室（$^{99m}T_C$）	地面	0.03	≤40
	墙面	0.03	
	出入门把手	0.02	
	诊断床面	0.02	
SPECT 机房（$^{99m}T_C$）	地面	0.03	
	墙面	0.03	
	出入门把手	0.03	
	诊断床面	0.04	
分装室（$^{99m}T_C$）	分装柜表面	0.03	
	地面	0.03	
	墙面	0.03	
	出入门把手	0.03	
1#导管室控制室（$^{99m}T_C$）	地面	0.02	≤4.0
	墙面	0.02	
	出入门把手	0.03	
	工作台面	0.03	
	鼠标、键盘	0.02	
SPECT 控制室（$^{99m}T_C$）	地面	0.03	
	墙面	0.03	
	出入门把手	0.03	
	工作台面	0.03	
	鼠标、键盘	0.03	
1#导管室（^{90}Y）	地面	0.04	≤40
	墙面	0.04	
	出入门把手	0.04	
	诊断床面	0.04	
SPECT 机房（^{90}Y）	地面	0.02	
	墙面	0.02	
	出入门把手	0.02	
	诊断床面	0.02	
分装室（^{90}Y）	分装柜表面	0.03	
	地面	0.03	
	墙面	0.03	
	出入门把手	0.02	

监测场所	监测点位置	检测结果（Bq/cm²）	标准要求（Bq/cm²）
21014 病房（^{90}Y）	地面	0.04	≤40
	墙面	0.04	
	出入门把手	0.04	
	床面	0.04	
21015 病房（^{90}Y）	地面	0.03	≤40
	墙面	0.04	
	出入门把手	0.04	
	床面	0.04	
1#导管室控制室（^{90}Y）	地面	0.04	≤4.0
	墙面	0.04	
	出入门把手	0.04	
	工作台面	0.04	
	鼠标、键盘	0.04	
SPECT 控制室（^{90}Y）	地面	0.03	
	墙面	0.03	
	出入门把手	0.04	
	工作台面	0.04	
	鼠标、键盘	0.03	

注：在使用药物监测完成后进行了β表面污染水平监测；

表 7.4 核医学科分装柜风速检测结果

检测点			检测结果（m/s）	标准要求（m/s）
分装室	分装柜	左侧屏蔽孔处（打开）	1.58	≥0.5
		右侧屏蔽孔处（打开）	1.46	

注：表中风速的监测结果已乘以校准因子 1.01。

从监测结果可知：

1#导管室在无药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.174~0.180μSv/h 范围内，术者位周边周围剂量当量率在 0.176~0.178μSv/h 范围内；

核医学科在无药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.170~0.180μSv/h 范围内；

21014 病房、21015 病房在无药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.174~0.180μSv/h 范围内；

1#导管室在有药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.180~0.286μSv/h 范围内，术者位周边周围剂量当量率在 0.494~3.030μSv/h 范围内，表面污染水平监测值在 0.02~0.04Bq/cm² 之间；

核医学科在有药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.176~1.097μSv/h 范围内，表面污染水平监测值在 0.02~0.04Bq/cm² 之间，风速监测值在 1.46~1.58m/s 之间；

留观病房在有药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.191~0.411μSv/h 范围内，表面污染水平监测值在 0.03~0.04Bq/cm² 之间；

以上监测结果满足《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188-2021 和《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》WS 76-2020 的标准要求。

2.年有效剂量估算

根据建设单位提供的资料，本项目每天最多治疗 2 例病人，年最多治疗 200 例病人。

核医学科辐射工作人员进行 ^{90}Y 树脂微球准备及转移至 V 瓶约 10min；^{90}Y 树脂微球或 ^{99m}Tc 药物由核医学转运至 1#导管室约 3min；带药病人在 SPECT 机房单人扫描时间约 20min。

^{90}Y 树脂微球或 ^{99m}Tc 药物输注时单个患者最多为 6min；每台手术 DSA 出束时间约 20min。

^{90}Y 带药病人由 1#导管室转运至留观病房约 5min；^{90}Y 带药病人由留观病房转运至核医学科约 8min；^{99m}Tc 带药病人由 1#导管室转运至核医学科扫描机房约 3min。

留观病房东侧、北侧、楼上下均为病房，根据医院提供资料，保守取 1 个病人在病房住院 10 天，且住院期间留观病房内均有 ^{90}Y 患者，则每间病房年住 100 人，每个 ^{90}Y 病人最多留观 24h，则年留观时间为 2400h。

参考联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 的相关内容，年附加剂量采用下式进行估算：

$D=TH/1000$

式中：D—年所受外照射的附加剂量，mSv；

H—照射剂量率，μSv/h；

T—工作时间，h。

年受照时间见表 7.5，年有效估算结果见表 7.6。

表 7.5　年受照时间一览表

岗位	操作过程	每例操作时间	年操作次数（人次）	年累计工作时间（h）
SPECT 扫描操作辐射工作人员	^{90}Y 患者扫描	20min	200	66.67
	^{99m}Tc 患者扫描	20min	200	66.67
药物准备、分装和转运辐射工作人员	^{90}Y 树脂微球准备、分装	10min	200	33.33
	^{90}Y 药物转运	3min	200	10.00
	^{99m}Tc 药物转运	3min	200	10.00
1#导管室内导管植入、药物推注辐射工作人员	^{90}Y 树脂微球输注	6min	200	20.00
	^{99m}Tc 药物输注	6min	200	20.00
1#导管室操作室辐射工作人员	^{90}Y 树脂微球输注	20min	200	66.67
	^{99m}Tc 药物输注	20min	200	66.67
转运辐射工作人员	^{90}Y 患者转运	13min	200	43.33
	^{99m}Tc 患者转运	3min	200	10.00

表 7.6　年有效剂量估算表

保护目标		照射剂量率（μSv/h）（点位）	年受照时间（h）	年有效剂量估算（mSv）
SPECT 扫描操作辐射工作人员	^{90}Y 患者扫描	0.231（#105）	66.67	0.02
	^{99m}Tc 患者扫描	0.178（#51）	66.67	0.01
药物准备、分装和转运辐射工作人员	^{90}Y 树脂微球准备、分装	1.097（#78）	33.33	0.04
	^{90}Y 药物转运	13.424（64#）	10.00	0.13
	^{99m}Tc 药物转运	0.185（#60）	10.00	0.002
1#导管室内导管植入、药物推注辐射工作人员	^{90}Y 树脂微球输注	3.030（#131）	20.00	0.06
	^{99m}Tc 药物输注	1.349（#17）	20.00	0.03
1#导管室操作室辐射工作人员	^{90}Y 树脂微球输注	0.286（#115）	66.67	0.02
	^{99m}Tc 药物输注	0.182（#1）	66.67	0.01

保护目标		照射剂量率（μSv/h）（点位）	年受照时间（h）	年有效剂量估算（mSv）
转运辐射工作人员	^{90}Y 患者转运	1.854*	43.33	0.08
	^{99m}Tc 患者转运	1.773*	10.00	0.02
公众人员		0.255	2400	0.04

注：①“*”：本报告转运辐射工作人员照射剂量率参考环评报告中患者转运辐射剂量率计算结果；
②公众人员年有效剂量估算取周围最大周围剂量当量率监测结果进行估算，留观因子取 1/16。

从事本项目的辐射工作人员年有效剂量除了考虑本项目所致的年有效剂量，还应考虑在参与其他辐射项目的受照情况。本报告引用 2023 年度个人剂量监测结果估算本项目放射工作人员在参与其他辐射项目所受到的年有效剂量，新增本项目后辐射工作人员年有效剂量估算表详见表 7.7。

表 7.7　新增本项目后辐射工作人员年有效剂量估算表

序号	姓名	2023 年第一季度（mSv）	2023 年第二季度（mSv）	2023 年第三季度（mSv）	2023 年第四季度（mSv）	本项目所致年有效剂量（mSv）	总计（mSv）
1	***	0.031	0.050	0.014	0.062	/	0.157
2	***	0.052	0.064	0.014	0.059	0.03	0.219
3	***	0.014	0.056	0.014	0.014	0.172	0.270
4	***	0.321	0.014	0.176	0.256	0.09	0.857
5	***	0.138	0.232	0.014	0.014	0.09	0.488
6	***	0.035	0.096	0.031	0.127	0.09	0.379
7	***	0.033	0.014	0.014	0.014	0.03	0.105
8	***	0.028	0.047	0.014	0.014	0.03	0.133
9	***	0.014	0.014	0.014	0.014	0.10	0.156
10	***	/	0.014	0.014	0.014	0.10	0.142

综上所述，新增本项目后的辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.857mSv，周边活动的公众人员年有效剂量最大值为 0.04mSv。因此辐射工作人员及周围公众人员的年有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足本项目辐射工作人员的剂量约束值 5mSv/a 和公众人员剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

表八　验收监测结论

验收监测结论：

1.调查的基本情况

对调查结果作进一步总结和分析，得出以下主要结论：

1.1 对照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》调查情况结果

对照环境保护部发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第八条落实调查结论。厦门弘爱医院不存在《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第八条中的任一一条不合格项。

1.2 工程概况调查结果

根据现场调查，本次验收内容为：在福建省厦门市湖里区仙岳路 3777 号门诊综合大楼负一层核医学科、三层 1#导管室、二号住院楼十层 21014、21015 两间病房开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，用于肝癌治疗。在门诊综合大楼负一层核医学科内的分装室等场所对 ^{90}Y 进行贮存、抽取、活度测量和扫描活动，^{90}Y 日等效最大操作量为 $6.0\times10^{7}Bq$，门诊综合大楼负一层核医学科日等效最大操作量为 $3.83\times10^{9}Bq$；在门诊综合大楼三层的 1#导管室内使用 DSA 机对病人注射 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 核素（两种核素不同一天操作），日等效最大操作量为 $5.0\times10^{7}Bq$；将二号住院楼十层两间病房设置为树脂微球治疗患者专用留观病房。本次验收项目与环评阶段对比，建设性质、地点、规模、辐射活动种类保持一致，辐射安全与防护设施基本保持一致，与环评相比，部分防护设施和个人防护用品有变动，该变动不属于重大变动，不影响验收，目前配备的防护设施和个人防护用品满足本项目使用。

项目现已投入运营，本项目投资 100 万，其中环保投资 25 万，环保投资占总投资 25%。

1.3 环境保护措施执行情况调查结果

本项目执行了建设项目环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，落实了环评报告表及批复文件的各项污染防治措施。采取的主要环境保护措施如下：

①建设了满足辐射屏蔽要求的辐射工作场所，各辐射工作场所出入口安装了电离辐射警告标志，按规范划分监督区和控制区，并设置有紧急停机装置、视频监控系统、对讲装置、排风装置等，且能正常工作。

②医院已配备个人防护用品和设施，并配备了辐射巡检仪、表面污染测量仪、个人剂量报警仪，且能正常使用。医院为所有辐射工作人员均配备了个人剂量计，并委托福建省一准医学检测科技发展有限公司开展个人剂量监测。

③本项目产生的放射性固废统一存放在核医学科固废间内，至少贮存 30 天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β表面污染小于 $0.8Bq/cm^2$，对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

④^{90}Y 树脂微球药品中，绝大多数 ^{90}Y 核素附着在“大孔型结构”的树脂微球表面和内部孔道内，以不溶性固体形式存在，极少量（0.04~0.4%）^{90}Y 核素以游离状态出现在液体中，游离的 ^{90}Y 核素以氯化钇（$^{90}YCl_3$）形式存在，氯化钇不具备挥发性，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。本项目使用的 ^{99m}Tc 为分装好的针剂，无开放液面，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。

⑤本项目产生的 ^{90}Y 废水将直接排放，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

④本项目依托核医学科及介入科现有辐射工作人员，从核医学科及介入科现有辐射工作人员中抽调 10 人从事本项目辐射工作，本项目不额外新增辐射工作人员。10 名辐射工作人员均持有在有效期内的核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，并均已参加职业健康体检，适任性处理意见均为：可以从事放射工作。

⑤医院成立了辐射安全管理小组，建立了较完善的辐射安全管理制度，主要规章制度已上墙。

1.4 辐射工作场所验收监测结论

1#导管室在无药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.174~0.180μSv/h 范围内，术者位周边周围剂量当量率在 0.176~0.178μSv/h 范围内；

核医学科在无药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.170~0.180μSv/h 范围内；

21014 病房、21015 病房在无药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.174~0.180μSv/h 范围内；

1#导管室在有药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.180~0.286μSv/h 范围内，术者位周边周围剂量当量率在 0.494~3.030μSv/h 范围内，表面污染水平监测值在 0.02~0.04Bq/cm^2 之间；

核医学科在有药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.176~1.097μSv/h 范围内，表面污染水平监测值在 0.02~0.04Bq/cm^2 之间，风速监测值在 1.46~1.58m/s 之间；

留观病房在有药物工况下，周边周围剂量当量率在 0.191~0.411μSv/h 范围内，表面污染水平监测值在 0.03~0.04Bq/cm^2 之间；

以上监测结果均满足《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188-2021 和《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》WS 76-2020 的标准要求。

1.5 人员防护及管理制度调查结论

①年有效剂量估算结果

从事本项目的辐射工作人员年有效剂量除了考虑本项目所致的年有效剂量，还应考虑在参与其他辐射项目的受照情况。本报告引用 2023 年度个人剂量监测结果估算本项目放射工作人员在参与其他辐射项目所受到的年有效剂量，新增本项目后辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.857mSv，周边活动的公众人员年有效剂量最大值为 0.04mSv。因此辐射工作人员及周围公众人员的年有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足本项目辐射工作人员的剂量约束值 5mSv/a 和公众人员剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

②辐射工作人员监护情况调查结论

医院为本项目辐射工作场所均配备了个人剂量计、个人剂量报警仪等监测设备。

③管理制度落实情况调查结论

医院成立了辐射安全管理小组，建立了较完善的辐射安全管理制度，主要规章制度已上墙。

④辐射防护制度对照环保部 3 号令和 18 号令落实情况调查结论

医院落实了环保部 3 号令及 18 号令提出的相关措施要求。

1.6 环境风险及防范措施调查结论

厦门弘爱医院医核医学落实了环境风险防范措施，并制定了《辐射事故应急处理预案》，确保有序地组织开展事故救援工作，能最大限度地减少或消除事故和紧急情况造成的影响，避免事故蔓延和扩大，保护人群健康。

综合所述，厦门弘爱医院 ^{90}Y 树脂微球治疗项目满足辐射防护的要求，严格执行了各项规章制度，各种辐射安全防护措施达到了环评报告及批复文件提出的要求，辐射环境监测结果能满足相关标准的要求。因此，该项目符合环境保护竣工验收条件。

2.存在问题及改进建议

（1）每年及时开展放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估，并于 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。

（2）根据实际辐射工作情况适时修订辐射管理规章制度。

（3）加强本项目辐射工作场所日常监测管理，定期检查辐射辐射设施，保证正常运行。

（4）部分辐射工作人员的职业健康检查即将过 2 年有效期，建设单位应及时重新安排职业健康检查。

附件

附件 1 委托书

附件 2 环评批复

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 个人剂量监测报告

附件 5 职业健康体检报告

附件 6 辐射安全培训证书

附件 8 辐射防护相关管理制度

附件 9 年度评估报告（部分）

附件 10 监测报告

附件 11 2023 年应急演练记录表