

山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目  
竣工环境保护验收监测报告表

建设及编制单位：山东大学齐鲁医院

2024年7月

建设单位/编制单位法人代表： (签字)

项 目 负 责 人： (签字)

填 表 人： (签字)

建设及编制单位：山东大学齐鲁医院 (盖章)

电话：18560080338

传真：--

邮编：250100

地址：山东省济南市历下区文化西路 107 号



表 1 项目基本情况

建设项目名称		山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目			
建设单位名称		山东大学齐鲁医院			
项目性质		改建			
建设地点		山东省济南市文化西路 107 号，医院博施楼一楼核医学科、华美楼负二楼 DSA 机房、华美楼五楼病房及综合楼二楼病房			
源项		放射源	/		
		非密封放射性物质	医院博施楼一楼核医学科、华美楼负二楼 DSA 机房、华美楼五楼病房及综合楼二楼病房使用 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$		
		射线装置	/		
建设项目环评批复时间		2022 年 11 月 25 日	开工建设时间	2022 年 12 月	
取得辐射安全许可证时间		2023 年 6 月 19 日	项目投入运行时间	2024 年 3 月	
辐射安全与防护设施投入运行时间		2024 年 3 月	验收现场监测时间	2024 年 4 月 23 日 2024 年 6 月 11 日	
环评报告表审批部门		济南市生态环境局	环评报告表编制单位	山东海美依项目咨询有限公司	
辐射安全与防护设施设计单位		青岛青盾医疗科技有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	青岛青盾医疗科技有限公司	
投资总概算	1600 万元	辐射安全与防护设施投资总概算	100 万元	比例	6.25%
实际总概算	1600 万元	辐射安全与防护设施实际总概算	100 万元	比例	6.25%
验收依据	<p><b>一、建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度</b></p> <p><b>(一) 法律、法规</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号公布，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日施行；</li> <li>2. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日施行；</li> <li>3. 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号公布，2017 年 6 月 21 日修订，2017 年 10 月 1 日施行；</li> <li>4. 《放射性废物安全管理条例》（国务院令 612 号，2012.3.1）</li> <li>5. 《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 年 12 月 1 日施行，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月</li> </ol>				

2 日第二次修订；

6. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2006.3 施行，2021.1 第四次修订；

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

8. 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》（原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018.1.1）；

9. 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（原环境保护部，环办辐射函〔2016〕430 号，2016.3.7）；

10. 《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014 年 5 月 1 日施行；

11. 《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人大常委会第七次会议，2018 年 11 月 30 日修订，2019 年 1 月 1 日施行。

## （二）技术标准

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

2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

3. 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；

4. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

5. 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；

6. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；

7. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；

8. 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；

9. 《山东省医疗机构污染物排放控制标准》（DB37/596-2020）；

10. 《钇<sup>90</sup>Y 树脂微球临床治疗放射防护要求》（T/WSJD45-2023）。

## 二、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验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）；

2. 《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类（试行）》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）。

	<p><b>三、建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定</b></p> <p>1. 《山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目环境影响报告表》，山东海美依项目咨询有限公司，2022 年 9 月；</p> <p>2. 《济南市生态环境局关于山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目环境影响报告表的批复》（济环辐表审[2022]15 号），济南市生态环境局，2022 年 11 月 25 日；</p> <p>3. 《钇[Y-90]树脂微球介入治疗的放射防护评估》（耿建华、陈英茂、王晓涛等，中国辐射卫生，2021 年 12 月第 30 卷第 6 期）；</p> <p>4. 《钇-90 树脂微球使用过程辐射安全风险研究报告》（生态环境部核与辐射安全中心，2021 年 8 月 23 日）；</p> <p><b>四、其他相关文件</b></p> <p>医院辐射安全许可证、辐射安全管理规章制度等其他资料。</p>
验收执行标准	<p><b>一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</b></p> <p><b>1. 人员剂量</b></p> <p>根据中附录 B:</p> <p>B1 剂量限值:</p> <p>B1.1 职业照射</p> <p>B1.1.1 剂量限值</p> <p>B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值:</p> <p>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；</p> <p>b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；</p> <p>c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；</p> <p>d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。</p> <p>B1.2 公众照射</p> <p>B1.2.1 剂量限值</p> <p>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:</p>

- 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，则某一年单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；
  - c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；
  - d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。
- 第 11.4.3.2 款规定：剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内。

## 2. 表面污染控制水平

### B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 B11 所列。应用这些控制水平时应注意：

职业人员体表、内衣、工作服以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循 GB18871-2002 附录 B 中表 B11 所规定的限制要求。

工作场所的表面污染控制水平如表 1-1 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<sup>2</sup>

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4	4×10 <sup>1</sup>	4×10 <sup>1</sup>
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>

注：1) 该区内的污染子区除外。

B2.2 款“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低至上表中所列设备类的控制水平的五分之一以下时，经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。”

## 3. 非密封源工作场所分级

### ①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	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

②放射性核素的日等效操作量的计算

日等效操作量=日操作量×核素毒性因子÷操作方式的修正因子

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式的修正因子所得的商。

放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见下表 1-3 和表 1-4。

表1-3 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表1-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体，溶液 ，悬浮液	表面有污 染的固体	气体，蒸汽，粉 末，压力很高 的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

4. 放射性物质向环境排放的控制

根据GB18871-2002 中 8.6.2 条款规定：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 10 ALI<sub>min</sub>(ALI<sub>min</sub>是相应于职业照射的食入和吸入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 1 ALImin，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。根据 B1.3.4 和 B1.3.5 条规定，对于职业照射，在一定的假设下可将  $I_{j,L}$  用作 ALI。由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值  $I_{j,L}$  计算公式：

$$I_{j,L} = \frac{DL}{e_j}$$

其中：DL—相应的有效剂量的年剂量限值，本次保守取 5mSv/a；

$e_j$ —GB18871-2002 给出的放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。本项目放射性核素排放导出限值见表 1-5。

表 1-5 放射性核素排放导出限值

放射性核素	职业照射待积有效剂量 (Sv/Bq)	ALImin 一次排放限值 (Bq)	10ALImin 月排放限值 (Bq)
	吸入 $e(g)_{j,ing}$		
$^{99m}Tc$	$2.9 \times 10^{-11}$	$1.38 \times 10^8$	$1.38 \times 10^9$
$^{90}Y$	$2.7 \times 10^{-9}$	$1.85 \times 10^6$	$1.85 \times 10^7$

### 5. 放射性废物清洁解控

除非审管部门另有规定，否则清洁解控水平的确定应考虑本标准附录 A 所规定的豁免准则，并且所定出的清洁解控水平不应高于本标准附录 A 中规定的或审管部门根据该附录规定的准则所建立的豁免水平。

表 1-6 放射性核素的豁免活度浓度（摘自 GB18871-2002 表 A1）

核素	解控水平 (Bq/g)
$^{99m}Tc$	$1 \times 10^2$
$^{90}Y$	$1 \times 10^3$

## 二、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

### 4.2 辐射工作场所分级

第 4.2 款规定：辐射工作场所分级。应按照 GB18871 的规定，将辐射工作场所的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操量的大小分为甲级、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。

表1-7 核医学常用放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	常用核素名称	毒性组别修正因子
高毒	<sup>90</sup> Sr	1
中毒	<sup>22</sup> Na、 <sup>32</sup> P、 <sup>63</sup> Ni、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>90</sup> Y、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>111</sup> In、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>153</sup> Sm	0.1
低毒	<sup>13</sup> H、 <sup>11</sup> C、 <sup>11</sup> CO、 <sup>11</sup> CO <sub>2</sub> 、 <sup>14</sup> CO、 <sup>14</sup> CO <sub>2</sub> 、 <sup>18</sup> F、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>111m</sup> In、 <sup>123</sup> I、 <sup>127</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe、 <sup>201</sup> Tl	0.01

表1-8 核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
发生器淋洗	母体(液态)	贮存	100
	子体(液态)	简单操作	1
医疗机构使用	<sup>18</sup> F、 <sup>99m</sup> Tc	很简单操作	10
放射性药品生产	分装、标记(液态)	简单操作	1
核素治疗	<sup>131</sup> I(液态)	简单操作	1

<sup>90</sup>Y 操作包括抽取（分装）、活度测定、注射等，与 <sup>99m</sup>Tc 活动类似，参考医疗机构使用 <sup>99m</sup>Tc，按照很简单的操作考虑。

### 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。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制室相连的其他场所或区域。

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 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，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 $10 \mu\text{Sv/h}$ 。

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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，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 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。

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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

#### 7.2.3 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， $\alpha$  表面污染小于 $0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$  表面污染小于 $0.8\text{Bq/cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；

b) 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。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的

表面剂量率应不超过0.1mSv/h，表面污染水平对 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体应小于4Bq/cm<sup>2</sup>、其他 $\alpha$ 发射体应小于0.4Bq/cm<sup>2</sup>。

### 7.3.3 放射性废液排放

#### 7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放；

b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB 18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 $\alpha$ 不大于1Bq/L、总 $\beta$ 不大于10 Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L。

### 7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

## 8 辐射监测

### 8.1 一般要求

8.1.1 开展核医学诊疗实践的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作，不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

8.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。

8.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

### 8.2 工作场所监测

8.2.1 应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作

场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。

8.2.2 核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于表 1-9 的内容。

表 1-9 核医学工作场所辐射监测关注点位

监测内容	监测点位	监测频次
辐射水平	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	不少于 1 次/月
表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）

### 8.3 环境监测

开展核医学相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于1次/年。

### 8.4 个人剂量监测

8.4.1 核医学工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。

8.4.2 对于操作大量气态和挥发性放射性物质的工作人员，应根据场所的放射性气溶胶浓度开展内照射评价，当怀疑其体内受到放射性污染时，应进行体内放射性监测。

8.4.3 个人剂量档案应按要求妥善保存，监测数据异常时，及时进行调查。

## 三、参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

### 6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

#### 6.1.1 个人防护用品及去污用品

开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品，其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。当使用的  $^{99m}\text{Tc}$  活度大于 800MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作

$^{68}\text{Ga}$ 、 $^{18}\text{F}$  等正电子放射性药物和  $^{131}\text{I}$  的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

#### 6.1.2 辅助用品

根据工作及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。

8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。

8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特征和处理过程，并存档备案。

8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过  $0.1\text{mSv/h}$ ，质量不超过  $20\text{kg}$ 。

8.9 储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

#### 四、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)

第 6.1.1 款规定：对职业照射用年有效剂量评价，应符合 GB18871-2002 的 B1.1 的规定。

第 6.1.3 款规定：对职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，还应作进一步调查，本标准建议的年调查水平为有效剂量 5.0mSv/a。

根据环境影响报告表，本次验收以 5.0mSv/a 作为职业人员的管理剂量约束值，以 125mSv/a 作为职业人员四肢的管理剂量约束值，以 20mSv 作为介入人员眼晶体的年当量剂量约束值；以 5mSv 作为慰问者在患者诊断和治疗期间所受到的管理剂量约束值，以 0.1mSv/a 作为公众成员的管理剂量约束值；以 2.5 μSv/h 作为控制区边界外和控制区内房间外剂量率目标控制值；取 2.5 μSv/h 作为手套箱等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率控制目标值，取 25 μSv/h 作为手套箱等非正对人员操作位表面的周围剂量当量率控制目标值。

以 GB18871-2002 附录 B 中表 B11 所规定的限值（即表 3-1）、HJ1188-2021 作为工作场所 β 表面污染水平目标控制值，其中相关病房在患者出院后以及介入室在本项目注射手术结束后，应确保 β 表面污染满足 GB18871-2002 表 B11 中的五分之一以下（控制区内设备和物品 0.8Bq/cm<sup>2</sup>、监督区内设备和物品 0.08Bq/cm<sup>2</sup>，场所表面污染 0.8Bq/cm<sup>2</sup>）；取 10Bq/L 作为衰变池排放口废水总 β 放射性水平目标控制值。

#### 四、环境天然放射性水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，济南市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 1-10。

表 1-10 济南市环境天然辐射水平（×10<sup>-8</sup>Gy/h）

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	4.43~8.08	6.26	0.77
道路	1.84~6.88	4.12	1.40
室内	6.54~12.94	8.94	1.91

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

表 2 项目建设情况

## 2.1 项目建设内容

### 2.1.1 单位概况

山东大学齐鲁医院是国家卫生健康委委属（管）医院，教育部直属重点大学——山东大学的直属附属医院，首批委省共建国家区域医疗中心（综合类）牵头和主体建设单位。医院始建于公元1890年，先后称华美医院、共合医院、齐鲁医院、山东医科大学附属医院等，2000年10月更名为山东大学齐鲁医院。

医院现有临床医技科室58个，其中国家重点学科和国家临床重点专科20个。医院现有中国工程院院士、国家杰出青年基金获得者等国家级高层次人才14人，泰山学者49人（其中攀登专家5人），国家和省部级突出贡献中青年专家19人。医院建立了完整的临床教育和规培体系，承担着山东大学临床医学从本科到博士的教学任务，设有临床医学一级学科博士学位授权点，覆盖所有二级学科，设有博士后流动站。在岗博士生导师166名，硕士生导师474名。医院实际开放床位5100余张，2021年度完成门急诊量466.1万人次，出院病人26.5万人次，手术量13.2万台次。在神经复合手术、心脏介入手术、内镜治疗等多个领域处于国内领先水平。医院现为国家疑难病症诊治能力提升工程（重症医学方向）建设单位、国家卫健委医疗技术评估试点医院。

医院现有济南中心院区、济南东院区和青岛院区 3 个院区，济南中心院区位于济南市文化西路 107 号。本项目位于济南中心院区。

本项目所在院区地理位置见附图 1，周围环境关系见附图 2，医院总平面布置见附图 3。

### 2.1.2 项目建设内容和规模

#### 1、项目规模

2022 年 5 月，医院委托山东海美依项目咨询有限公司编制了《山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目环境影响报告表》。

为满足肿瘤治疗需求，医院开展钇-90树脂微球治疗项目，主要用于肝脏恶性肿瘤治疗；主要流程：患者使用<sup>90</sup>Y树脂微球进行治疗前1-2周，需先在DSA介入条件下注射<sup>99m</sup>Tc-MAA（核素<sup>99m</sup>Tc标记的亚锡聚合白蛋白，一种对人体无害的诊断蛋白），其可模拟<sup>90</sup>Y树脂微球在体内的分布，然后使用SPECT/CT进行扫描，判断患者是否适合<sup>90</sup>Y树脂微球治疗，如适合，则再对患者开展<sup>90</sup>Y树脂微球介入注射等。

本项目工作场所依托医院博施楼一楼现有核医学科注射室、新SPECT/CT机房与其操作间，华美楼负二楼现有放射科DSA4室、DSA4室西南侧放射性废物暂存间，华美楼五楼南翼东北侧的病房以及综合楼二楼西北侧的病房（以下简称“病房1、病房2”）等。本项目不新增辐射工作人员，依托核医学科和放射科现有辐射工作人员开展相关工作。

本项目使用的 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 放射性药物均外购，对于 $^{99m}\text{Tc}$ ，进行暂存、注射、扫描；对于 $^{90}\text{Y}$ ，需进行暂存、活度测量、分装、注射、扫描；其中暂存、活度测量与分装过程均在现有核医学科注射室手套箱内进行， $^{99m}\text{Tc}$ 和 $^{90}\text{Y}$ 放射性药物介入注射过程均依托放射科现有DSA4室内Innova3100-IQ型DSA进行，患者注射 $^{99m}\text{Tc}$ 或 $^{90}\text{Y}$ 放射性药物后均依托博施楼一楼核医学科新SPECT/CT机房内西门子Symbia Intevo16型SPECT/CT进行扫描。现有核医学科使用 $^{99m}\text{Tc}$ 和SPECT/CT、放射科使用Innova3100-IQ型DSA均已开展环境影响评价，且已登记入辐射安全许可证。核医学科使用 $^{99m}\text{Tc}$ 和SPECT/CT、放射科DSA4室使用DSA装置均已通过竣工环保验收。

现有核医学科已获许可使用 $^{99m}\text{Tc}$ ，其日等效最大操作量为 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ ，本项目使用 $^{99m}\text{Tc}$ 日最大操作量为 $2.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （6mCi）、日等效最大操作量为 $2.22 \times 10^5 \text{Bq}$ ，项目新增 $^{99m}\text{Tc}$ 日等效最大操作量未超过预留余量 $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ （许可 $^{99m}\text{Tc}$ 日等效最大操作量 $3.7 \times 10^7$ -实际日等效最大操作量 $2.22 \times 10^7 = 1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ ），同时本项目年开展治疗天数小于核医学科每年使用 $^{99m}\text{Tc}$ 开展显像诊断天数，因此核医学科无需申请增加 $^{99m}\text{Tc}$ 用量。

现有核医学科已获许使用核素日等效最大操作量 $2.14974 \times 10^9 \text{Bq}$ ，本项目在现有核医学科新增使用 $^{90}\text{Y}$ 日等效最大操作量 $3 \times 10^7 \text{Bq}$ ，现有核医学科日等效最大操作量增至 $2.17974 \times 10^9 \text{Bq}$ ，仍属乙级非密封放射性物质工作场所；放射科 $^{90}\text{Y}$ 日等效最大操作量为 $2.5 \times 10^7 \text{Bq}$ ，放射科DSA4室及专用病房日等效最大操作量 $2.5222 \times 10^7 \text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所；本项目一周最多开展两天，每天最多开展2位患者（一位注射 $^{99m}\text{Tc}$ ，一位注射 $^{90}\text{Y}$ ）。两间专用病房均为双人病房，分别属于肝胆外科和放射科，根据医院规划，若属于肝胆外科患者，则入住华美楼五楼专用病房，若属于放射科患者，则入住综合楼二楼专用病房，专用病房的设置可满足患者住院需求。

综上，本项目依托现有核医学科进行注射 $^{99m}\text{Tc}$ 后患者的SPECT/CT扫描过程，以及DSA装置作为II类射线装置的影响已通过环境影响评价，无需再评价。本项目需对核医学科暂存、活度测量、分装 $^{90}\text{Y}$ 过程，注射 $^{90}\text{Y}$ 后患者的SPECT/CT扫描，院内药物转移过程，放射科DSA4室内注射 $^{99m}\text{Tc}$ 和 $^{90}\text{Y}$ 的环节、患者住院以及患者院内转移环节进行评价，同时需考虑现有项目的叠加影响。

该项目环境影响报告表于 2022 年 11 月 25 日由济南市生态环境局以济环辐表审[2022]15 号文件审批通过。该项目于 2022 年 12 月开工建设，于 2024 年 3 月进入调试运行阶段。

该项目涉及的非密封放射性物质情况详见表 2-1。

**表 2-1 该项目涉及的非密封放射性物质  
涉及商业机密、不公示**

综上所述，该项目涉及的工作场所均属乙级非密封放射性物质工作场所。

## 2、验收规模

本次验收规模与“1、项目规模”一致，项目未发生重大变动。

## 3、辐射安全许可证

医院现持有辐射安全许可证（鲁环辐证[01069]），许可种类和范围为使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至 2024 年 08 月 21 日。本期验收内容已登记在辐射安全许可证中。

### 2.1.3 项目总平面布置

本项目位于山东大学齐鲁医院济南中心院区内部，依托院内博施楼一楼现有核医学科、华美楼负二楼放射科DSA4室、华美楼五楼病房以及综合楼二楼病房等场所，不涉及新增用地。

#### 1. 核医学科（博施楼一楼）

本项目依托的核医学科位于院内博施楼一楼，核医学科所在区域为地上一层建筑（局部二层，二层为杂物间）。核医学科东侧为院内道路、停车位及健康楼，南侧为广智院街、求真楼等，西侧为院内道路、供应楼及广文楼等，北侧为院内道路、第一餐厅，下方为土层，机房上方为杂物间，核医学科为单独的建筑，设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道；核医学工作场所不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并与非放射性工作场所有明确的分界隔离；核医学科排风口位置位于屋脊上方，远离周边高层建筑。

#### 2. DSA4室（华美楼负二楼）

本项目需在DSA介入条件下，将导管经由股动脉插管至肝脏肿瘤供血动脉内，然后进行放射性药物<sup>99m</sup>Tc或<sup>90</sup>Y注射。因此，项目需利用DSA4室提供的介入条件和所需的手术无菌条件，在DSA4室内开展。

华美楼位于院内东南角，为15层建筑（地下2层，地上13层），本项目所依托的放射科DSA4室位于华美楼负二楼东南角，且位于底层。本项目DSA4室东侧为放射科办公室、走廊、华美楼负二楼设备间、走廊、医生办公室、华美楼东侧道路、急诊综合楼等，南侧为本机房控制室、本机房设备间、医护走廊、放射科设备间、华美楼南侧道路、警务室等，西侧为介入三室、介入二室、介入一室、血管造影候诊区域、CT诊疗区等，北侧为走廊、华美楼员工餐厅、就餐通道、备用机房、配电室等，上方为华美楼地下一层急诊科门诊，下方为地下土层。本项目DSA4室设置有实体屏蔽墙（物理隔离）和单独的人员、物流通道，DSA4室北侧为走廊，本项目患者于DSA4室内注射相应核素，核素最大注射量为 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$ ，即2500MBq，已达到放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求，故DSA4室北侧走廊（患者离开时经过的走廊）不划作本项目核医学工作场所进行管控。本项目DSA4室不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并与周围的非放射性工作场所有明确的分界隔离，DSA4室排风口位于楼顶上方，远离周边高层建筑。

### 3. 华美楼五楼病房及综合楼二楼病房（病房 1、病房 2）

华美楼五楼病房（病房 1）设置在五楼南翼东北角，为肝胆外科病房，位于建筑一端，便于临时封闭管理。病房 1 东侧为楼外环境（院内道路、急诊综合楼等），南侧为走廊、病房、楼外环境（华美楼南侧道路、空地等），西侧为华美楼五楼病房、走廊、卫生间等，北侧为楼外环境（院内空地与道路）、华美楼五楼北翼，上方为华美楼六楼（病房），下方为华美楼设备层。

综合楼二楼病房（病房 2）设置在综合楼二楼西北侧，为放射科病房，其东侧为综合楼二楼走廊、病房、院内道路及怀仁楼，南侧为综合楼二楼病房，西侧为院内道路、解放楼、健康楼，北侧为医生办公室、休息室、楼梯间、楼外道路等，上方为综合楼三楼病房，下方为综合楼一楼病房。

核医学科平面布置图见附图 4，DSA4 室及辅助房间平面布置图见附图 5，华美楼五楼专用病房平面布置图见附图 6，综合楼二楼专用病房平面布置图见附图 7。

#### 2.1.4 建设地点和环境保护目标

##### （1）建设地点和周围环境

山东大学齐鲁医院济南中心院区位于济南市文化西路107号，其周边环境为东临趵突泉南路，南临文化西路，西临西双龙街，北临泺源大街。本项目核技术利用类型为使用乙级非密封放射性物质工作场所，评价范围为博施楼核医学工作场所、华美楼DSA4室、放射性废物暂存间、华美楼五楼病房以及综合楼二楼病房实体屏蔽物边界外50m范围内的区

域。

表 2-2 本项目各工作场所周围有关情况一览表

工作场所名称	方位	场所名称(0~50m)
博施楼核医学科	东侧	博施楼外道路、停车场、健康楼等
	南侧	博施楼科研区、广智院街、求真楼等
	西侧	博施楼西侧道路、供应楼、广文楼等
	北侧	博施楼北侧道路、第一职工食堂等
	上方	室顶杂物间、平台
	下方	地下土层
华美楼放射科 DSA4室	东侧	办公室、走廊、华美楼负二楼设备间、走廊、医生办公室、华美楼东侧道路、急诊综合楼等
	南侧	本机房控制室、本机房设备间、医护走廊、放射科设备间、华美楼南侧道路、警务室等
	西侧	介入三室、介入二室、介入一室、血管造影候诊区域、CT 诊疗区等
	北侧	患者走廊、华美楼员工餐厅、就餐通道、备用机房、配电室等
	上方	华美楼地下一层急诊科门诊
	下方	地下土层
华美楼五楼病房	东侧	华美楼外道路、急诊综合楼
	南侧	走廊、病房、华美楼南侧道路
	西侧	病房、走廊、卫生间
	北侧	院内空地、华美楼北翼
	上方	病房
	下方	设备层
综合楼二楼病房	东侧	综合楼二层走廊、病房、综合楼东侧道路、怀仁楼
	南侧	综合楼二楼病房
	西侧	综合楼西侧医院内道路、解放楼、健康楼、
	北侧	医生办公室、休息室、楼梯间、综合楼北侧医院内道路
	上方	综合楼三楼病房
	下方	综合楼一楼病房

医院总平面布置见附图 3。

(2) 调查范围

本项目验收调查范围与评价范围一致，乙级核医学工作场所外 50m 的范围。

(3) 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。其中，职业人员指利用本项目相关设备及放射性药物开展放射诊疗工作的辐射工作人员，公众成员为评价范围内的

非本项目医护人员、其他就诊患者、慰问者以及偶然经过的其他公众成员。详见表 2-3。

表 2-3 本项目主要环境保护目标情况

保护目标	人数	区域	方位、距离	环境特征
辐射工作人员	12	核医学科场所辐射工作人员	——	——
	9	DSA4 室辐射工作人员	——	——
	1	肝胆外科工作人员	——	——
	1	综合科	——	——
公众成员	约 300	健康楼	博施楼东侧，约 5m	地上三层
	约 80	第一职工食堂	博施楼北侧，约 5m	地上两层
	约 500	供应楼、广文楼	博施楼西侧，约 5m	地上四层
	约 100	解放楼	综合楼西侧，约 8m	地上五层（局部两层）
	约 3700	华美楼	DSA4 室所在建筑	地下两层，地上 13 层
	——	急诊综合楼（在建）	DSA4 室东侧，约 5m	——
	约 380	综合楼	病房 2 所在建筑	地上四层（局部五层）
	约 100	怀仁楼	病房 2 西侧	地上 8 层
	约 80	求真楼	博施楼南侧，约 10m	地上 2 层
	——	各场所周围经过的非本项目辐射工作人员、其他就诊患者及偶然经过的其他公众成员	各工作场所周围 0~50m 范围内	——

调查范围以及项目周边影像关系见附图 2，项目周围现场照片见图 2-1。与环评阶段相比，周围环境保护目标与环评阶段一致。



	
<p>博施楼东侧道路</p>	<p>博施楼北侧道路</p>
	
<p>博施楼西侧道路</p>	<p>DSA4 室南侧走廊</p>
	
<p>DSA4 室西侧介入三室</p>	<p>DSA4 室北侧走廊</p>
	
<p>华美楼外观</p>	<p>华美楼五楼病房</p>

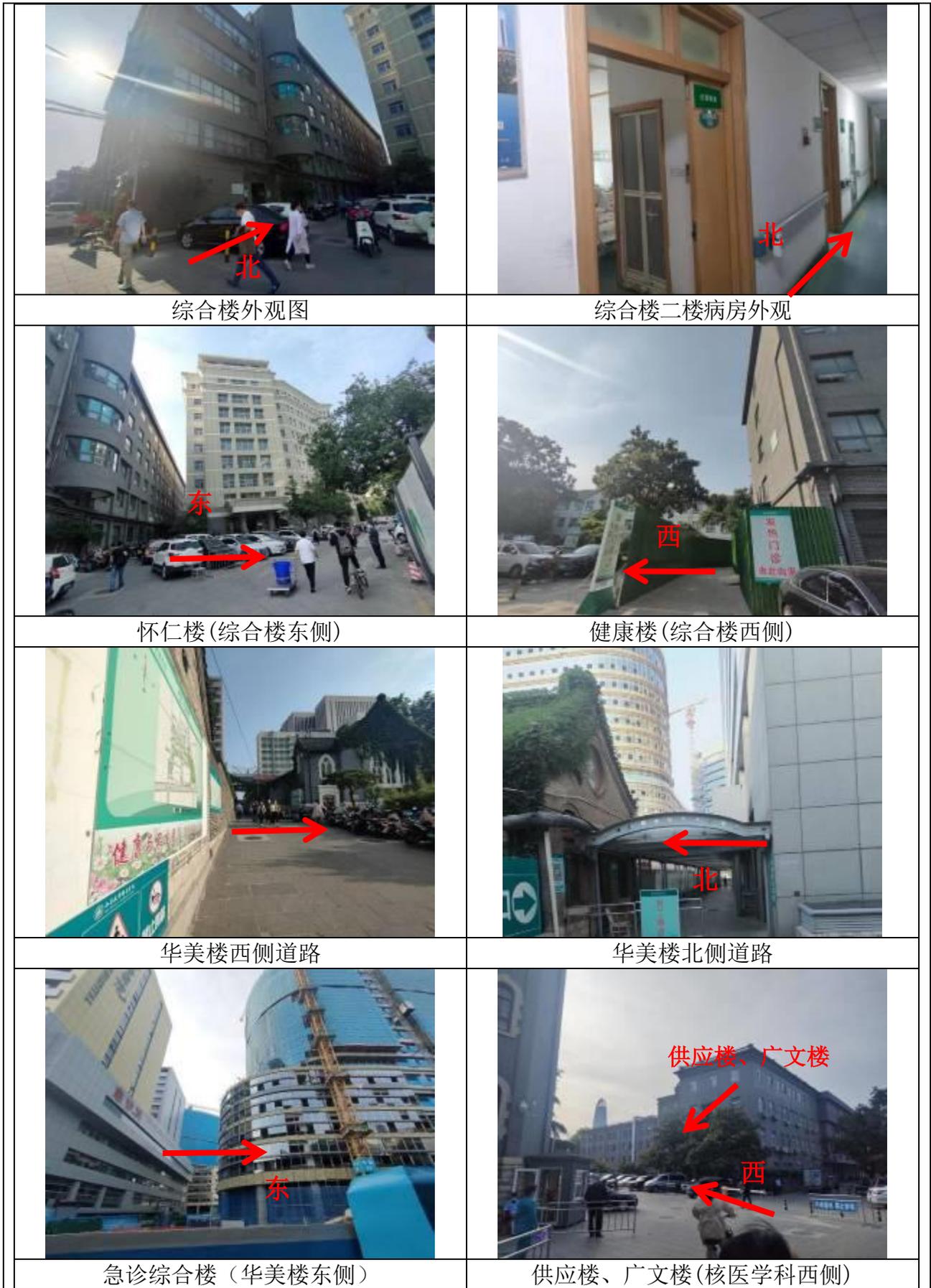


图 2-1 场所周围环境现场照片

### 2.1.5 环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容对比

#### 1、本项目环境影响报告表中的内容与现场验收实际情况对比

本项目环境影响报告表中的内容与现场验收实际情况对比见表 2-4。

表 2-4 本项目环境影响报告表内容与验收情况对照一览表

项目	环境影响报告表主要建设内容	本期实际建设情况
位置	<p>本项目位于山东大学齐鲁医院济南中心院区内部，依托院内博施楼一楼现有核医学科、华美楼负二楼放射科DSA4室、华美楼五楼病房以及综合楼二楼病房等场所，不涉及新增用地。</p> <p>现有核医学科已获许可使用<sup>99m</sup>Tc，其日等效最大操作量为<math>3.7 \times 10^7</math>Bq，本项目使用<sup>99m</sup>Tc日最大操作量为<math>2.22 \times 10^8</math>Bq（6mCi）、日等效最大操作量为<math>2.22 \times 10^5</math>Bq，项目新增<sup>99m</sup>Tc日等效最大操作量未超过预留余量<math>1.48 \times 10^7</math>Bq（许可<sup>99m</sup>Tc日等效最大操作量<math>3.7 \times 10^7</math>-实际日等效最大操作量<math>2.22 \times 10^7=1.48 \times 10^7</math>Bq），同时本项目年开展治疗天数小于核医学科每年使用<sup>99m</sup>Tc开展显像诊断天数。</p> <p>现有核医学科已获许使用核素日等效最大操作量<math>2.14974 \times 10^9</math>Bq，本项目在现有核医学科新增使用<sup>90Y</sup>日等效最大操作量<math>3 \times 10^7</math>Bq，现有核医学科日等效最大操作量增至<math>2.17974 \times 10^9</math>Bq，仍属乙级非密封放射性物质工作场所；放射科<sup>90Y</sup>日等效最大操作量为<math>2.5 \times 10^7</math>Bq，放射科DSA4室及专用病房日等效最大操作量<math>2.5222 \times 10^7</math>Bq，属乙级非密封放射性物质工作场所。</p>	与环评一致
场所布局	<p>本项目核医学科由两间SPECT/CT机房、操作间、卫生通过间、注射室、办公室、报告室、注射前等候室、注射后等候室、医护走廊、患者走廊以及留观室等房间组成。</p> <p>DSA4室南北净长6.7m，东西净长7.2m，高约4.3m。DSA4室南墙设置观察窗和医护人员进出防护门，北墙设置患者进出防护门；南侧依次为控制室、医护走廊、导管室、污物间等，西侧依次为DSA3室、DSA2室、DSA1室及造影候诊区，北侧依次为走廊、员工餐厅，东侧依次为医生办公室、楼梯间、走廊、医生办公室，本项目放射性废物暂存间位于DSA4室隔走廊西南侧位置。</p> <p>华美楼五楼专用病房拟设置在五楼南翼东北角区域，综合楼专用病房设置在综合楼二楼西北侧区域，两间病房位置均相对独立。</p>	与环评一致

#### 2、环境影响报告表批复内容与现场验收实际情况对比

环境影响报告表批复内容与现场验收实际情况对比见表 2-5。

表 2-5 本项目环境影响报告表批复内容与验收情况对照一览表

项目	环境影响报告表批复建设内容	本期验收内容
《济南市生态环境局关于山东大学齐鲁医	山东大学齐鲁医院位于山东省济南市历下区文化西路 107 号，为满足肿瘤治疗需求，医院开展钇-90 树脂微球治疗	与环评一致

<p>院钇-90 树脂微球治疗项目环境影响报告表的批复》（济环辐表审[2022]15号）</p>	<p>项目，项目使用<sup>99m</sup>Tc、<sup>90</sup>Y两种核素，依托医院博施楼一楼现有核医学科进行核素分装、活度测定，患者用药后依托现有核医学科新 SPECT/CT 机房内 SPECT/CT 进行扫描，依托华美楼负二楼现有放射科 DSA4 室开展注射，并设置 2 间专用病房。项目建成后，新增 Tc 日等效最大操作量为 <math>2.22 \times 10^5 \text{Bq}</math> (该项目 <sup>99m</sup>Tc 用量为核医学科的预留余量，未超过已许可的 <sup>99m</sup>Tc 日等效最大操作量，此次不新增用量)；新增 Y 日等效最大操作量为 <math>3 \times 10^7 \text{Bq}</math>，现有核医学科日等效最大操作量增至 <math>2.17974 \times 10^9 \text{Bq}</math>，属乙级非密封放射性物质工作场所。</p>	
--	--	--

根据表 2-4~表 2-5 可知，本期验收的实际建设内容与环境影响报告表内容及环境影响报告表批复内容一致，满足相关法律法规和标准规范要求。

## 2.2 源项情况

本项目源项情况详见下表。

表 2-6 本项目非密封放射性物质情况

涉及商业机密、不公示

## 2.3 工程设备与工艺分析

涉及商业机密、不公示

### 2.3.4 主要放射性污染物和污染途径

#### 一、<sup>99m</sup>Tc 前期检查过程相关污染因素

根据实际运营情况，利用 <sup>99m</sup>Tc 进行前期检查过程主要产生如下污染因素：

1. X射线和非放射性有害气体。DSA和SPECT/CT属于X射线装置，开机曝光时产生X射线，X射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物等非放射性有害气体；

2.  $\gamma$  射线。<sup>99m</sup>Tc衰变产生；

3.  $\beta$  表面污染。可能的核素洒漏造成表面污染；

4. 放射性固体废物。核素分装过程产生的一次性手套、口罩等；注射<sup>99m</sup>Tc产生的一次性手套、输液管、患者体内管、吸水纸、工作台面铺料(铺料为双层，一层吸水纸，一层防水材料)、抹布、去污用品等。与<sup>90</sup>Y治疗过程放射性固体废物分开收集、处置；

5. 放射性废水。本项目<sup>99m</sup>Tc模拟治疗一年最多接诊100人次，患者注射<sup>99m</sup>Tc最大为6mCi。本项目为介入注射，采用较大分子<sup>99m</sup>Tc-MAA聚合白蛋白，核素主要在肝脏部位停留，患者排泄物中<sup>99m</sup>Tc含量较少，且用药后即可离院，不住院。注射手术过程中，患者为

麻醉状态，患者不排泄。<sup>99m</sup>Tc使用过程中正常情况，放射性废水未超过原废水排放量，原环评已进行了评价，本次不再重复评价。如发生洒漏，则使用吸水纸、一次性抹布、应急去污用品等由远处向中心进行多次擦拭，如无法擦拭干净则用剪刀剪除或用小刀刮除，不用水进行清洗。因此，DSA4室无放射性废水产生，核医学科放射性废水产生量较少，废水中<sup>99m</sup>Tc也较少。

6. 放射性废气。<sup>99m</sup>Tc-MAA为液体，不属于挥发性核素。注射时药物均在密闭容器中、不易挥发，分装时在手套箱内进行操作，放射性废气产生极少。

## 二、<sup>90</sup>Y治疗过程相关污染因素

1. X射线和非放射性有害气体。DSA和SPECT/CT属于X射线装置，介入条件下注射<sup>90</sup>Y，以及使用SPECT/CT扫描患者时，DSA和SPECT/CT开机曝光，产生X射线。X射线使空气电离产生臭氧、氮氧化物等非放射性有害气体。

2.  $\beta$ 射线。根据<sup>90</sup>Y核素特性，衰变过程发射 $\beta$ 射线，最大能量为2.284MeV，平均能量为0.9348MeV，在组织中最大穿透距离为11mm，平均2.5mm。根据上文分析，人体组织或1cm有机玻璃可以完全隔离 $\beta$ 射线。

3. 韧致辐射。<sup>90</sup>Y发射的 $\beta$ 粒子被屏蔽容器阻隔产生韧致辐射。

4. 放射性固体废物。操作<sup>90</sup>Y过程中，抽取<sup>90</sup>Y过程产生的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等；注射<sup>90</sup>Y产生的一次性手套、输液管、患者体内导管、V瓶、V瓶防护罐、工作台面和地面铺料(吸水纸和防水材料)等。如果发生<sup>90</sup>Y洒漏，还可能产生吸水纸、去污用纸、抹布、医护人员手套、口罩、手术服、有机玻璃盒子等。与<sup>99m</sup>Tc治疗过程放射性固体废物分开收集、处置；

5. 放射性液体废物。<sup>90</sup>Y操作过程中不产生放射性废水。如事故情况下发生洒漏，则使用吸水纸、一次性抹布、应急去污用品等由远处向中心进行多次擦拭，如无法擦拭干净则用剪刀剪除或用小刀刮除，不用水进行清洗，无放射性废水产生。

本项目放射性液体废物主要为<sup>90</sup>Y患者排泄物。

## 6. 放射性废气

根据上文<sup>90</sup>Y树脂微球特性介绍，本项目<sup>90</sup>Y树脂微球不具备挥发性，操作过程不涉及加热，且<sup>90</sup>Y树脂微球密闭在容器中，正确操作情况下，基本不会产生放射性废气。

## 7. $\beta$ 表面污染

根据核素特性，核医学涉及核素均为 $\beta$ 衰变。工作人员在操作非密封放射性物质时，

尤其是分装、转运等过程时，可能因洒漏，引起工作台、地面等放射性沾污，造成β放射性表面污染。

## 2.4 人员配备和操作时间

### 2.4.1 人员配备

医院为本项目配备 23 名辐射工作人员兼职从事放射诊疗工作，其中核医学科 12 名（5 名技师、4 名护士、3 名医师）、放射科 9 名（2 名技师、4 名护士、3 名医师）、肝胆外科 1 名（1 名医师），综合科 1 名（1 名护士），均从现有辐射工作人员中调配，均已参加国家核技术利用辐射安全与防护考核，并考核合格，且在有效期内。

本项目辐射工作人员具体培训考核情况详见表 2-8。

表2-8 本项目辐射工作人员考核信息一览表  
涉及商业机密、不公示

### 2.4.2 操作时间

1、对于  $^{99m}\text{Tc}$ ，考虑取药、药物转运、注射、扫描等过程

取药：将分装好的带有 5mmPb 防护套的  $^{99m}\text{Tc}$  放进转运提盒(5mmPb)，一周操作 2 次，一次约需 1min，一年操作 100 次，则操作时间为 1.67h；注射前，将带有 5mmPb 防护套的  $^{99m}\text{Tc}$  从转运提盒中取出，一周操作两次，一次约需 2min，一年操作 100 次，则操作时间为 3.33h。

药物转运：药物从核医学科转运至 DSA4 室路程约 400m，用时约 5min，一年转运 100 次，则转运时间为 8.33h。

注射：患者注射约需 5min，一年最多 100 例，则注射用时 8.33h。

扫描：SPECT/CT 扫描约需 20min，一年最多 100 例，则扫描用时 33.33h，扫描前工作人员指导摆位，每例约需 3min，一年 100 例，摆位时间为 5h。

2、对于  $^{99m}\text{Tc}$ ，考虑取药、药物转运、注射、扫描等过程

取药：将分装好的带有 5mmPb 防护套的  $^{99m}\text{Tc}$  放进转运提盒(5mmPb)，一周操作 2 次，一次约需 1min，一年操作 100 次，则操作时间为 1.67h；注射前，将带有 5mmPb 防护套的  $^{99m}\text{Tc}$  从转运提盒中取出，一周操作两次，一次约需 2min，一年操作 100 次，则操作时间为 3.33h。

药物转运：药物从核医学科转运至 DSA4 室路程约 400m，用时约 5min，一年转运 100 次，则转运时间为 8.33h。

注射：患者注射约需 5min，一年最多 100 例，则注射用时 8.33h。

扫描：SPECT/CT 扫描约需 20min，一年最多 100 例，则扫描用时 33.33h，扫描前工作人员指导摆位，每例约需 3min，一年 100 例，摆位时间为 5h。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 辐射安全防护设施/措施落实情况

3.1.1 辐射安全与防护设施/措施落实情况与环境影响报告表要求对比

本期验收项目核医学工作场所与环境影响报告表要求对照表见下表。根据现场核查，各场所主要房间屏蔽防护本期实际建设情况基本与环评阶段一致，具体详见表 3-1。

表 3-1 本项目核医学工作场所各关注点防护设计一览表

涉及商业机密、不公示

本期验收对环境影响报告表防护措施与现场实际情况进行对比，见表 3-2~3-4。

涉及商业机密、不公示

表 3-7 三废的治理措施

项目	环境影响报告表内容	实际情况
放射性固体废物	<p>核医学科产生的 <math>^{90}\text{Y}</math> 放射性固体废物经核医学科预留的 <math>^{90}\text{Y}</math> 专用衰变桶收集，然后转移至核医学科注射室预留衰变箱，暂存 40 天(大于 10 倍 <math>^{90}\text{Y}</math> 的半衰期，<math>10 \times 64.2/24 \approx 26.8</math> 天)，经监测剂量率满足本底水平，且 <math>\beta</math> 表面污染小于 <math>0.8\text{Bq}/\text{cm}^2</math> 后，可按照一般医疗废物处置。</p> <p>2 个专用病房内各设置 1 个 <math>^{90}\text{Y}</math> 衰变桶，DSA4 室设置 2 个衰变桶、用于收集 <math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math> 或 <math>^{90}\text{Y}</math> 放射性固体废物；DSA4 室西南侧放射性废物暂存间设置 2 个衰变箱，用于 <math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math> 和 <math>^{90}\text{Y}</math> 放射性固体废物暂存，病房和 DSA4 室当天收集的放射性固体废物转移至衰变箱内。单个衰变箱容积 40L，满足使用需求，暂存 30 天(大于 <math>^{90}\text{Y}</math> 和 <math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math> 两者最长半衰期的 10 倍)，经监测剂量率满足本底水平，且 <math>\beta</math> 表面污染小于 <math>0.8\text{Bq}/\text{cm}^2</math> 后，可按照一般医疗废物处置。</p> <p>衰变桶和衰变箱按照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)，张贴电离辐射警告标志、设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。衰变桶和衰变箱内均设置专用塑料袋进行收纳，对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，再装入塑料袋内。每袋重量不超过 20kg。核医学科已建立放射性固体废物收集、贮存、排放管理台账，详细记录放射性固体废物的核素名称、种类、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息，做好记录并存档备案。DSA4 室及两间专用病房也将纳入统一管理，建立放射性固体废物台账，放射性固体废物由专人负责管理。</p>	与环评一致
放射性液体废物	<p>DSA4 室事故情况发生核素洒漏时，使用一次性抹布等进行多次擦拭，不用水进行冲洗，不产生放射性废水。患者注射 <math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math> 过程中不排泄，用药后不需要住院，用药量少，患者排泄物中核素含量也较少，可以</p>	与环评一致

	不予考虑。 <sup>90</sup> Y 操作过程正常情况不产生放射性废水。发生 <sup>90</sup> Y 洒漏时，使用一次性抹布等进行多次擦拭，不用水进行冲洗，不产生放射性废水。患者注射 <sup>90</sup> Y 过程中不排泄，病房内产生的患者排泄物排入污物桶。	
放射性气体 废物	注射 <sup>99m</sup> Tc 和操作 <sup>90</sup> Y 过程中，基本无放射性废气产生，同时 DSA4 室、两间专用病房、放射性废物暂存间均设置排风系统/装置，可保持室内通风良好。	与环评一致

### 3.1.2 辐射安全与防护设施/措施落实情况与环境影响报告表批复要求对比

辐射安全与防护设施/措施落实情况与环境影响报告表批复要求对比见表 3-8。

**表 3-8 本项目辐射安全与防护设施/措施与环境影响报告表批复要求对照表**

环境影响报告表批复意见	验收落实情况
<p>(一)做好辐射工作场所的环境安全防护工作</p> <p>1、落实辐射工作场所实体屏蔽与分装装置的屏蔽防护措施，确保辐射防护能力满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)和《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)。</p>	<p><b>已落实。</b></p> <p>医院已落实辐射工作场所实体屏蔽与分装装置的屏蔽防护措施，详见“3.1.1 辐射安全与防护设施/措施落实情况与环境影响报告表要求对比”。采取的辐射防护能力满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)和《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)。</p>
<p>2、现有核医学工作场所和 DSA4 室工作场所进行分区管理，划分控制区和监督区，落实各项安全防护措施要求，对放射性药物登记建档，记录用量平衡记录等台账，对各工作场所定期巡检。按要求配备防护用品，确保工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的相关要求。</p>	<p><b>已落实。</b></p> <p>现有核医学工作场所和 DSA4 室工作场所进行了分区管理，划分控制区和监督区，落实了各项安全防护措施要求，详见“3.1.1 辐射安全与防护设施/措施落实情况与环境影响报告表要求对比”。</p> <p>医院制定了《台账登记制度》，对放射性药物登记建档，记录用量平衡记录等台账。</p> <p>医院定期开展自行监测，已配置多台便携式辐射测量仪(巡检仪)，日常工作过程中全面落实了辐射工作场所的自行监测，监测结果存入档案。</p> <p>医院按要求配备防护用品，详见“表 3-5 本项目防护用品和设备设施”。确保工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的相关要求。</p>
<p>3、放射性废气的处置。核医学工作场所、DSA4 室利用原有放射性废气收集及处理系统，放射性废气经专用管道收集，活性炭过滤装置过滤后排放，确保满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的相</p>	<p><b>已落实。</b></p> <p>放射性废气的处置。核医学工作场所、DSA4 室利用原有放射性废气收集及处理系统，放射性废气经专用管道收集，活性炭过滤装置过滤后排放，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的相关规</p>

关规定。	定。
4、放射性废水的处置。设置放射性废水处理系统，放射性废水经暂存衰变后，确保满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB37/596-2020)和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)放射性废液排放要求。	<b>已落实。</b> 放射性废水的处置。设置放射性废水处理系统，放射性废水经暂存衰变后，满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB37/596-2020)和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)放射性废液排放要求。
5、放射性固体废物的处置。设置放射性固废衰变箱，放射性固体废物在衰变箱停留衰变达到解控水平后按医疗废物处理。	<b>已落实。</b> 放射性固体废物的处置。设置放射性固废衰变箱，放射性固体废物在衰变箱停留衰变达到解控水平后按医疗废物处理。
(二)建立并完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施 1、完善辐射环境监测方案，配备与该项目辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。放射性辐射工作场所还应当配备表面污染监测仪。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局历下分局。 辐射工作人员应佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查。建立辐射工作人员个人剂量档案，做到一人一档。	<b>已落实。</b> 医院制定并落实了《辐射防护监测方案》。配备了1台型号CAPINTEC CRC-55tR活度计，1台型号上海仁日 REN600A 表面沾污仪，1台型号上海仁日 REN200 个人剂量报警仪，1台型号 IA-V2 表面污染检测仪。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局历下分局。 医院辐射工作人员佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查。建立辐射工作人员个人剂量档案，做到一人一档。详见“附件6辐射工作人员个人剂量档案”。根据个人剂量检测报告可知，本项目辐射工作人员年有效剂量均低于年管理剂量约束值。
2、按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，年度评估报告于每年1月31日前报济南市生态环境局历下分局。	<b>已落实。</b> 医院已完成2023年年度评估报告，并在1月31日前向济南市生态环境局历下分局提交年度评估报告并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。
3、修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。	<b>已落实。</b> 医院已修订《辐射事故应急预案》，定期组织开展了应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。
4、加强辐射工作人员的辐射安全培训和再培训。制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全培训和考核；考核不合格的，不得上岗。	<b>已落实。</b> 医院已制定《放射工作人员培训计划》，本项目辐射工作人员均已参加辐射安全与防护考核，考核合格。
5、放射性药物设专人管理，严格落实	<b>已落实。</b>

<p>辐射安全管理责任制以及放射性同位素使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等。</p>	<p>医院放射性药物设专人管理，各科室设联络员，负责本科室放射诊疗与辐射安全防护具体工作联络，详见附件3。</p> <p>医院已制定各项辐射安全管理规章制度：核医学科相关制度有：《钇 90 树脂微球分装流程》、《钇 90-存放转运流程》、《钇 90-溢出应急流程》、《钇 90 风险保障和应急预案处理程序》、《放射性操作及安全防护制度》、《核医学科放射防护及患者安全保护工作流程》、《核医学科放射防护制度》、《放射源管理制度》、《放射性废物处理制度》、《放射性废源处理细则》、《放射性同位素使用登记制度》、《SPECT-CT 操作规程》、《PET-CT 操作规程》、《SPECT-CT 质量控制规范》、《PET-CT 质量控制规范》、《核医学高活室操作规程》、《核医学工作人员个人防护与剂量监测》、《核医学科岗位职责》等。</p> <p>其他相关制度有：《介入放射科工作制度》、《介入放射防护管理制度》、《DSA 维护保养制度》、《放射工作人员健康监护制度》、《自行检查和年度评估制度》、《DSA 操作规程及注意事项》、《介入室设备维修保养制度》、《DSA 使用登记制度》、《放射性同位素与射线装置从业人员培训制度》、《辐射环境监测方案》、《医用电子加速器操作规程》、《医用电子加速器岗位职责》、《辐射事故应急预案》等。</p> <p>医院放射科 DSA4 室和专用病房制定与核素使用有关的《核素安全操作规程》、《放射性废物收集暂存管理制度》、《住院患者管理制度》、《核素操作辐射防护制度》等。</p> <p>现有以及本次制定的辐射安全管理规章制度满足本项目管理需求。</p>
<p>(三)环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的，应按要求重新报批环境影响报告表。</p>	<p>经核实，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施未发生重大变动。</p>
<p>本项目主要辐射安全防护设施见图 3-1。</p>	



核医学科新 SPECT/CT 机房现状



核医学科注射室



新 SPECT/CT 机房  
操作室

新 SPECT/CT 机房操作室现状



DSA4 室现状



北

华美楼五楼病房



北

综合楼二楼病房



制度张贴



个人剂量报警仪

	
<p>表面污染检测仪</p>	<p>防护手套</p>
	
<p>部分个人防护用品</p>	<p>隔离栏</p>
	
<p>综合楼二楼病房铅桶</p>	<p>华美楼五楼病房铅桶</p>
	<p>/</p>
<p>铅桶、监测设备、铅屏风</p>	<p>/</p>

图 3-1 本项目主要辐射安全防护设施现场勘查时现状照片

### 3.2 辐射安全管理情况

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 号公布）、《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）及生态环境主管部门的要求，射线装置使用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此本次对医院的辐射环境管理情况进行了检查。

#### 3.2.1 组织机构

山东大学齐鲁医院已成立辐射安全与环境保护管理委员会，签订了辐射工作安全责任书，法人代表为辐射安全工作第一责任人，辐射安全与环境保护管理委员会负责医院辐射安全与防护各项工作。

其中辐射事故应急工作领导小组人员组成如下：

组 长：陈玉国

副组长：韩辉 徐峰 张欣平 李涛

成 员：（以姓氏笔画为序）

于德新 王涛 白建荣 刘宏 李昕 李咏梅 李笃民 李超

张志勉 张凯 孟祥彬 侯新国 费剑春 曹英娟 曹雁南 董辉

翟永华

领导小组下设办公室，办公室设在国有资产管理处。

主 任：费剑春

成 员：吕承菲

联系电话：82169158 82169133

各科室设联络员，负责本科室放射诊疗与辐射安全防护具体工作联络。联络名单如下：（以姓氏笔画为序）

丁瑜 孔清玉 卢成冬 田兆扬 吕志磊 李勇 李盛伟 杨付勇

汪振军 张光宇 张硕 周克华 姜建伟 原萃 郭虎 栗凯

梁家栋 翟纯刚

#### 3.2.2 辐射安全管理制度及其落实情况

1. 工作制度：医院制定了《钇 90 树脂微球分装流程》、《钇 90-存放转运流程》、《钇 90-溢出应急流程》、《钇 90 风险保障和应急预案处理程序》、《放射性操作及安全防护制度》、《核医学科放射防护及患者安全保护工作流程》、《核医学科放射防护制

度》、《放射源管理制度》、《放射性废物处理制度》、《放射性废源处理细则》、《放射性同位素使用登记制度》、《SPECT-CT 质量控制规范》、《PET-CT 质量控制规范》、《核医学工作人员个人防护与剂量监测》、《核医学科岗位职责》、《介入放射科工作制度》、《介入放射防护管理制度》《DSA 维护保养制度》、《放射工作人员健康监护制度》、《自行检查和年度评估制度》、《介入室设备维修保养制度》、《DSA 使用登记制度》、《放射性废物收集暂存管理制度》、《住院患者管理制度》、《核素操作辐射防护制度》等制度，建立了辐射安全管理档案。

2. 操作规程：医院制定了《PET-CT 操作规程》、《核医学高活室操作规程》、《SPECT-CT 操作规程》、《核素安全操作规程》、《DSA 操作规程及注意事项》。

3. 应急预案：医院制定了《辐射事故应急预案》，定期开展辐射事故应急演练记录。

4. 人员培训：医院制定了《放射性同位素与射线装置从业人员培训制度》，本项目辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核，成绩单在有效期内。

5. 监测方案：医院制定了《辐射环境监测方案》，配备有辐射巡检仪，医院定期对各工作场所进行自主监测。同时委托有资质单位每年对设备性能和场所周围辐射水平进行监测，出具监测报告，并定期向生态环境部门上报监测数据。医院辐射工作人员均佩戴个人剂量计，个人剂量委托有资质单位每三个月检测一次，出具个人剂量检测报告。医院安排专人负责个人剂量监测管理，建立了辐射工作人员个人剂量档案，一人一档。个人剂量档案包括个人基本信息、工作单位及剂量监测结果等信息。

6. 年度评估：医院制定了《自行检查及年度评估制度》，每年开展自行检查及年度评估，编写年度辐射安全与防护状况年度评估报告，次年 1 月 31 日前提交至全国核技术利用辐射安全申报系统和当地生态环境部门。

### 3.3 放射性三废处理设施情况

#### (1) 射线

①  $\gamma$  射线、 $\beta$  射线核素  $^{99m}\text{Tc}$  在 IT 跃迁时释放  $\gamma$  射线和  $\beta$  射线。 $\beta$  射线穿透能力较弱，外照射的影响相对较小； $\gamma$  射线穿透能力很强，对周围环境会造成一定的辐射影响，本项目主要考虑核素  $^{99m}\text{Tc}$  的  $\gamma$  射线影响。

#### ② X 射线

本项目 DSA 和 SPECT/CT 开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线消失。

## (2) 放射性废气

核医学科使用的  $^{99m}\text{Tc}$  属于非挥发性核素，操作过程比较简单，不经过加热、振荡等步骤，无放射性气体产生。为安全起见，医院于注射室内设置了手套箱，放射性药物的取药过程中可能存在洒出污染危险，均在负压手套箱内操作，不存在食入、吸入等内照射影响。

本项目 SPECT-CT 运行过程不产生放射性废气。SPECT-CT 运行中可能产生非放射性有害气体  $\text{NO}_x$  和  $\text{O}_3$  等。空气在 X 射线的辐射下，空气吸收辐射能量并通过电离作用产生少量  $\text{NO}_x$  和  $\text{O}_3$ ，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。

本项目放射性废气产生环节主要为放射性药物的取送药及药物注射等工序。本项目放射性废气产生量极少，场所内设计有通风系统，排放口末端位于屋顶高于屋顶排放。楼顶日常无人居留，且各排放口远离周围邻近高层建筑，不会对周围环境和周围人员造成影响。

注射  $^{99m}\text{Tc}$  和操作  $^{90}\text{Y}$  过程中，基本无放射性废气产生，同时 DSA4 室、两间专用病房、放射性废物暂存间均设置排风系统/装置，可保持室内通风良好。

## (3) 放射性液体废物

含少量  $^{99m}\text{Tc}$  的少量放射性废水依托核医学科专用废水收集管道，排入核医学科诊断区放射性废水衰变系统，经停留衰变，达到解控水平，排入医院污水处理站，经进一步处理后排入市政污水管网。

DSA4 室事故情况发生核素洒漏时，使用一次性抹布等进行多次擦拭，不用水进行冲洗，不产生放射性废水。患者注射  $^{99m}\text{Tc}$  过程中不排泄，用药后不需要住院，用药量少，患者排泄物中核素含量也较少，可以不予考虑。

$^{90}\text{Y}$  操作过程正常情况不产生放射性废水。发生  $^{90}\text{Y}$  洒漏时，使用一次性抹布等进行多次擦拭，不用水进行冲洗，不产生放射性废水。患者注射  $^{90}\text{Y}$  过程中不排泄，病房内产生的患者排泄物排入污物桶。

## (4) 放射性固体废物

本项目在核医学科产生的  $^{99m}\text{Tc}$  有关放射性固体废物依托核医学科现有  $^{99m}\text{Tc}$  衰变桶进行收集，然后转至核医学科进行停留衰变。核医学科已预留  $^{99m}\text{Tc}$  放射性废物衰变桶和衰变箱。经停留衰变满足清洁解控水平，经监测满足要求后作为一般医疗废物处置；衰变池废渣一般随放射性废水一起停留衰变后排放；放射性废气收集处理系统更换的废旧活性炭

置于衰变箱内，停留衰变满足清洁解控水平后，经监测满足要求后作为一般医疗废物处置。

核医学科产生的<sup>90</sup>Y放射性固体废物经核医学科预留的<sup>90</sup>Y专用衰变桶收集，然后转移至核医学科注射室预留衰变箱，暂存40天(大于10倍<sup>90</sup>Y的半衰期， $10 \times 64.2/24 \approx 26.8$ 天)，经监测剂量率满足本底水平，且 $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，可按照一般医疗废物处置。

2个专用病房内各设置1个<sup>90</sup>Y衰变桶，DSA4室设置2个衰变桶、用于收集<sup>99m</sup>Tc或<sup>90</sup>Y放射性固体废物；DSA4室西南侧放射性废物暂存间设置2个衰变箱，用于<sup>99m</sup>Tc和<sup>90</sup>Y放射性固体废物暂存，病房和DSA4室当天收集的放射性固体废物转移至衰变箱内。单个衰变箱容积40L，满足使用需求，暂存30天(大于<sup>90</sup>Y和<sup>99m</sup>Tc两者最长半衰期的10倍)，经监测剂量率满足本底水平，且 $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，可按照一般医疗废物处置。

衰变桶和衰变箱按照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)，张贴电离辐射警告标志、设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。衰变桶和衰变箱内均设置专用塑料袋进行收纳，对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，再装入塑料袋内。每袋重量不超过20kg。核医学科已建立放射性固体废物收集、贮存、排放管理台账，详细记录放射性固体废物的核素名称、种类、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息，做好记录并存档备案。DSA4室及两间专用病房也将纳入统一管理，建立放射性固体废物台账，放射性固体废物由专人负责管理。

#### (5) 剩余放射性药物

患者若不及时就诊，可能剩余少量放射性药物。

#### (6) 表面污染

在核素转移和注射过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的放射性物质泄漏或倾洒，对工作台面、地面造成的放射性表面污染。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

#### 4.1 环境影响报告表结论

##### 一、项目概述

山东大学齐鲁医院现持有辐射安全许可证(鲁环辐证[01069]号),有效期至 2024 年 8 月 21 日,许可种类和范围:使用 III 类、V 类放射源,使用 II 类、III 类射线装置;生产、使用乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

医院拟开展钇-90 树脂微球治疗项目,项目使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$  两种核素,依托核医学科进行核素分装、活度测定,患者用药后依托核医学科新 SPECT/CT 机房内 SPECT/CT 进行扫描,依托 DSA4 室内 DSA 开展注射,并设置 2 间专用病房。

本次涉及的 DSA4 室及 2 间专用病房属乙级非密封放射性物质工作场所,使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$ ,日等效最大操作量  $2.5222 \times 10^7 \text{Bq}$ 。

核医学科现已许可核素日等效最大操作量  $2.14974 \times 10^9 \text{Bq}$ ,属乙级非密封放射性物质工作场所。本次新增  $^{90}\text{Y}$  日等效最大操作量  $3 \times 10^7 \text{Bq}$ , $^{99m}\text{Tc}$  利用核医学科许可操作量的余量,无需申请增加  $^{99m}\text{Tc}$  用量。本项目建成后,核医学科日等效最大操作量约为  $2.17974 \times 10^9 \text{Bq}$ ,仍属乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目用于肝癌肿瘤治疗,有利于提高医院的放射治疗水平,具有良好的社会效益和经济效益,符合实践的正当性原则。

##### 二、产业政策符合性

本项目属《产业结构调整指导目录(2019 年本,2021 年修订本)》中鼓励类项目“三十七 卫生健康、5、医疗卫生服务设施建设”,符合国家当前产业政策。

##### 三、选址合理性

本项目位于医院内部,不新增用地。项目所依托的核医学科和 DSA4 室周围无关人员相对流动较少;两间病房周围均设置隔断将病房与周围区域隔离开,便于临时封闭管理,因此,项目选址合理可行。

##### 四、现状检测

现状检测结果表明,DSA4 室、专用病房及周围环境  $\gamma$  空气吸收剂量率处于济南市环境天然辐射水平范围内; $\beta$  表面污染较低,与对照点处于同一水平。核医学科附近土壤中总  $\beta$  处于本底水平。

由各场所年度检测报告结果表明,现有核医学科周围  $\gamma$  辐射剂量率处于济南市环境天

然辐射水平范围内；核医学工作场所内 $\gamma$ 辐射剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。监督区 $\beta$ 表面污染均为本底水平 $\sim 0.31\text{Bq/cm}^2$ ，控制区 $\beta$ 表面污染为本底水平 $\sim 0.41\text{Bq/cm}^2$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的监督区表面污染控制水平 $4\text{Bq/cm}^2$ 、控制区表面污染水平 $40\text{Bq/cm}^2$ 。核医学科衰变池排放口放射性废水总 $\beta$ 为未检出，均低于《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB37/596-2020)表1中总 $\alpha$ 放射性 $1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta$ 放射性 $10\text{Bq/L}$ 的标准要求。

## 五、环境影响分析结论

1. 核医学科、DSA4室以及专用病房均采用实体屏蔽，根据GB18871-2002及GBZ120-2020的有关规定，划分为“控制区”和“监督区”两区进行管理。做好表面污染监测和去污工作，确保核医学科、DSA3室以及病房表面污染低于相应的控制水平。

2. 经估算，核医学科、DSA4室以及专用病房周围剂量率均满足本次评价提出的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率限值。

### 3. 人员所受辐射剂量估算

(1) 职业人员所受剂量：辐射工作人员手部年当量剂量最大为 $31.51\text{mSv}$ 、身体年有效剂量最大为 $1.84\text{mSv}$ 、眼晶体年当量剂量为 $1.19\text{mSv}$ ，分别低于本报告提出的辐射工作人员四肢 $125\text{mSv}$ 、身体 $5\text{mSv}$ 、眼晶体 $5\text{mSv}$ 的年管理剂量约束值。

(2) 公众成员所受剂量：公众成员年有效剂量最大为 $0.07\text{mSv}$ ，低于本报告采用的公众成员 $0.1\text{mSv}$ 年管理剂量约束值。

### 4. 三废环境影响分析结论

(1) 放射性固体废物：沾染核素的一次性手套、口罩、注射器、针头、吸水纸、患者体内导管等放射性固体废物经设定周期存放达到解控水平，经监测满足要求后，作为一般医疗废物处理；核医学科衰变池废渣随放射性废水停留衰变后排放；核医学科放射性废气收集处理系统更换的废旧活性炭置于衰变箱内，停留衰变满足解控水平，经监测满足要求后作为一般医疗废物处理。

(2) 放射性液体废物：本项目在核医学科产生少量 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性废水依托核医学科衰变池，经停留衰变，满足排放要求后进入医院污水处理站进一步处理。核医学科现有放射性废水衰变池满足本项目放射性废水处理要求。

$^{90}\text{Y}$ 操作过程中不产生放射性废水，病房内每批次患者的排泄物(尿液)直接排入病房卫生间马桶后进入医院污水处理系统，经污水处理站处理后排入市政污水管网，经医院污

水处理系统处理后预计可满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB37/596-2020)表 1 要求的总  $\beta$  放射性 10Bq/L 的限值要求。

(3)放射性气态废物：本项目  $^{99m}\text{Tc}$ 和  $^{90}\text{Y}$ 均不易挥发，核素操作时均在密闭的容器中，操作过程不涉及加热，基本不会产生放射性废气。且核医学科设置有专用通风系统，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)要求。DSA4 室、专用病房、放射性废物暂存间均设置有排风装置/系统进行通风。

## 六、辐射安全管理结论

1. 医院已成立了辐射安全与环境保护管理委员会，制定了各项辐射安全管理规章制度以及《放射性事故应急预案》，并严格落实各项管理规章制度，以保障辐射工作人员和公众的健康和安全。

2. 本项目相关辐射工作人员共 19 人，均已参加国家核技术利用辐射安全与防护考核、并考核合格。

3. 医院已配备个人剂量计(介入人员每人 2 支，其余人员每人一支)、1 台  $\gamma$  射线检测仪，1 台 REN600A 型表面污染检测仪，1 台 REN200 型个人剂量报警仪等监测设备，拟为 DSA4 室配备一台表面污染检测仪及一台个人剂量报警仪，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求和工作需求。

4. 医院定期开展辐射事故应急培训和演练，保持应急能力，同时对演练材料进行归档保存，落实情况较好，医院未发生过辐射安全事故。

综上所述，山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，该项目对辐射工作人员和公众人员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

## 4.2 环境影响报告表审批部门审批决定

济南市生态环境局关于山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目环境影响报告表的批复

济环辐表审[2022]15 号

山东大学齐鲁医院：

你单位《钇-90 树脂微球治疗项目环境影响报告表》收悉。经审查，批复如下：

一、项目主要建设内容

山东大学齐鲁医院位于山东省济南市历下区文化西路 107 号，为满足肿瘤治疗需求，医院拟开展钇-90 树脂微球治疗项目，项目使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$  两种核素，依托医院博施楼一楼现有核医学科进行核素分装、活度测定，患者用药后依托现有核医学科新 SPECT/CT 机房内 SPECT/CT 进行扫描，依托华美楼负二楼现有放射科 DSA4 室开展注射，并设置 2 间专用病房。项目建成后，新增 Tc 日等效最大操作量为  $2.22 \times 10^5 \text{Bq}$  (该项目  $^{99m}\text{Tc}$  用量为核医学科的预留余量，未超过已许可的  $^{99m}\text{Tc}$  日等效最大操作量，此次不新增用量)；新增 Y 日等效最大操作量为  $3 \times 10^7 \text{Bq}$ ，现有核医学科日等效最大操作量增至  $2.17974 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所。

该项目在落实报告表提出的各项环境保护措施和下列工作要求后，可以满足国家环境保护相关法规和标准的要求。我局同意该环境影响报告表。

## 二、项目建设及运行中应重点做好的工作

### (一) 做好辐射工作场所的环境安全防护工作

1、落实辐射工作场所实体屏蔽与分装装置的屏蔽防护措施，确保辐射防护能力满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)和《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)。

2、现有核医学工作场所和 DSA4 室工作场所进行分区管理，划分控制区和监督区，落实各项安全防护措施要求，对放射性药物登记建档，记录用量平衡记录等台账，对各工作场所定期巡检。按要求配备防护用品，确保工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的相关要求。

3、放射性废气的处置。核医学工作场所、DSA4 室利用原有放射性废气收集及处理系统，放射性废气经专用管道收集，活性炭过滤装置过滤后排放，确保满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的相关规定。

4、放射性废水的处置。设置放射性废水处理系统，放射性废水经暂存衰变后，确保满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB37/596-2020)和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)放射性废液排放要求。

5、放射性固体废物的处置。设置放射性固废衰变箱，放射性固体废物在衰变箱停留衰变达到解控水平后按医疗废物处理。

### (二) 建立并完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施

1、完善辐射环境监测方案，配备与该项目辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和

监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。放射性辐射工作场所还应当配备表面污染监测仪。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局历下分局。

辐射工作人员应佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查。建立辐射工作人员个人剂量档案，做到一人一档。

2、按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，年度评估报告于每年1月31日前报济南市生态环境局历下分局。

3、修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。

4、加强辐射工作人员的辐射安全培训和再培训。制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全培训和考核；考核不合格的，不得上岗。

5、放射性药物设专人管理，严格落实辐射安全管理责任制以及放射性同位素使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等。

(三)环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的，应按要求重新报批环境影响报告表。

三、项目建设必须严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投用的“三同时”制度。项目建成后要按规定进行建设项目竣工环境保护验收，并依法向社会公开验收报告，经验收合格后方可正式投入使用。

四、市生态环境局历下分局负责该项目环境保护措施落实情况的监督管理，市生态环境保护综合行政执法支队按照“双随机、一公开”要求，将该项目纳入监管范围。

五、依据《中华人民共和国行政复议法》和《中华人民共和国行政诉讼法》，公民、法人或者其他组织认为该审批决定侵犯其合法权益的，可以自接到该批复之日起六十日内提起行政复议，也可以自接到该批复之日起六个月内提起行政诉讼。

济南市生态环境局

2022年11月25日

表 5 验收监测质量保证及质量控制

**1. 监测单位资质**

本期验收委托具备相应检测资质的山东丹波尔环境科技有限公司、核工业二三〇开展检测，该检测单位均已取得生态环境监测认证。

**2. 质量管理体系**

验收监测单位建立了由组织机构、程序、过程和资源构成且具有一定活动规律的质量管理体系。

**3. 质量保证计划**

验收监测单位将质量保证贯穿于从监测方案制定到监测结果评价的全过程。

**4. 监测点位的质量控制**

依据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求和方式进行现场监测。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 10 个数据，计算均值和标准偏差。

**5. 其他质量保证和控制措施**

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的的数据量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

本次相应监测使用方法、仪器及人员均符合山东丹波尔环境科技有限公司体系要求：

- （1）监测方法严格遵循监测单位制定的检测作业指导文件。
- （2）监测使用设备均通过检定并在有效期内，满足监测要求。
- （3）监测人员已通过辐射检测技术培训。
- （4）监测单位获得相应资质认证。

表 6 验收监测内容

为掌握本项目正常运行情况下周围的辐射环境水平，本期验收委托山东丹波尔环境科技有限公司对本期验收的相关场所及周围环境进行了 X-γ 辐射剂量率和表面污染监测。

本次委托核工业二三〇研究所对核医学工作场所下风向土壤中总 β 放射性进行监测。

本项目核医学工作场所设有放射性废水处理系统，项目放射性废水未超过原废水排放量，原环评已进行了评价。本次未对衰变池总排放口处的放射性废水中总 β 浓度进行监测。

一、X-γ 辐射剂量率和表面污染监测

1. 监测项目

本项目核医学工作场所内部及周围 X-γ 辐射剂量率、β 表面污染。

2. 监测时间与环境条件

监测时间：2024 年 4 月 23 日。

环境条件：天气：晴，温度：26.1℃，相对湿度：38.2%。

3. 监测仪器

本期验收监测仪器设备参数及技术指标见表 6-1。

表 6-1 本期验收监测使用的监测仪器一览表

设备名称	设备型号	技术指标	检定单位	检定证书编号	检定有效期至
便携式X-γ 剂量率仪	FH40G+ FHZ672E-10	系统主机测量范围：10nGy/h~1Gy/h；天然本底扣除探测器测量范围：1nGy/h~100 μ Gy/h；能量范围：33keV~3MeV；相对固有误差：-11.9%(相对于 <sup>137</sup> Cs参考γ辐射源)	山东省计量科学 研究院	Y16-20232972	2024 年 12 月 19 日
α、β表面 污染测量仪	BG9611	测量范围：0.1~99999cps，探测效率：α ≥0.30 (对 <sup>241</sup> Am)，β ≥0.25 ( <sup>204</sup> Tl)	山东省计量科学 研究院	Y15-20230127	2024 年 05 月 15 日

4. 监测人员

本次由两名监测人员共同进行现场验收监测。

5. 监测依据及监测方法

依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《表面污染测定第一部分 β 发射体（E β MAX > 0.15MeV）和 α 发射

体》(GB/T14056.1-2008)的要求和方式进行现场监测。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 10 个数据, 计算均值和标准偏差。

### 6. 监测点位

本期验收委托山东丹波尔环境科技有限公司对本期验收的相关场所及周围环境进行了剂量率和表面污染监测。监测点位具体见下文。

## 二、核医学工作场所下风向土壤中总 β

### 1. 监测项目

核医学工作场所下风向土壤中总 β。

### 2. 监测时间与环境条件

取样时间: 2024 年 06 月 04 日

测试时间: 2024 年 06 月 11 日。

### 3. 监测仪器

设备名称低本底 α β 计数仪, 检出限 17.8Bq/kg。本期验收监测仪器设备参数及技术指标见表 6-2。

表 6-2 本期验收监测使用的监测仪器一览表

环境因素	监测因子	仪器及型号	技术指标	检定/校准证书
土壤环境	总 β	低本底 α、β 测量仪	①对于 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ β 源(活性区 Φ 20mm) 2 π 效率比 $\geq 60\%$ 时, 本底值 $\leq 0.15\text{cm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ; ②对于 $^{239}\text{Pu}$ α 源(活性区 Φ 30mm) 2 π 效率比 $\geq 80\%$ 时, 本底 $\leq 0.005\text{cm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ; ③ α / β 交叉性能: α 进入 β 道的计数比 $< 3\%$ (对 $^{239}\text{Pu}$ ); β 进入 α 道的计数比 $< 0.5\%$ (对于 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ ); ④长期稳定性 效率稳定性: 仪器通电 24h, 各路探测效率变化 $< 10\%$ ; ⑤本底稳定性 仪器通电 24h, 本底计数率变化应在 $(nb \pm 3\sigma)$ 范围内。其中 nb 为本底平均计数率, σ 为本底计数率的标准误差。	证书编号: hnilxz 2022182- 494

### 4. 监测人员

本次由两名监测人员共同进行现场验收监测。

### 5. 监测依据及监测方法

土壤中总 β 参照《水中总 B 放射性测定蒸发法》(EJ/T900-1994) 进行检测。

### 6. 监测点位

本期验收委托核工业二三〇研究所对核医学工作场所下风向土壤中总 β 放射性进行监

测。监测点位具体见下文。

核医学科内部及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图 Tc-99m 监测点位见图 6-1。

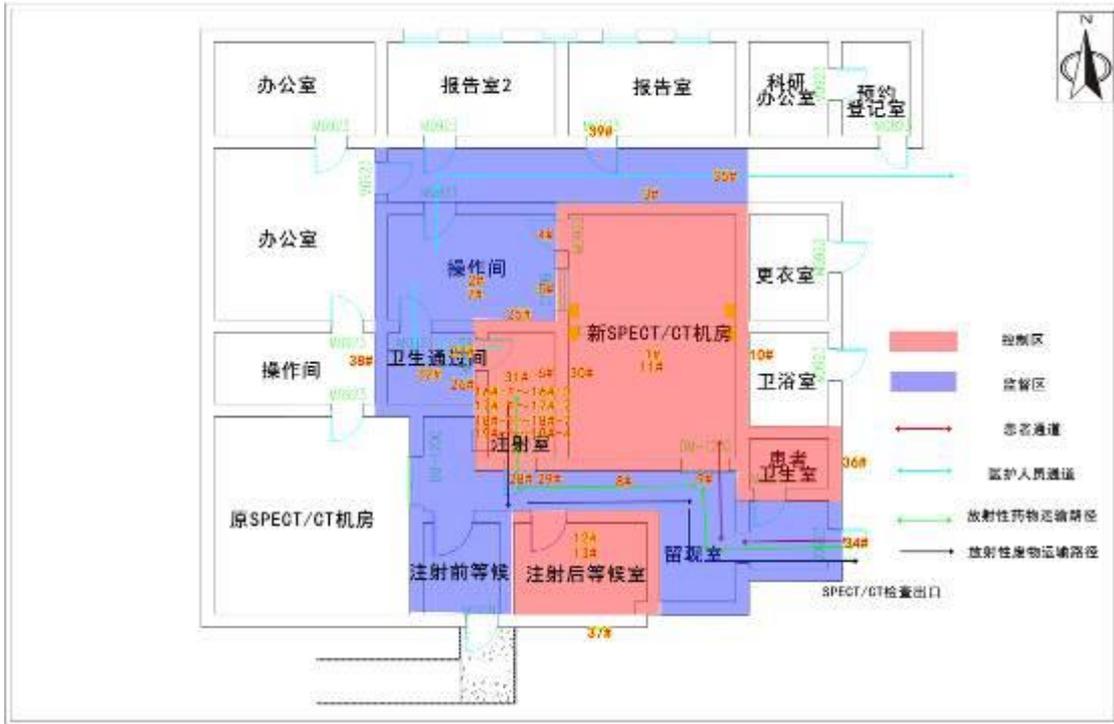


图 6-1 核医学科内部及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图 Tc-99m 监测点位  
(备注：1#、2#、25#-39#为 Tc-99m、Y-90 共同影响的点位)

核医学科内部及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测点位见图 6-2。

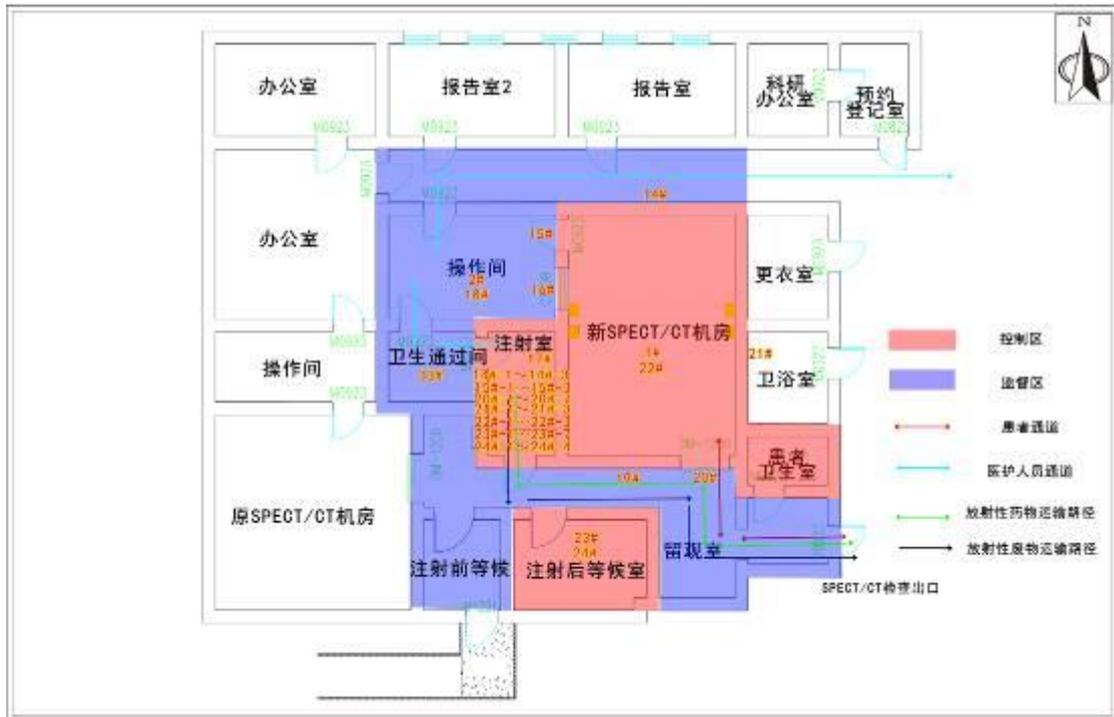


图 6-2 核医学科内部及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测点位

核医学工作场所周围 X-γ 辐射剂量率监测布点图见图 6-3。



图 6-3 核医学科周围 X-γ 辐射剂量率监测布点图

(备注：41#-45#为 Tc-99m、Y-90 共同影响的点位)

DSA4 室内部及周围 X-γ 辐射剂量率监测布点图 Tc-99m 监测点位见图 6-4。

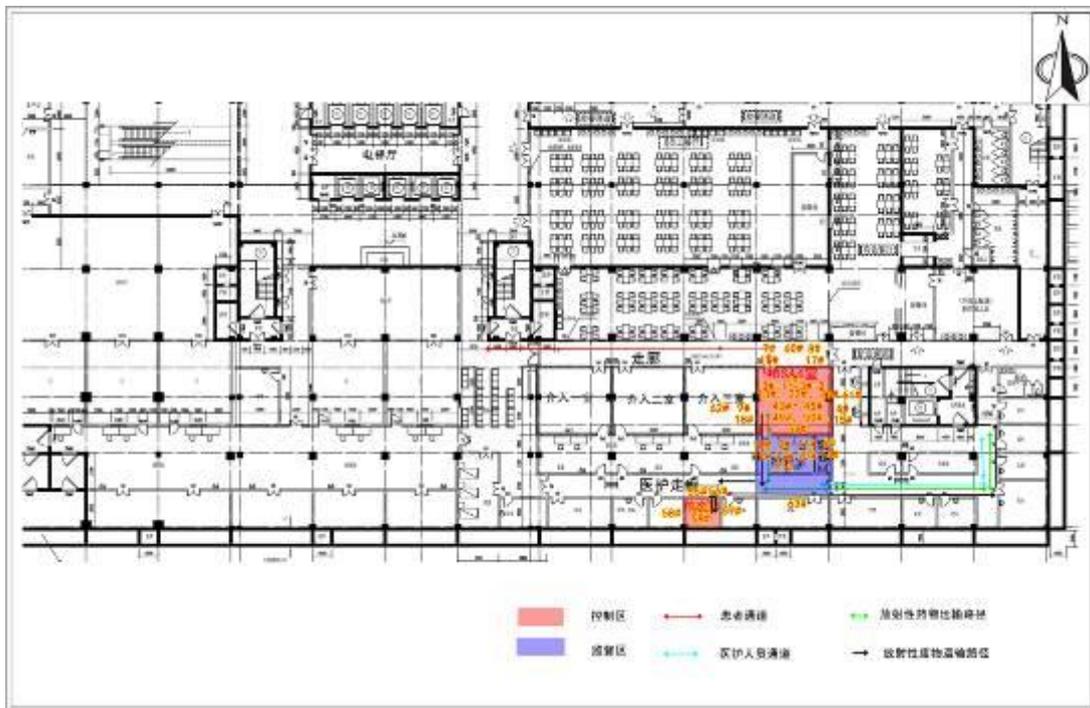


图 6-4 DSA4 室内部及周围 X-γ 辐射剂量率监测布点图 Tc-99m 监测点位

(备注：1#、2#、53#、54#-63#为 Tc-99m、Y-90 共同影响的点位)

DSA4 室内部及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测点位见图 6-5。

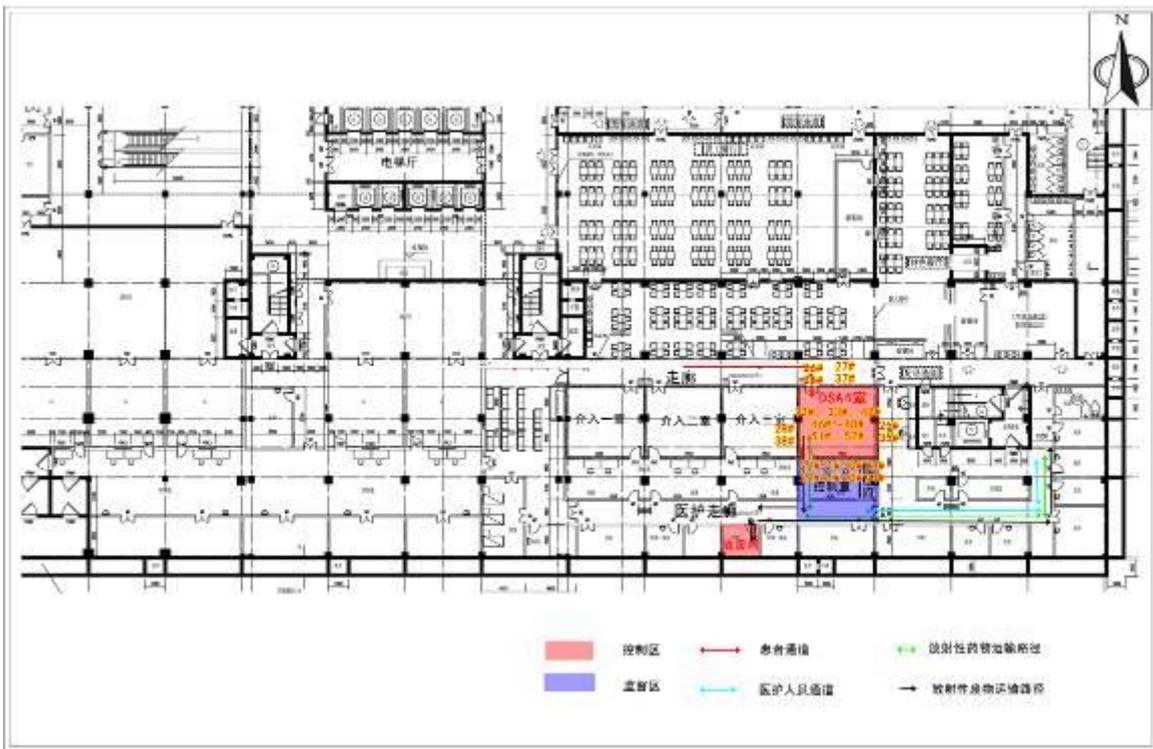


图 6-5 DSA4 室内部及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测点位

DSA4 室周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图见图 6-6。



图 6-6 DSA4 室周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图

(备注：64#-66#为 Tc-99m、Y-90 共同影响的点位)

华美楼五楼专用病房内部及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测点位见图 6-

7。

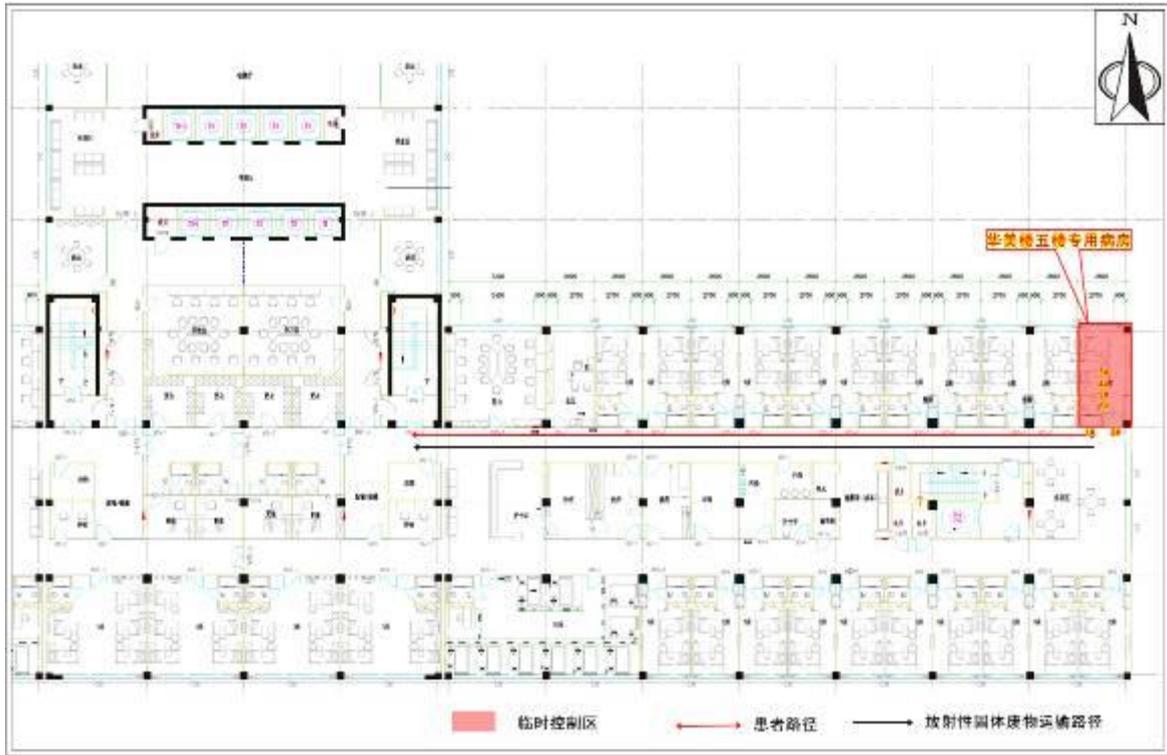


图 6-7 华美楼五楼专用病房内部及周围 X-γ 辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测布点图  
综合楼二楼病房内部及周围 X-γ 辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测点位见图 6-8。

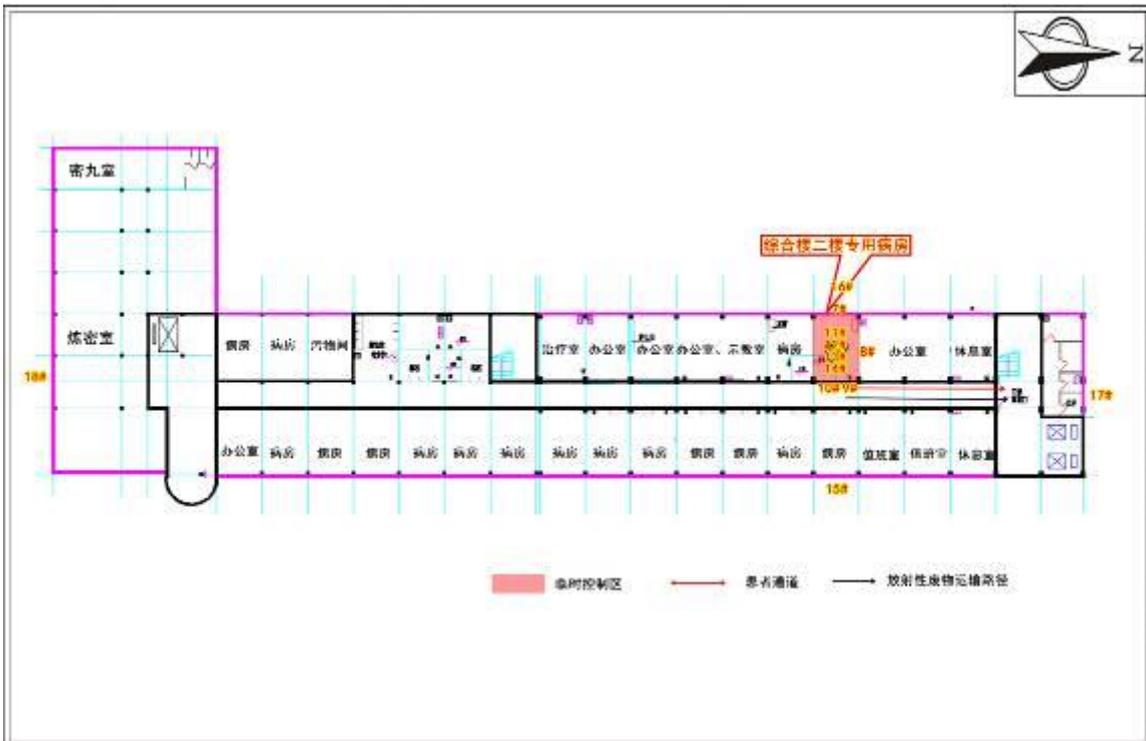


图 6-8 综合楼二楼病房内部及周围 X-γ 辐射剂量率监测布点图 Y-90 监测布点图  
核医学科表面污染监测点位见图 6-9。

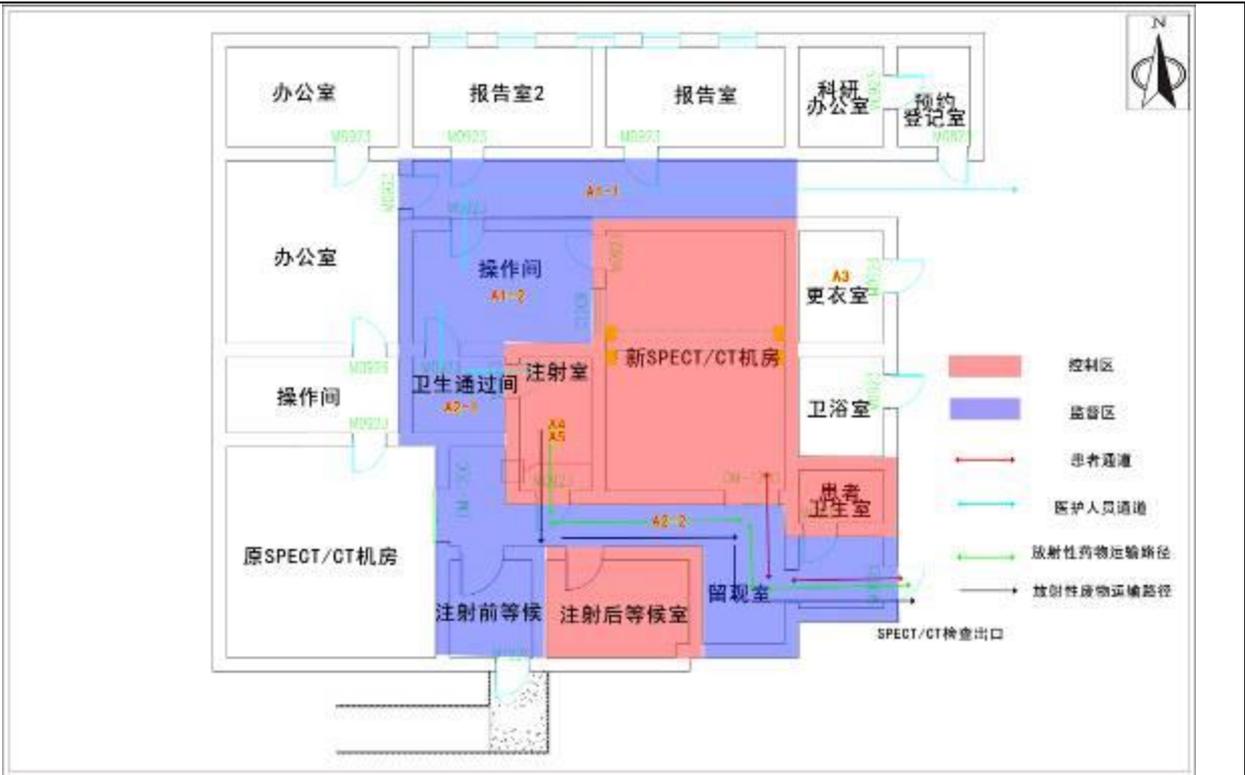


图 6-9 核医学科表面污染监测点位图

DSA4 室表面污染监测点位见图 6-10。

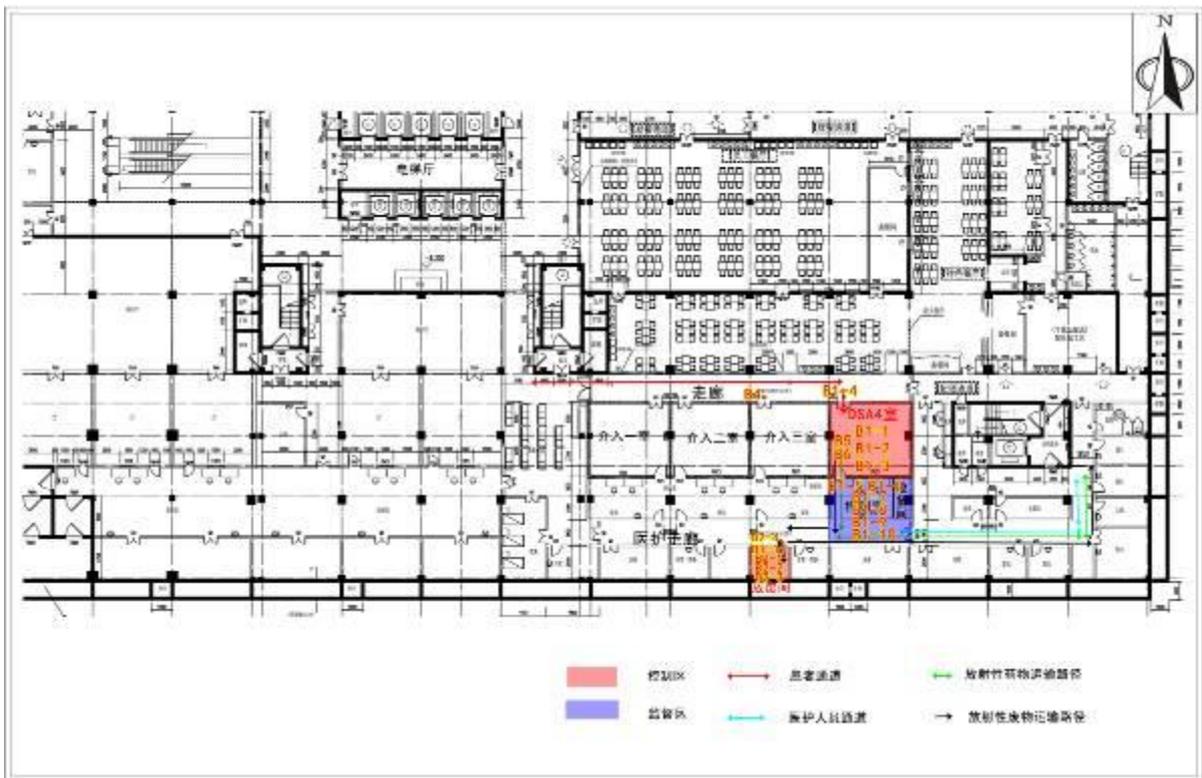


图 6-10 DSA4 室表面污染监测点位图

华美楼 5 层表面污染监测点位见图 6-11。

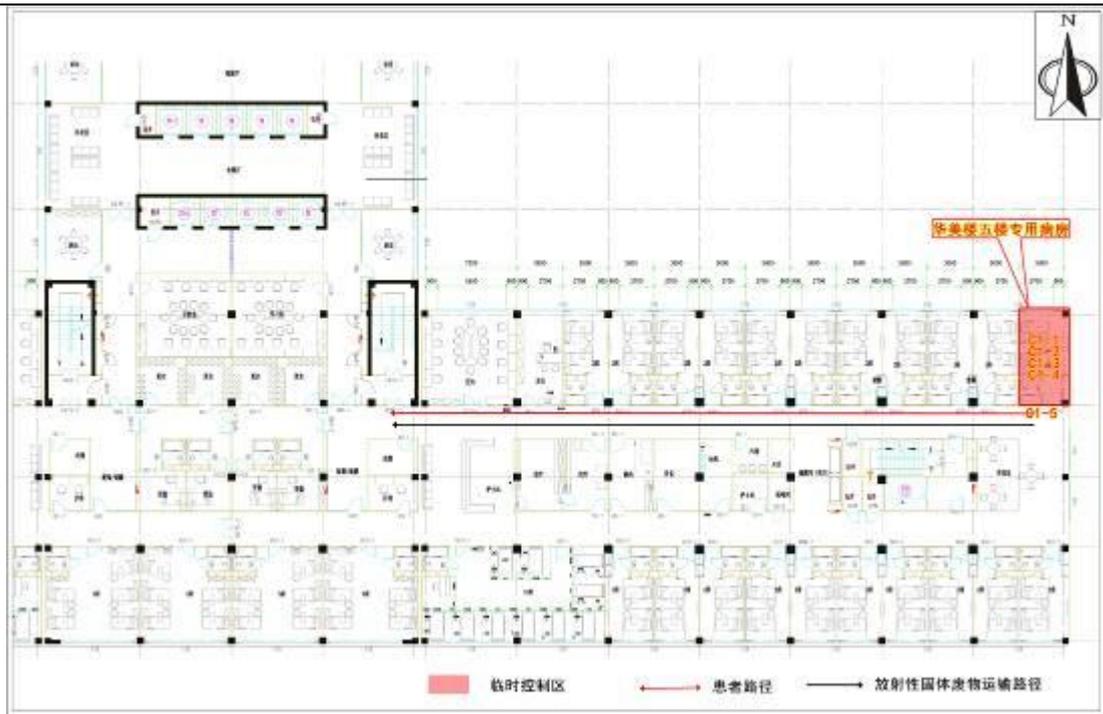


图 6-11 华美楼 5 层表面污染监测点位图

综合楼二层表面污染监测点位见图 6-12。

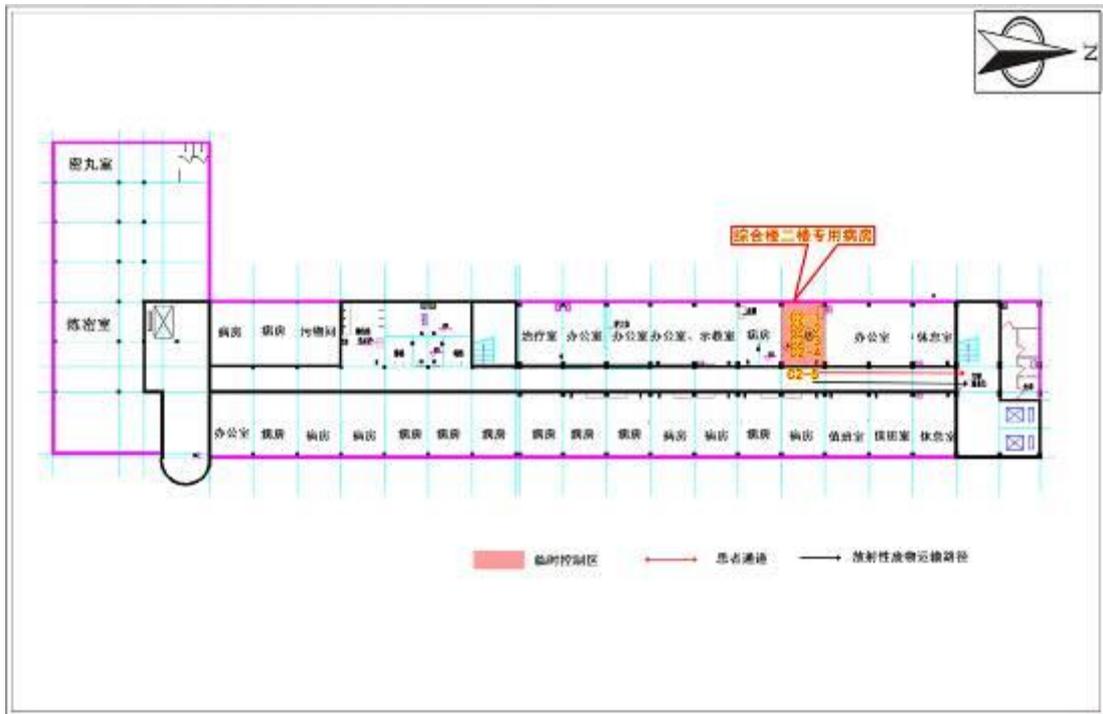


图 6-12 综合楼二层表面污染监测点位图

根据项目所在地区气候气象条件，常年主导风向为南南西风（SSW），因此在项目主导风向下风向（广德楼北北东 NNE）取土样进行检测。详见附图 2。

## 表 7 验收监测

### 7.1 监测期间运行工况

本项目验收监测期间各设备和场所工况持续稳定运行，各辐射安全与防护设施均处于正常使用状态，设备符合验收监测工况要求。

下表中 X- $\gamma$  辐射剂量率检测数据均已扣除宇宙射线响应值 14.8nGy/h，宇宙射线响应值的屏蔽修正因子，原野及道路取 1，平房取 0.9，多层建筑物取 0.8。

### 7.2 验收监测结果

#### 7.2.3 核医学工作场所验收监测结果

核医学科 SPECT-CT 机房内部及周围  $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 7-1。

表 7-1 核医学科 SPECT-CT 机房内部及周围  $\gamma$  辐射剂量率监测结果 (nGy/h)

涉及商业机密、不公示

核医学科分装质控室内部及周围  $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 7-2。

表 7-2 核医学科分装质控室内部及周围  $\gamma$  辐射剂量率监测结果 (nGy/h)

涉及商业机密、不公示

核医学科内及周围环境保护目标处  $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 7-3。

表 7-3 核医学科内及周围环境保护目标处  $\gamma$  辐射剂量率监测结果 (nGy/h)

涉及商业机密、不公示

DSA4 室周围 x- $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 7-4。

表 7-4 DSA4 室周围 x- $\gamma$  辐射剂量率监测结果 (nGy/h)

涉及商业机密、不公示

DSA4 室其他相关场所及周围 x- $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 7-5。

表 7-5 DSA4 室其他相关场所及周围 x- $\gamma$  辐射剂量率监测结果 (nGy/h)

涉及商业机密、不公示

华美楼五楼病房及综合楼二楼病房周围  $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 7-6。

表 7-6 华美楼五楼病房及综合楼二楼病房周围  $\gamma$  辐射剂量率监测结果 (nGy/h)

涉及商业机密、不公示

核医学科、介入科及病房区域  $\beta$  表面污染水平检测结果见表 7-7。

表 7-7 核医学科、介入科及病房区域  $\beta$  表面污染水平检测结果 (Bq/cm<sup>2</sup>)

涉及商业机密、不公示

核医学工作场所下风向土壤中总 $\beta$ 监测结果见表7-8。

表7-8 核医学工作场所下风向土壤中总 $\beta$ 监测结果

涉及商业机密、不公示

(1) 根据表7-1~表7-3核医学科相关检测结果可知, SPECT-CT机房进行 $^{99m}\text{Tc}$ 患者(用药6mCi)扫描时, 机房周围剂量率为126.3nGy/h~1.29 $\mu\text{Gy/h}$ ; SPECT-CT机房进行 $^{90}\text{Y}$ 患者(用药 $2.5\times 10^7\text{Bq}$ )扫描时, 机房周围剂量率为125.4nGy/h~1.71 $\mu\text{Gy/h}$ ; 分装质控室周围剂量率为134.4~193.8nGy/h。以上各场所剂量率均低于环评报告表提出的控制区内各房间外、控制区边界外剂量率低于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

核医学科周围环境保护目标剂量率为48.1~112.4nGy/h, 即(4.81~12.74) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ , 处于济南市环境天然辐射水平波动范围内[道路(1.84~6.88) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室内(6.54~12.94) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

关闭手套箱时, 手套箱、注射窗外剂量率为169.4~735.9nGy/h, 低于《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)第6.1.6款规定的放射性药物合成分装的通风柜、注射窗等设备外表面30cm处人员操作位剂量率目标控制值2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 及非正对人员操作位表面剂量率目标控制值25 $\mu\text{Sv/h}$ 。

核医学科衰变箱外表面30cm处的剂量率395.6~462.6nGy/h, 低于《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)第6.1.7款规定的剂量率目标控制值2.5 $\mu\text{Sv/h}$ , 也满足环评要求。

(2) 根据表7-4~表7-6介入科相关场所及周围检测结果可知, DSA关机状态且无放射性药物时, DSA4室内及周围剂量率为106.6~108.5nGy/h, 即10.66~10.85 $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ , 处于济南市环境天然辐射水平波动范围内[道路(1.84~6.88) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室内(6.54~12.94) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

DSA4室注射 $^{99m}\text{Tc}$ 和 $^{90}\text{Y}$ 时, DSAA4室外剂量率为122.7~318nGy/h, 放废间外剂量率为125.3~140nGy/h, 介入科其他位置以及2个病房外剂量率为50.7~786.7nGy/h, 均满足环评提出的控制区外剂量率低于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

介入科相关场所周围环境保护目标处剂量率为58~60.3nGy/h, 即5.8~6.03 $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ , 处于济南市环境天然辐射水平波动范围内[道路(1.84~6.88) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室内(6.54~12.94) $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

介入科放射性废物桶表面、衰变箱表面剂量率为282.1nGy/h~2.02 $\mu\text{Gy/h}$ , 低于《核

医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第6.1.7款规定的剂量率目标控制值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，也满足环评要求。

（3）根据表7-7  $\beta$  表面污染检测结果，注射手术期间控制区内  $\beta$  表面污染水平为 $0.33\sim 0.36\text{Bq/cm}^2$ ，监督区内  $\beta$  表面污染水平为 $0.19\sim 0.31\text{Bq/cm}^2$ ，分别低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区（ $40\text{Bq/cm}^2$ ）和监督区（ $4\text{Bq/cm}^2$ ）的表面污染控制水平。工作人员手部  $\beta$  表面污染水平最大值为 $0.11\text{Bq/cm}^2$ ，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的手部 $0.4\text{Bq/cm}^2$ 的表面污染控制水平；医护人员工作服表面、鞋子等  $\beta$  表面污染水平为 $0.11\sim 0.12\text{Bq/cm}^2$ ，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的工作服、手套、工作鞋  $\beta$  表面污染控制水平 $4\text{Bq/cm}^2$ 。

DSA4室完成注射手术并清理后，DSA4室内及周围场所控制区、病房等临时控制区内  $\beta$  表面污染水平为 $0.14\sim 0.39\text{Bq/cm}^2$ ，监督区内  $\beta$  表面污染水平为 $0.06\sim 0.07\text{Bq/cm}^2$ ，控制区内设备及物品  $\beta$  表面污染水平最大值为 $0.3\text{Bq/cm}^2$ ，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的五十分之一以下（控制区内设备和物品 $0.8\text{Bq/cm}^2$ 、监督区内设备和物品 $0.08\text{Bq/cm}^2$ ，场所表面污染 $0.8\text{Bq/cm}^2$ ）

（4）根据表7-8，山东大学齐鲁医院核医学下风向土壤中总  $\beta$  为 $0.8959\text{Bq/g}$ ，参考《南水北调山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平、许家昂等，中国辐射卫生，2006年12月第15卷第4期），南水北调东线山东段沿线土壤中总  $\beta$  水平为（ $510\sim 858$ ） $\text{Bq/kg}$ ，总体上处在本底水平。

## 7.2 职业人员和公众成员受照剂量

医院已委托具有相关检测资质的检测单位为职业人员开展个人剂量监测，由于本项目于2024年3月进入调试运行阶段，调试运行后尚未取得职业人员的个人剂量检测报告，因此本次采用验收监测结果估算本项目辐射工作人员年有效剂量。

本项目对职业人员的剂量贡献分三部分，分别来自  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$  以及射线装置产生的 X 射线。工作人员除了从事本项目相关工作，还从事核医学科或 DSA 其他工作，个人剂量需叠加从事现有工作的剂量贡献。

1. 年有效剂量估算公式、居留因子选取

(1) 年有效剂量估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H^* = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \quad (7-1)$$

式中：

- H\*——年有效剂量，mSv/a；
- H——参考点处辐射剂量率，μSv/h；
- U——使用因子，无量纲，本项目均取值 1；
- T——居留因子，无量纲；
- t——年照射时间，h/a。

(2) 居留因子

居留因子参照《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），具体见表 7-9。

表7-9 居留因子的选取

标准			
场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

2、对于 <sup>99m</sup>Tc，考虑取药、药物转运、注射、扫描等过程

取药：将分装好的带有 5mmPb 防护套的 <sup>99m</sup>Tc 放进转运提盒(5mmPb)，一周操作 2 次，一次约需 1min，一年操作 100 次，则操作时间为 1.67h；注射前，将带有 5mmPb 防护套的 <sup>99m</sup>Tc 从转运提盒中取出，一周操作两次，一次约需 2min，一年操作 100 次，则操作时间为 3.33h。

药物转运：药物从核医学科转运至 DSA4 室路程约 400m，用时约 5min，一年转运 100 次，则转运时间为 8.33h。

注射：患者注射约需 5min，一年最多 100 例，则注射用时 8.33h。

扫描：SPECT/CT 扫描约需 20min，一年最多 100 例，则扫描用时 33.33h，扫描前工作人员指导摆位，每例约需 3min，一年 100 例，摆位时间为 5h。

$^{99m}\text{Tc}$  所致年有效剂量如下：

表 7-10 本项目  $^{99m}\text{Tc}$  以及射线装置对职业人员附加剂量贡献

操作环节	参考位置	剂量率	居留因子	时间 (h)	计算结果 (mSv)
取药 (核医学科护士)	手部	146.5nGy	1	1.67	$2.447 \times 10^{-4}$
	身体	158.9nGy	1		$2.654 \times 10^{-4}$
取药 (药物接收) (DSA 护士)	手部	146.5nGy	1	3.33	$4.878 \times 10^{-4}$
	身体	158.9nGy	1		$5.291 \times 10^{-4}$
药物转运 (核医学科护士)	手部	$2.04 \mu\text{Gy/h}$	1	8.33	0.017
	身体	$1.31 \mu\text{Gy/h}$	1		0.011
注射 (DSA 医师)	手部	$249.7\text{nGy/h}$	1	8.33	$2.080 \times 10^{-3}$
	身体	$1.24 \mu\text{Gy/h}$	1		0.010
	眼晶体	$134.2\text{nGy/h}$	1		$1.118 \times 10^{-3}$
注射 (DSA 技师)	手部	$165.0\text{nGy/h}$	1	8.33	$1.374 \times 10^{-3}$
	身体	$165.0\text{nGy/h}$	1		$1.374 \times 10^{-3}$
SPECT 摆位 (核医学技师)	手部	$330.7\text{nGy/h}$	1	5	$1.654 \times 10^{-3}$
	身体	$330.7\text{nGy/h}$	1		$1.654 \times 10^{-3}$
扫描 (核医学技师)	手部	$1.29 \mu\text{Gy/h}$	1	33.33	0.043
	身体	$1.29 \mu\text{Gy/h}$	1		0.043

核医学科护士负责取药和药物转运，则  $^{99m}\text{Tc}$  对核医学科护士年有效剂量贡献值为  $2.447 \times 10^{-4} + 0.017 \approx 0.017\text{mSv}$  (手部)、 $2.654 \times 10^{-4} + 0.011 \approx 0.011\text{mSv}$  (身体)。

SPECT-CT 扫描时摆位及控制室内设备操作由核医学科技师完成，则  $^{99m}\text{Tc}$  和 SPECT-CT 产生的 X 射线对核医学科技师年有效剂量贡献值为  $1.654 \times 10^{-3} + 0.043 \approx 0.043\text{mSv}$  (手部和身体)。

注射由介入医师完成，则  $^{99m}\text{Tc}$  和 DSA X 射线对介入医师年有效剂量贡献值为  $2.080 \times 10^{-3}\text{mSv}$  (手部)、 $0.010\text{mSv}$  (身体)、 $1.118 \times 10^{-3}\text{mSv}$  (眼晶体)。

注射时， $^{99m}\text{Tc}$  以及 DSA X 射线对介入技师年有效剂量贡献值为  $1.374 \times 10^{-3}\text{mSv}$  (手部和身体)。

介入护士负责药物接收、介入室内部分辅助工作， $^{99m}\text{Tc}$  以及 DSA X 射线对介入室护士

年有效剂量贡献值最大为  $4.878 \times 10^{-4} + 2.080 \times 10^{-3} = 2.568 \times 10^{-3} \text{mSv}$ （手部）、 $5.291 \times 10^{-4} + 0.010 = 0.010 \text{mSv}$ （身体）。

3、对于  $^{90}\text{Y}$ ，考虑抽取（分装）、取药、药物转运、注射、扫描、查房及护理等抽取（分装）： $^{90}\text{Y}$  分装一次约需 30min，每年分装 100 次，则分装需 50h。

取药：分装后，将含有药物的 V 瓶防护罐的药物放入 15mmPb 转运防护盒内，一周操作 2 次，一次约需 1min，一年操作 100 次，则操作时间为 1.67h；注射前，放射科护士将含有药物的 V 瓶防护罐从转运防护盒中取出，一周操作两次，一次约需 2min，一年操作 100 次，则操作时间为 3.33h。

药物转运：药物从核医学科转运至 DSA4 室用时约 5min，一年转运 100 次，则转运时间为 8.33h。

药物注射：患者注射约需 20min，一年最多 100 例，则注射用时 33.33h。

扫描：SPECT/CT 扫描约需 20min，一年最多 100 例，则扫描用时 33.33h；扫描前工作人员指导摆位，每例约需 3min，一年 100 例，摆位时间为 5h。

查房及护理：按照住院期间医护人员和护理人员近距离接触患者 2 次计，近距离(1m)接触患者约 10min/例，一年最多接诊 100 例，则查房接触时间为  $100 \times 2 \times 10 \div 60 = 33.33\text{h}$ 。

表 7-11 本项目  $^{90}\text{Y}$  以及射线装置对职业人员附加剂量贡献

操作环节	参考位置	剂量率	居留因子	时间 (h)	计算结果 (mSv)
分装 (核医学科护士)	手部	$21.2 \mu\text{Gy/h}$	1	50	1.060
	身体	$5.97 \mu\text{Gy/h}$	1		0.299
取药 (核医学科护士)	手部	$309.5 \text{nGy/h}$	1	1.67	$5.169 \times 10^{-4}$
	身体	$146.8 \text{nGy/h}$	1		$2.452 \times 10^{-4}$
药物转运 (核医学科护士)	手部	$20.5 \mu\text{Gy/h}$	1	8.33	0.171
	身体	$7.04 \mu\text{Gy/h}$	1		0.059
取药（药物接收） (DSA 室护士)	手部	$309.5 \text{nGy/h}$	1	3.33	$1.031 \times 10^{-3}$
	身体	$146.8 \text{nGy/h}$	1		$4.888 \times 10^{-4}$
注射 (DSA 医师)	手部	$1.45 \mu\text{Gy/h}$	1	33.33	0.048
	身体	$30.8 \mu\text{Gy/h}$	1		1.027
	眼部	$134.2 \text{nGy/h}$	1		$4.473 \times 10^{-3}$
注射 (DSA 技师)	手部	$318.0 \text{nGy/h}$	1	33.33	0.011
	身体	$318.0 \text{nGy/h}$	1		0.011
SPECT 摆位 (核医学科技师)	手部	$450.7 \text{nGy/h}$	1	5	$2.254 \times 10^{-3}$
	身体	$450.7 \text{nGy/h}$	1		$2.254 \times 10^{-3}$

扫描 (核医学科技师)	手部	1.71 $\mu$ Gy/h	1	33.33	0.057
	身体	1.71 $\mu$ Gy/h	1		0.057
查房 (介入科医师)	手部	6.05 $\mu$ Gy/h	1	33.33	0.202
	身体	6.05 $\mu$ Gy/h	1		0.202
护理 (介入科护士)	手部	11.8 $\mu$ Gy/h	1	33.33	0.393
	身体	11.8 $\mu$ Gy/h	1		0.393

核医学科护士负责分装、取药、药物转运, 则  $^{90}\text{Y}$  对核医学科护士年有效剂量贡献值为  $1.060+5.169 \times 10^{-4}+0.171 \approx 1.231\text{mSv}$  (手部)、 $0.299+2.452 \times 10^{-4}+0.059 \approx 1.460\text{mSv}$  (身体)。

SPECT-CT 扫描时摆位及控制室内设备操作由核医学科技师完成, 则  $^{90}\text{Y}$  和 SPECT-CT X 射线对核医学科技师年有效剂量贡献值为  $2.254 \times 10^{-3}+0.057 \approx 0.057\text{mSv}$  (手部和身体)。

注射和查房由介入医师完成, 则  $^{90}\text{Y}$  和 DSA X 射线对介入医师年有效剂量贡献值为  $0.048+0.202=0.25\text{mSv}$  (手部)、 $1.027+0.202=1.229\text{mSv}$  (身体)、 $4.473\text{E} \times 10^{-3}\text{mSv}$  (眼晶体)。

介入科护士负责药物接收、介入室内部分辅助工作、病房护理工作,  $^{90}\text{Y}$  以及 DSA X 射线对介入室护士年有效剂量贡献值最大为  $1.031 \times 10^{-3}+0.048+0.393=0.442\text{mSv}$  (手部)、 $4.888 \times 10^{-4}+1.027+0.393=1.420\text{mSv}$  (身体)。

注射时,  $^{90}\text{Y}$  以及 DSA X 射线对 DSA 4 室技师年有效剂量贡献值为  $0.011\text{mSv}$  (手部、身体)。

#### 4、职业人员年有效剂量估算

根据医院提供资料, 本项目相关的核医学科工作人员核医学科 12 名 (5 名技师、4 名护士、3 名医师), 分为 2 组轮流负责本项目工作; 放射科 9 名 (2 名技师、4 名护士、3 名医师) 分为 2 组轮流负责本项目工作; 肝胆外科 1 名 (1 名医师), 综合科 1 名 (1 名护士), 其中医师至少可分 5 组轮流操作。本项目对工作人员的剂量贡献叠加现有项目剂量贡献估算人员年有效剂量如下表所示:

表 7-12 职业人员年有效剂量或年当量剂量

单位: mSv

人员	本项目		现有项目 贡献值	年有效剂量/ 年当量剂量	管理 约束值	是否满足 标准要求	
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 相关操作	$^{90}\text{Y}$ 相关操作					
核医学 科护士	手部	0.017/2	1.231/2	—	0.624	125	是
	身体	0.011/2	1.460/2	0.16 (最大 者刘燕)	0.896	5	是

核医学 科技师	手部	0.043/3	0.057/3	—	0.033	125	是
	身体	0.043/3	0.057/3	0.16（最大者黄亚丽）	0.193	5	是
DSA4 室 护士	手部	$2.568 \times 10^{-3}/2$	0.442/2	—	0.222	125	是
	身体	0.010/2	1.420/2	0.04（最大者张静）	0.755	5	是
DSA4 室 技师	手部	$1.374 \times 10^{-3}/1$	0.011/1	—	0.012	125	是
	身体	$1.374 \times 10^{-3}/1$	0.011/1	0.02（最大者刘金路）	0.032	5	是
DSA4 室 医师	手部	$2.080 \times 10^{-3}/2$	0.25/2	—	0.126	125	是
	身体	0.010/2	1.229/2	0.08（最大者解阳）	0.700	5	是
	眼晶体	$1.118 \times 10^{-3}/2$	$4.473 \times 10^{-3}/2$	—	0.003	20	是

由上表可知，辐射工作人员年有效剂量最大为 0.896mSv，低于年有效剂量管理约束值 5mSv；手部年当量剂量最大为 0.624mSv，低于手部年当量剂量管理剂量约束值 125mSv；眼晶体年当量剂量为 0.003mSv，低于眼晶体年当量剂量管理约束值 20mSv。需说明的是，以上均在保守条件下进行估算，结果偏保守，实际受照剂量应低于表中估算结果。

#### 5、公众成员年有效剂量

本项目核医学工作场所周围公众成员活动区域，各区域公众成员受照剂量计算结果详见表 7-13，各环保目标处的剂量率处于济南市环境天然辐射水平范围内，因此不会对各环保目标处的公众成员造成附加剂量，因此本次不再对各环保目标处公众剂量进行计算。

核医学科扫描：SPECT/CT 扫描约需 20min，一年最多 100 例，则扫描用时 33.33h；扫描前工作人员指导摆位，每例约需 3min，一年 100 例，摆位时间为 5h。考虑到  $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  分别操作的情形，则保守最大操作时间为 76.66h。

DSA4 室每年进行  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  和  $^{90}\text{Y}$  注射手术各 100 人次，其中  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  注射时间为 5min/人次， $^{90}\text{Y}$  注射时间为 20min/人次；进行  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  注射时，DSA 曝光时间约 6min/人次(透视 5min、减影 1min)；进行  $^{90}\text{Y}$  注射时，DSA 曝光时间约 10min/人次(透视 8min、减影 2min)。则保守最大操作时间为 68.33h。

本项目两间双人病房(病房 1、病房 2)，每周入住两批次，每批次一人，一般住院 2 天，一年 100 批次，入住时间最大为  $100 \times 24 \times 2 = 4800\text{h}$ 。

表 7-13 本项目核医学工作场所周围公众成员年有效剂量计算一览表

位置	对应区域 场所名称	剂量率 最大值 (nGy/h)	居留 因子	时间 (h/a)	年有效 剂量 (mSv/a)
核医学科东侧	博施楼外道路、停车场、健康楼等	49.1	1/40	76.66	$6.587 \times 10^{-5}$
核医学科南侧	博施楼科研区、广智院街、求真楼等	49.4	1/40	76.66	$6.627 \times 10^{-5}$
核医学科西侧	博施楼西侧道路、供应楼、广文楼等	50	1/40	76.66	$6.708 \times 10^{-5}$
核医学科北侧	博施楼北侧道路、第一职工食堂等	49.5	1/40	76.66	$6.641 \times 10^{-5}$
核医学科室顶上方 30cm	室顶杂物间、平台	126.3	1/20	76.66	$3.389 \times 10^{-4}$
介入放射科北侧	患者走廊、华美楼员工餐厅、就餐通道、备用机房、配电室等	127.4	1/5	68.33	0.001
介入放射科东侧	办公室、走廊、华美楼负二楼设备间、走廊、医生办公室、华美楼东侧道路、急诊综合楼等	124.8	1/5	68.33	0.001
介入放射科西侧	介入三室、介入二室、介入一室、血管造影候诊区域、CT诊疗区等	122	1/2	68.33	0.003
介入放射科南侧	本机房控制室、本机房设备间、医护走廊、放射科设备间、华美楼南侧道路、警务室等	120.9	1/5	68.33	0.001
介入放射科室顶上方 30cm	华美楼地下一层急诊科门诊	281.1	1/5	68.33	0.003
华美楼五楼病房 1 室顶上方 30cm	病房	187.2	1/20	4800	0.031
华美楼五楼病房 1 地面下方距楼下地面 170cm	设备层	162.4	1/20	4800	0.027
综合楼南侧	综合楼二楼病房	50.7	1/20	4800	0.009
综合楼北侧	医生办公室、休息室、楼梯间、综合楼北侧医院内道路	51.1	1/5	4800	0.034
综合楼东侧	综合楼二层走廊、病房、综合楼东侧道路、怀仁楼	51.5	1/20	4800	0.009
综合楼西侧	综合楼西侧医院内道路、解放楼、健康楼	53	1/40	4800	0.004

注：监测值为 Gy/h，转换为 Sv/h，转换系数 0.7；保守取最大值

根据表 7-13 可知，公众成员年有效剂量最大值为 0.034mSv，也低于环评报告表提出的 0.1mSv 的年管理剂量约束值。

#### 6、陪护人员（慰问者）年有效剂量估算

根据上表，注射  $^{99m}\text{Tc}$  患者周围 0.5m 处剂量率最大为  $2.42 \mu\text{Gy/h}$ ，注射  $^{90}\text{Y}$  患者周围

0.5m 处剂量率最大为  $11.8 \mu\text{Gy/h}$ 。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  半衰期为 6.02h，一般 3 天后可衰减到可忽略不计，保守按照 3 天全陪护且剂量率不衰减考虑，则  $3 \times 24 \times 2.42 / 1000 \times 0.7 \approx 0.122\text{mSv}$ ； $^{90}\text{Y}$  半衰期为 2.68 天，一般 7 天后可衰减到可忽略不计，保守按照 7 天全陪护且剂量率不衰减考虑，则  $7 \times 24 \times 11.8 / 1000 \times 0.7 \approx 1.388\text{mSv}$ 。则陪护人员（慰问者）受照剂量不超过  $0.122 + 1.388 = 1.510\text{mSv}$ 。满足环境影响报告表提出的慰问者在患者诊断和治疗期间受到的剂量不超过 5mSv 的要求。

表 8 验收监测结论

根据本期验收监测和检查结果，可以得出以下结论：

1. 项目概况

山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目，该项目环境影响报告表于 2022 年 11 月 25 日由济南市生态环境局以济环辐表审[2022]15 号文件审批通过。该项目于 2022 年 12 月开工建设，于 2024 年 3 月进入调试运行阶段。

本次验收内容为：

本项目工作场所依托医院博施楼一楼现有核医学科注射室、新SPECT/CT机房与其操作间，华美楼负二楼现有放射科DSA4室、DSA4室西南侧放射性废物暂存间，华美楼五楼南翼东北侧的病房以及综合楼二楼西北侧的病房（以下简称“病房1、病房2”）等。本项目不新增辐射工作人员，依托核医学科和放射科现有辐射工作人员开展相关工作。

本项目使用的<sup>99m</sup>Tc、<sup>90</sup>Y放射性药物均外购，对于<sup>99m</sup>Tc，进行暂存、注射、扫描；对于<sup>90</sup>Y，需进行暂存、活度测量、分装、注射、扫描；其中暂存、活度测量与分装过程均在现有核医学科注射室手套箱内进行，<sup>99m</sup>Tc和<sup>90</sup>Y放射性药物介入注射过程均依托放射科现有DSA4室内Innova3100-IQ型DSA进行，患者注射<sup>99m</sup>Tc或<sup>90</sup>Y放射性药物后均依托博施楼一楼核医学科新SPECT/CT机房内西门子Symbia Intevo16型SPECT/CT进行扫描。现有核医学科使用<sup>99m</sup>Tc和SPECT/CT、放射科使用Innova3100-IQ型DSA均已开展环境影响评价，且已登记入辐射安全许可证。核医学科使用<sup>99m</sup>Tc和SPECT/CT、放射科DSA4室使用DSA装置均已通过竣工环保验收。

现有核医学科已获许可使用<sup>99m</sup>Tc，其日等效最大操作量为 $3.7 \times 10^7$ Bq，本项目使用<sup>99m</sup>Tc日最大操作量为 $2.22 \times 10^8$ Bq（6mCi）、日等效最大操作量为 $2.22 \times 10^5$ Bq，项目新增<sup>99m</sup>Tc日等效最大操作量未超过预留余量 $1.48 \times 10^7$ Bq（许可<sup>99m</sup>Tc日等效最大操作量 $3.7 \times 10^7$ -实际日等效最大操作量 $2.22 \times 10^7=1.48 \times 10^7$ Bq），同时本项目年开展治疗天数小于核医学科每年使用<sup>99m</sup>Tc开展显像诊断天数，因此核医学科无需申请增加<sup>99m</sup>Tc用量。

现有核医学科已获许使用核素日等效最大操作量 $2.14974 \times 10^9$ Bq，本项目在现有核医学科新增使用<sup>90</sup>Y日等效最大操作量 $3 \times 10^7$ Bq，现有核医学科日等效最大操作量增至 $2.17974 \times 10^9$ Bq，仍属乙级非密封放射性物质工作场所；放射科<sup>90</sup>Y日等效最大操作量为 $2.5 \times 10^7$ Bq，放射科DSA4室及专用病房日等效最大操作量 $2.5222 \times 10^7$ Bq，属乙级非密封放射性物质工作场所；医院计划本项目一周最多开展两天，每天最多开展2位患者（一位

注射<sup>99m</sup>Tc，一位注射<sup>90</sup>Y）。两间专用病房均为双人病房，分别属于肝胆外科和放射科，根据医院规划，若属于肝胆外科患者，则入住华美楼五楼专用病房，若属于放射科患者，则入住综合楼二楼专用病房，专用病房的设置可满足患者住院需求。

综上，本项目依托现有核医学科进行注射<sup>99m</sup>Tc后患者的SPECT/CT扫描过程，以及DSA装置作为II类射线装置的影响已通过环境影响评价，无需再评价。本项目需对核医学科暂存、活度测量、分装<sup>90</sup>Y过程，注射<sup>90</sup>Y后患者的SPECT/CT扫描，院内药物转移过程，放射科DSA4室内注射<sup>99m</sup>Tc和<sup>90</sup>Y的环节、患者住院以及患者院内转移环节进行评价，同时需考虑现有项目的叠加影响。

山东大学齐鲁医院钇-90树脂微球治疗项目落实了环境影响评价制度建设项目环境保护设施“三同时”制度，已申领了《辐射安全许可证》，本期验收内容已登记在辐射安全许可证中。本期项目从取得辐射安全许可证至调试过程中无环境投诉、违法或处罚记录等情况。

## 2. 验收监测结果

(1) 根据表7-1~表7-3核医学科相关检测结果可知，SPECT-CT机房进行<sup>99m</sup>Tc患者（用药6mCi）扫描时，机房周围剂量率为126.3nGy/h~1.29μGy/h；SPECT-CT机房进行<sup>90</sup>Y患者（用药 $2.5 \times 10^7$ Bq）扫描时，机房周围剂量率为125.4nGy/h~1.71μGy/h；分装质控室周围剂量率为134.4~193.8nGy/h。以上各场所剂量率均低于环评报告表提出的控制区内各房间外、控制区边界外剂量率低于2.5μSv/h的要求。

核医学科周围环境保护目标剂量率为48.1~112.4nGy/h，即 $(4.81 \sim 12.74) \times 10^{-8}$ Gy/h，处于济南市环境天然辐射水平波动范围内[道路 $(1.84 \sim 6.88) \times 10^{-8}$ Gy/h、室内 $(6.54 \sim 12.94) \times 10^{-8}$ Gy/h]。

关闭手套箱时，手套箱、注射窗外剂量率为169.4~735.9nGy/h，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第6.1.6款规定的放射性药物合成分装的通风柜、注射窗等设备外表面30cm处人员操作位剂量率目标控制值2.5μSv/h及非正对人员操作位表面剂量率目标控制值25μSv/h。

核医学科衰变箱外表面30cm处的剂量率395.6~462.6nGy/h，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第6.1.7款规定的剂量率目标控制值2.5μSv/h，也满足环评要求。

(2) 根据表7-4~表7-6介入科相关场所及周围检测结果可知，DSA关机状态且无放

射性药物时，DSA4室内及周围剂量率为106.6~108.5nGy/h，即 $10.66\sim 10.85\times 10^{-8}$ Gy/h，处于济南市环境天然辐射水平波动范围内[道路（1.84~6.88） $\times 10^{-8}$ Gy/h、室内（6.54~12.94） $\times 10^{-8}$ Gy/h]。

DSA4室注射 $^{99m}\text{Tc}$ 和 $^{90}\text{Y}$ 时，DSAA4室外剂量率为122.7~318nGy/h，放废间外剂量率为125.3~140nGy/h，介入科其他位置以及2个病房外剂量率为50.7~786.7nGy/h，均满足环评提出的控制区外剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

介入科相关场所周围环境保护目标处剂量率为58~60.3nGy/h，即 $5.8\sim 6.03\times 10^{-8}$ Gy/h，处于济南市环境天然辐射水平波动范围内[道路（1.84~6.88） $\times 10^{-8}$ Gy/h、室内（6.54~12.94） $\times 10^{-8}$ Gy/h]。

介入科放射性废物桶表面、衰变箱表面剂量率为282.1nGy/h~ $2.02\mu\text{Gy/h}$ ，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第6.1.7款规定的剂量率目标控制值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，也满足环评要求。

（3）根据表7-7  $\beta$ 表面污染检测结果，注射手术期间控制区内 $\beta$ 表面污染水平为 $0.33\sim 0.36\text{Bq/cm}^2$ ，监督区内 $\beta$ 表面污染水平为 $0.19\sim 0.31\text{Bq/cm}^2$ ，分别低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区（ $40\text{Bq/cm}^2$ ）和监督区（ $4\text{Bq/cm}^2$ ）的表面污染控制水平。工作人员手部 $\beta$ 表面污染水平最大值为 $0.11\text{Bq/cm}^2$ ，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的手部 $0.4\text{Bq/cm}^2$ 的表面污染控制水平；医护人员工作服表面、鞋子等 $\beta$ 表面污染水平为 $0.11\sim 0.12\text{Bq/cm}^2$ ，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的工作服、手套、工作鞋 $\beta$ 表面污染控制水平 $4\text{Bq/cm}^2$ 。

DSA4室完成注射手术并清理后，DSA4室内及周围场所控制区、病房等临时控制区内 $\beta$ 表面污染水平为 $0.14\sim 0.39\text{Bq/cm}^2$ ，监督区内 $\beta$ 表面污染水平为 $0.06\sim 0.07\text{Bq/cm}^2$ ，控制区内设备及物品 $\beta$ 表面污染水平最大值为 $0.3\text{Bq/cm}^2$ ，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的五分之一以下（控制区内设备和物品 $0.8\text{Bq/cm}^2$ 、监督区内设备和物品 $0.08\text{Bq/cm}^2$ ，场所表面污染 $0.8\text{Bq/cm}^2$ ）

（4）根据表7-8，山东大学齐鲁医院核医学下风向土壤中总 $\beta$ 为 $0.8959\text{Bq/g}$ ，参考

《南水北调山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平、许家昂等，中国辐射卫生，2006年12月第15卷第4期），南水北调东线山东段沿线土壤中总 $\beta$ 水平为（510~858）Bq/kg，总体上处在本底水平。

### 3. 辐射安全与防护设施/措施落实情况

本项目核医学工作场所划分为监督区和控制区进行管理，患者通道和医护通道分开，患者通道设置了明确的患者导向提示；控制区入口、边界等处张贴有电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处设置有标明监督区的标志；场所内各房间采取实体屏蔽，设计有监控设备和对讲装置，扫描间患者进出防护门设有防夹装置，上方设有工作状态指示灯，门与灯能够有效联动，并张贴有电离辐射警告标志，医护人员进出防护门设有闭门装置；注射后等候室内设有移动式铅屏风。核医学科设有排风管道，并设有活性炭高效过滤装置，将场所内产生的放射性废气排至楼顶排放；放废间内设有衰变箱，放射性固废于衰变箱内暂存衰变至解控水平后按照医疗废物处置；医院设有1套并联式放射性废水衰变系统，放射性废水暂存衰变至满足要求后外排。核医学科和DSA4室工作场所配备有辐射检测仪（可同时检测辐射剂量率和表面污）、表面污检测仪、个人剂量报警仪，个人防护用品、放射性污染防护服、注射器防护套、移动式铅屏风、污物桶及衰变箱。病房里配套设置移动铅屏风、放射性排泄物存储桶、污物桶及衰变箱。设置了防护门、隔断，张贴有电离辐射警告标志。以上设施均能够正常工作，能够满足辐射安全防护的要求。

### 4. 项目对人员的影响：

本项目辐射工作人员年有效剂量最大为0.896mSv，低于年有效剂量管理约束值5mSv；手部年当量剂量最大为0.624mSv，低于手部年当量剂量管理剂量约束值125mSv；眼晶体年当量剂量为0.003mSv，低于眼晶体年当量剂量管理约束值20mSv。

本项目公众成员年有效剂量最大值为0.034mSv，也低于环评报告表提出的0.1mSv的年管理剂量约束值。

本项目陪护人员（慰问者）受照剂量不超过1.510mSv。满足环境影响报告表提出的慰问者在患者诊断和治疗期间受到的剂量不超过5mSv的要求。

综上所述，山东大学齐鲁医院已按照国家相关法律、法规及标准要求，严格执行“三同时”制度，成立了辐射安全与环境保护管理机构，制定并落实了各项相关制度。对环评和批复文件提出的辐射安全与环保设施要求均已落实，结合验收监测结果，落实

了环评报告表及环评批复等要求，满足竣工环保验收条件，建议通过验收。

# 济南市生态环境局

## 济南市生态环境局关于山东大学齐鲁医院 钇-90树脂微球治疗项目环境影响 报告表的批复

济环辐表审（2022）15号

山东大学齐鲁医院：

你单位《钇-90树脂微球治疗项目环境影响报告表》收悉。  
经审查，批复如下：

### 一、项目主要建设内容

山东大学齐鲁医院位于山东省济南市历下区文化西路107号，为满足肿瘤治疗需求，医院拟开展钇-90树脂微球治疗项目，项目使用<sup>99m</sup>Tc、<sup>90</sup>Y两种核素，依托医院博施楼一楼现有核医学科进行核素分装、活度测定，患者用药后依托现有核医学科新SPECT/CT机房内SPECT/CT进行扫描，依托华美楼负二楼现有放射科DSA4室开展注射，并设置2间专用病房。项目建成后，新增<sup>99m</sup>Tc日等效最大操作量为 $2.22 \times 10^5$ Bq（该项目<sup>99m</sup>Tc用量为核医学科的预留余量，未超过已许可的<sup>99m</sup>Tc日等效最大操作量，此次不新增用量）；新增<sup>90</sup>Y日等效最大操作量为 $3 \times 10^7$ Bq，现有核医学科日等效最大操作量增至 $2.17974 \times$

$10^3\text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所。

该项目在落实报告表提出的各项环境保护措施和下列工作要求后，可以满足国家环境保护相关法规和标准的要求。我局同意该环境影响报告表。

## 二、项目建设及运行中应重点做好的工作

### （一）做好辐射工作场所的环境安全防护工作

1、落实辐射工作场所实体屏蔽与分装装置的屏蔽防护措施，确保辐射防护能力满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）。

2、现有核医学工作场所和 DSA4 室工作场所进行分区管理，划分控制区和监督区，落实各项安全防护措施要求，对放射性药物登记建档，记录用量平衡记录等台账，对各工作场所定期巡检。按要求配备防护用品，确保工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

3、放射性废气的处置。核医学工作场所、DSA4 室利用原有放射性废气收集及处理系统，放射性废气经专用管道收集，活性炭过滤装置过滤后排放，确保满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关规定。

4、放射性废水的处置。设置放射性废水处理系统，放射性废水经暂存衰变后，确保满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》（DB37/596-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）放射性废液排放要求。

5、放射性固体废物的处置。设置放射性固废衰变箱，放射性固体废物在衰变箱停留衰变达到解控水平后按医疗废物处理。

(二) 建立并完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施

1、完善辐射环境监测方案，配备与该项目辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。放射性辐射工作场所还应当配备表面污染监测仪。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局历下分局。

辐射工作人员应佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查。建立辐射工作人员个人剂量档案，做到一人一档。

2、按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，年度评估报告于每年1月31日前报济南市生态环境局历下分局。

3、修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。

4、加强辐射工作人员的辐射安全培训和再培训。制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全培训和考核；考核不合格的，不得上岗。

5、放射性药物设专人管理，严格落实辐射安全管理责任制以及放射性同位素使用登记制度、操作规程、辐射防护和安

全保卫制度等。

(三)环境影响报告表经批准后,项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的,应按要求重新报批环境影响报告表。

三、项目建设必须严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投用的“三同时”制度。项目建成后要按规定进行建设项目竣工环境保护验收,并依法向社会公开验收报告,经验收合格后方可正式投入使用。

四、市生态环境局历下分局负责该项目环境保护措施落实情况的监督管理,市生态环境保护综合行政执法支队按照“双随机、一公开”要求,将该项目纳入监管范围。

五、依据《中华人民共和国行政复议法》和《中华人民共和国行政诉讼法》,公民、法人或者其他组织认为该审批决定侵犯其合法权益的,可以自接到该批复之日起六十日内提起行政复议,也可以自接到该批复之日起六个月内提起行政诉讼。



抄送:市生态环境局历下分局、市生态环境保护综合行政执法支队。



## 辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称： 山东大学齐鲁医院  
地 址： 山东省济南市历下区文化西路 107 号  
法定代表人： 陈玉国  
种类和范围： 使用Ⅲ类、V类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。  
证书编号： 鲁环辐证[01069]  
有效期至： 2024 年 08 月 21 日



发证机关： 山东省生态环境厅

发证日期： 2023 年 06 月 19 日



中华人民共和国生态环境部制

附件 3 成立辐射安全管理机构的红头文件及辐射工作安全责任书  
涉及商业机密、不公示

附件 4 辐射安全管理规章制度

涉及商业秘密、不公示

附件 5 辐射工作人员辐射安全与防护考核成绩单  
涉及商业秘密、不公示

附件 6 辐射工作人员个人剂量档案

涉及商业秘密、不公示

附件 7 辐射事故应急演练记录

涉及商业秘密、不公示



附件 9 本项目验收监测报告

涉及商业秘密、不公示

# 山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目 竣工环境保护验收意见

2024 年 7 月 12 日，山东大学齐鲁医院根据《山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目竣工环境保护验收监测报告表》，并对照《建设项目竣工环境保护验收暂行管理办法》，严格依照国家有关法律法规及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）、本项目环境影响报告表和审批部门审批决定等要求对本项目进行验收，提出意见如下：

## 一、工程建设基本情况

### （一）建设地点、规模、主要建设内容

山东大学齐鲁医院位于山东省济南市文化西路 107 号。

#### 1、环评审批建设内容

为满足肿瘤治疗需求，医院开展钇-90 树脂微球治疗项目，主要用于肝脏恶性肿瘤治疗；主要流程：患者使用  $^{90}\text{Y}$  树脂微球进行治疗前 1-2 周，需先在 DSA 介入条件下注射  $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ （核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记的亚锡聚合白蛋白），其可模拟  $^{90}\text{Y}$  树脂微球在体内的分布，然后使用 SPECT/CT 进行扫描，判断患者是否适合  $^{90}\text{Y}$  树脂微球治疗，如适合，则再对患者开展  $^{90}\text{Y}$  树脂微球介入注射等。

本项目工作场所依托医院博施楼一楼现有核医学科注射室、新 SPECT/CT 机房与其操作间，华美楼负二楼现有放射科 DSA4 室、DSA4 室西南侧放射性废物暂存间，华美楼五楼南翼东北侧的病房以及综合楼二楼西北侧的病房等。本项目不新增辐射工作人员，依托核医学科和放射科现有辐射工作人员开展相关工作。

本项目使用的  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$  放射性药物均外购，对于  $^{99m}\text{Tc}$ ，进行分装、暂存、注射、扫描；对于  $^{90}\text{Y}$ ，需进行暂存、活度测量、分装、注射、扫描；其中暂存、活度测量与分装过程均在现有核医学科注射室手套箱内进行， $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{90}\text{Y}$  放射性药物介入注射过程均依托放射科现有 DSA4 室内 Innova3100-IQ 型 DSA 进行，患者注射  $^{99m}\text{Tc}$  或  $^{90}\text{Y}$  放射性药物后均依托博施楼一楼核医学科新 SPECT/CT 机房内西门子 Symbia Intevo16 型 SPECT/CT 进行扫描。现有核医学科使用  $^{99m}\text{Tc}$  和 SPECT/CT、放射科使用 Innova3100-IQ 型 DSA 均已开展环境影响评价，且已登记入辐射安全许可证。核医学科使用  $^{99m}\text{Tc}$  和 SPECT/CT、放射科 DSA4 室使用 DSA 装置均已通过竣工环保验收。

现有核医学科已获许可使用  $^{99m}\text{Tc}$ ，其日等效最大操作量为  $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ ，本项目使用  $^{99m}\text{Tc}$  日最大操作量为  $2.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （6mCi）、日等效最大操作量为  $2.22 \times 10^5 \text{Bq}$ ，项目新增  $^{99m}\text{Tc}$  日等效最大操作量未超过预留余量  $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ （许可  $^{99m}\text{Tc}$  日等效最大操作量  $3.7 \times 10^7$ -实际日等效最大操作量  $2.22 \times 10^7 = 1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ ），同时本项目年开展治疗天数小于核医学科每年使用  $^{99m}\text{Tc}$  开展显像诊断天数，因此核医学科无需申请增加  $^{99m}\text{Tc}$  用量。

现有核医学科已获许使用核素日等效最大操作量  $2.14974 \times 10^9 \text{Bq}$ ，本项目在现有核医学科新增使用  $^{90}\text{Y}$  日等效最大操作量  $3 \times 10^7 \text{Bq}$ ，现有核医学科日等效最大操作量增至  $2.17974 \times 10^9 \text{Bq}$ ，仍属乙级非密封放射性物质工作场所；放射科  $^{90}\text{Y}$  日等效最大操作量为  $2.5 \times 10^7 \text{Bq}$ ，放射科 DSA4 室及专用病房日等效最大操作量  $2.5222 \times 10^7 \text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所；本项目一周最多开展两天，每天最多开展 2 位患

者。两间专用病房均为双人病房，分别属于肝胆外科和放射科，根据医院规划，若属于肝胆外科患者，则入住华美楼五楼专用病房，若属于放射科患者，则入住综合楼二楼专用病房，专用病房的设置可满足患者住院需求。

综上，本项目依托现有核医学科进行注射  $^{99m}\text{Tc}$  后患者的 SPECT/CT 扫描过程，以及 DSA 装置作为 II 类射线装置的影响已通过环境影响评价，无需再评价。本项目需对核医学科暂存、活度测量、分装  $^{90}\text{Y}$  过程，注射  $^{90}\text{Y}$  后患者的 SPECT/CT 扫描，院内药物转移过程，放射科 DSA4 室内注射  $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{90}\text{Y}$  的环节、患者住院以及患者院内转移环节进行评价，同时需考虑现有项目的叠加影响。

## 2、本次验收内容

本次验收内容与环评批复内容一致，项目未发生重大变动。

### （二）建设过程及环保审批情况

2022 年 5 月，医院委托山东海美依项目咨询有限公司编制了《山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目环境影响报告表》。该项目环境影响报告表于 2022 年 11 月 25 日由济南市生态环境局以济环辐表审[2022]15 号文件审批通过。

该院于 2023 年 6 月 19 日向山东省生态环境厅申领了辐射安全许可证，证书编号：鲁环辐证[01069]；许可种类和范围为使用 III 类、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至 2024 年 08 月 21 日。本期验收规模已登记在辐射安全许可证中。本期验收项目从取得辐射安全许可证至调试过程中无环境投诉、违法或处罚记录等情况。

### （三）投资情况

本期项目实际总概算 1600 万元，本期辐射安全与防护设施实际总概算 100 万元。

#### 二、辐射安全与防护措施建设情况

本项目核医学工作场所划分为监督区和控制区进行管理，患者通道和医护通道分开，患者通道设置了明确的患者导向提示；控制区入口、边界等处张贴有电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处设置有标明监督区的标志；场所内各房间采取实体屏蔽，设计有监控设备和对讲装置，扫描间患者进出防护门设有防夹装置，上方设有工作状态指示灯，门与灯能够有效联动，并张贴有电离辐射警告标志，医护人员进出防护门设有闭门装置；注射后等候室内设有移动式铅屏风。核医学科设有排风管道，并设有活性炭高效过滤装置，将场所内产生的放射性废气排至楼顶排放；放废间内设有衰变箱，放射性固废于衰变箱内暂存衰变至解控水平后按照医疗废物处置；医院设有 1 套并联式放射性废水衰变系统，放射性废水暂存衰变至满足要求后外排。核医学科和 DSA4 室工作场所配备有辐射检测仪（可同时检测辐射剂量率和表面污）、表面污检测仪、个人剂量报警仪，个人防护用品、放射性污染防护服、注射器防护套、移动式铅屏风、污物桶及衰变箱。病房里配套设置移动铅屏风、放射性排泄物存储桶、污物桶及衰变箱。设置了防护门、隔断，张贴有电离辐射警告标志。以上设施均能够正常工作，能够满足辐射安全防护的要求。

医院签订了《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为辐射工作安全第一责任人，成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，制定了

《钇 90 树脂微球分装流程》、《钇 90-存放转运流程》、《钇 90-溢出应急流程》、《钇 90 风险保障和应急预案处理程序》、《放射性操作及安全防护制度》、《核医学科放射防护及患者安全保护工作流程》、《核医学科放射防护制度》、《放射源管理制度》、《放射性废物处理制度》、《放射性废源处理细则》、《放射性同位素使用登记制度》、《SPECT-CT 质量控制规范》、《PET-CT 质量控制规范》、《核医学工作人员个人防护与剂量监测》、《核医学科岗位职责》、《介入放射科工作制度》、《介入放射防护管理制度》、《DSA 维护保养制度》、《放射工作人员健康监护制度》、《自行检查和年度评估制度》、《介入室设备维修保养制度》、《DSA 使用登记制度》、《放射性废物收集暂存管理制度》、《住院患者管理制度》、《核素操作辐射防护制度》等制度，建立了辐射安全管理档案。

该项目核医学工作场所的辐射工作人员均符合相关规定要求，均配备了个人剂量计，委托有资质单位进行监测，建立了个人剂量档案（一人一档）。医院按时向生态环境部门上报辐射安全与防护状况年度评估报告。

### 三、工程变动情况

项目验收规模与环评规模一致，未发生重大变动。

### 四、工程建设对环境的影响

#### 1、验收监测结果

(1) 根据核医学科相关检测结果可知，SPECT-CT 机房进行  $^{99m}\text{Tc}$  患者（用药 6mCi）扫描时，机房周围剂量率为 126.3nGy/h ~ 1.29  $\mu\text{Gy/h}$ ；SPECT-CT 机房进行  $^{90}\text{Y}$  患者（用药  $2.5 \times 10^7\text{Bq}$ ）扫描时，

机房周围剂量率为 125.4nGy/h~1.71 μGy/h；分装质控室周围剂量率为 134.4~193.8nGy/h。以上各场所剂量率均低于环评报告表提出的控制区内各房间外、控制区边界外剂量率低于 2.5 μSv/h 的要求。

核医学科周围环境保护目标剂量率为 48.1~112.4nGy/h，即  $(4.81\sim12.74)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，处于济南市环境天然辐射水平波动范围内 [道路  $(1.84\sim6.88)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室内  $(6.54\sim12.94)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

关闭手套箱时，手套箱、注射窗外剂量率为 169.4~735.9nGy/h，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第 6.1.6 款规定的放射性药物合成分装的通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位剂量率目标控制值 2.5 μSv/h 及非正对人员操作位表面剂量率目标控制值 25 μSv/h。

核医学科衰变箱外表面 30cm 处的剂量率 395.6~462.6nGy/h，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第 6.1.7 款规定的剂量率目标控制值 2.5 μSv/h，也满足环评要求。

(2) 根据介入科相关场所及周围检测结果可知，DSA 关机状态且无放射性药物时，DSA4 室内及周围剂量率为 106.6~108.5nGy/h，即  $10.66\sim10.85\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，处于济南市环境天然辐射水平波动范围内 [道路  $(1.84\sim6.88)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室内  $(6.54\sim12.94)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

DSA4 室注射  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  和  $^{90}\text{Y}$  时，DSA4 室外剂量率为 122.7~318nGy/h，放废间外剂量率为 125.3~140nGy/h，介入科其他位置以及 2 个病房外剂量率为 50.7~786.7nGy/h，均满足环评提出的控制区外剂量率低于 2.5 μSv/h 的要求。

介入科相关场所周围环境保护目标处剂量率为 58~60.3nGy/h，即

5.8~6.03×10<sup>-8</sup>Gy/h，处于济南市环境天然辐射水平波动范围内[道路（1.84~6.88）×10<sup>-8</sup>Gy/h、室内（6.54~12.94）×10<sup>-8</sup>Gy/h]。

介入科放射性废物桶表面、衰变箱表面剂量率为 282.1nGy/h~2.02 μGy/h，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第 6.1.7 款规定的剂量率目标控制值 2.5 μSv/h，也满足环评要求。

（3）根据 β 表面污染检测结果，注射手术期间控制区内 β 表面污染水平为 0.33~0.36Bq/cm<sup>2</sup>，监督区内 β 表面污染水平为 0.19~0.31Bq/cm<sup>2</sup>，分别低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区（40Bq/cm<sup>2</sup>）和监督区（4Bq/cm<sup>2</sup>）的表面污染控制水平。工作人员手部 β 表面污染水平最大值为 0.11Bq/cm<sup>2</sup>，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的手部 0.4Bq/cm<sup>2</sup> 的表面污染控制水平；医护人员工作服表面、鞋子等 β 表面污染水平为 0.11~0.12Bq/cm<sup>2</sup>，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的工作服、手套、工作鞋 β 表面污染控制水平 4Bq/cm<sup>2</sup>。

DSA4 室完成注射手术并清理后，DSA4 室内及周围场所控制区、病房等临时控制区内 β 表面污染水平为 0.14~0.39Bq/cm<sup>2</sup>，监督区内 β 表面污染水平为 0.06~0.07Bq/cm<sup>2</sup>，控制区内设备及物品 β 表面污染水平最大值为 0.3Bq/cm<sup>2</sup>，低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的五分之一以下（控制区内设备和物品 0.8Bq/cm<sup>2</sup>、监督区内设备

和物品  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，场所表面污染  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ )

(4) 根据检测结果，山东大学齐鲁医院核医学下风向土壤中总  $\beta$  为  $0.8959\text{Bq}/\text{g}$ ，参考《南水北调山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平、许家昂等，中国辐射卫生，2006年12月第15卷第4期），南水北调东线山东段沿线土壤中总  $\beta$  水平为  $(510\sim 858)\text{Bq}/\text{kg}$ ，总体上处在本底水平。

## 2.项目对人员的影响：

本项目辐射工作人员年有效剂量最大为  $0.896\text{mSv}$ ，低于年有效剂量管理约束值  $5\text{mSv}$ ；手部年当量剂量最大为  $0.624\text{mSv}$ ，低于手部年当量剂量管理约束值  $125\text{mSv}$ ；眼晶体年当量剂量为  $0.003\text{mSv}$ ，低于眼晶体年当量剂量管理约束值  $20\text{mSv}$ 。

本项目公众成员年有效剂量最大值为  $0.034\text{mSv}$ ，也低于环评报告表提出的  $0.1\text{mSv}$  的年管理剂量约束值。

本项目陪护人员（慰问者）受照剂量不超过  $1.510\text{mSv}$ 。满足环境影响报告表提出的慰问者在患者诊断和治疗期间受到的剂量不超过  $5\text{mSv}$  的要求。

## 五、验收结论

山东大学齐鲁医院认真履行了本项目的环境保护审批和许可手续，落实了环评文件及其批复的要求，严格执行了环境保护“三同时”制度，相关的验收文档资料齐全，辐射安全与防护设施及措施运行有效，对环境的影响符合相关标准要求。

山东大学齐鲁医院钷-90 树脂微球治疗项目达到竣工环境保护验收要求。

## 六、后续要求

1、进一步完善辐射安全管理档案。注重加强辐射工作人员辐射安全培训。

2、完善 Y90 项目的应急预案，定期进行应急演练。

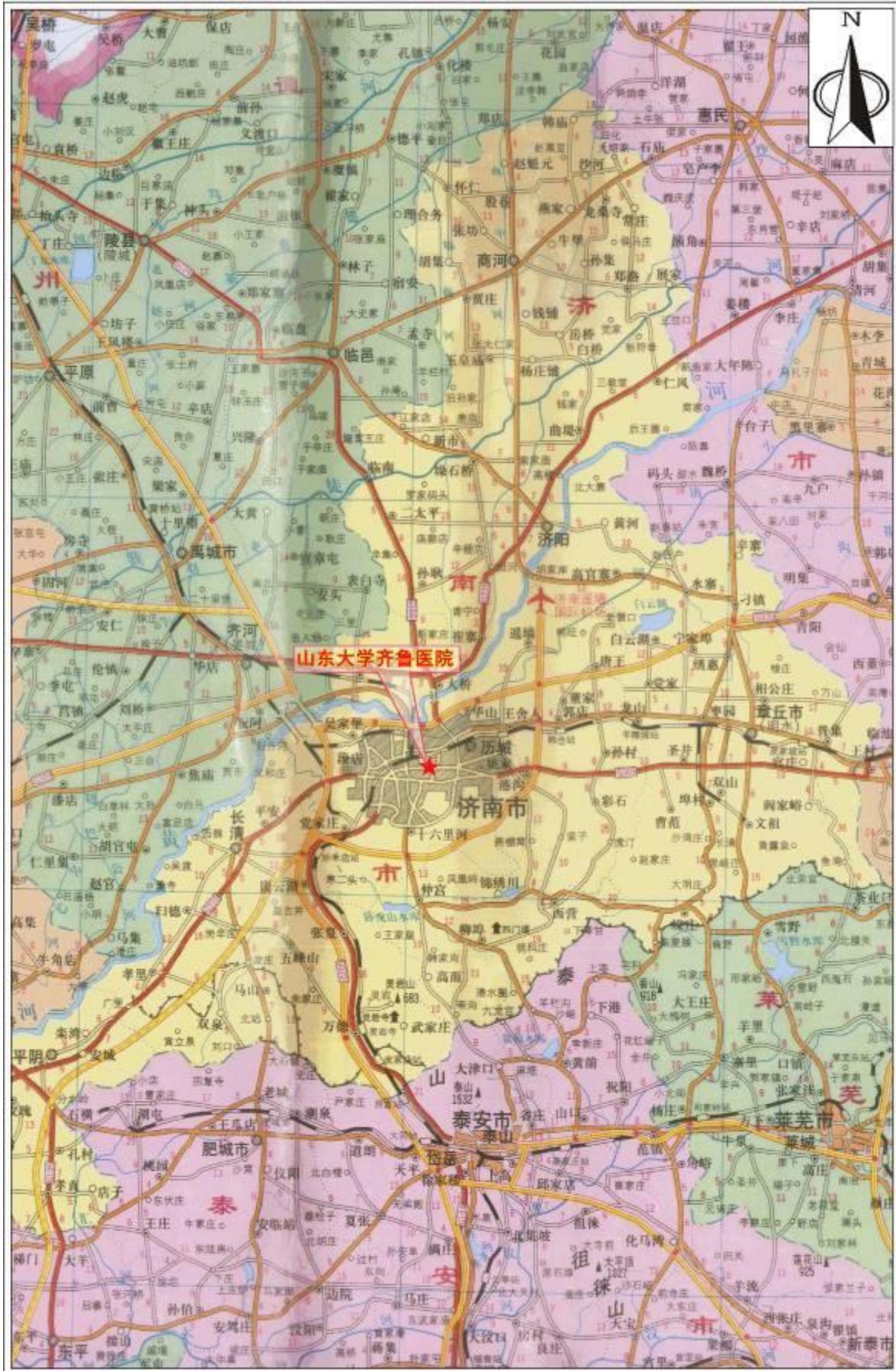
## 七、验收人员信息

验收人员信息见附件。

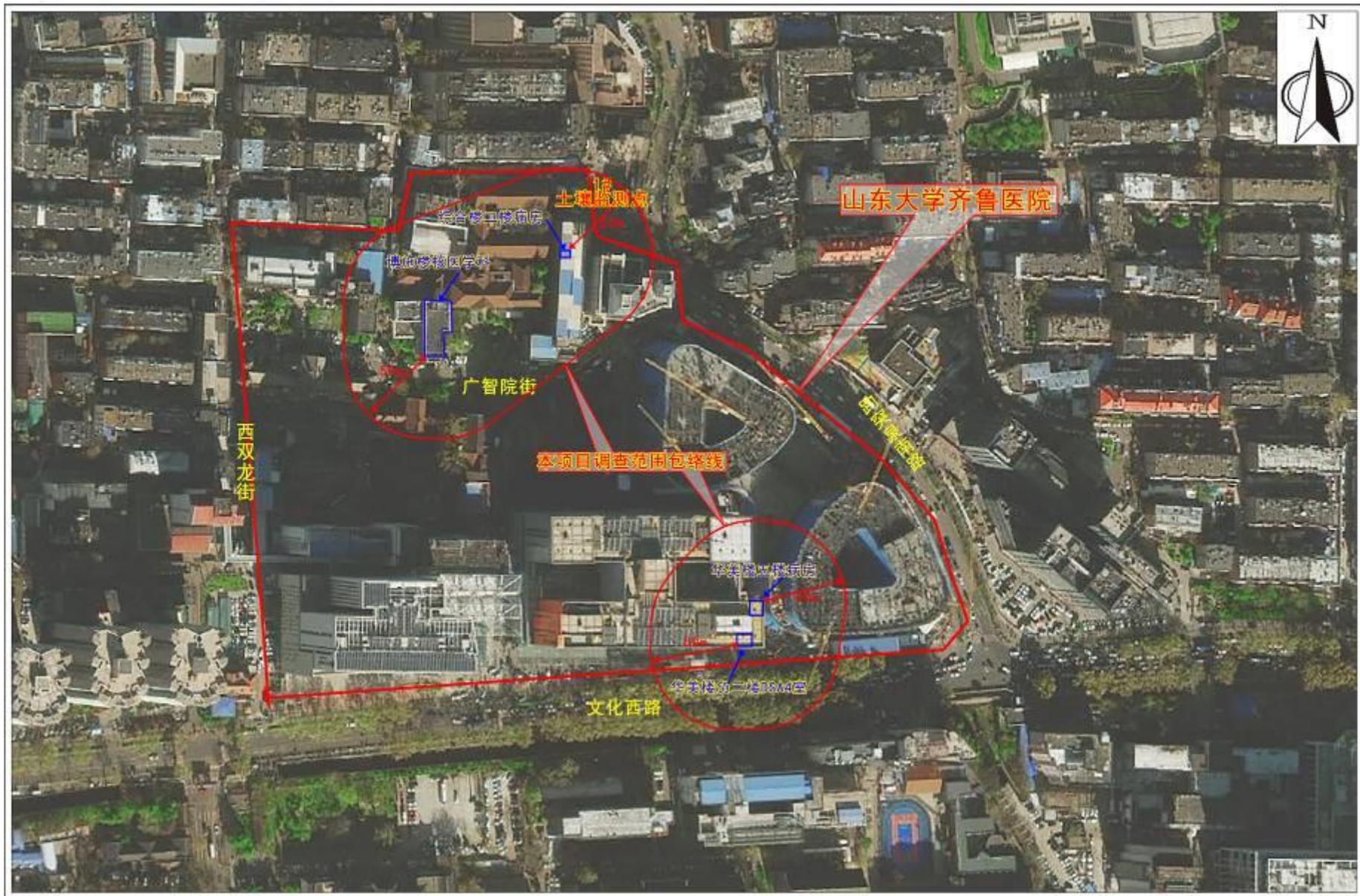


附图

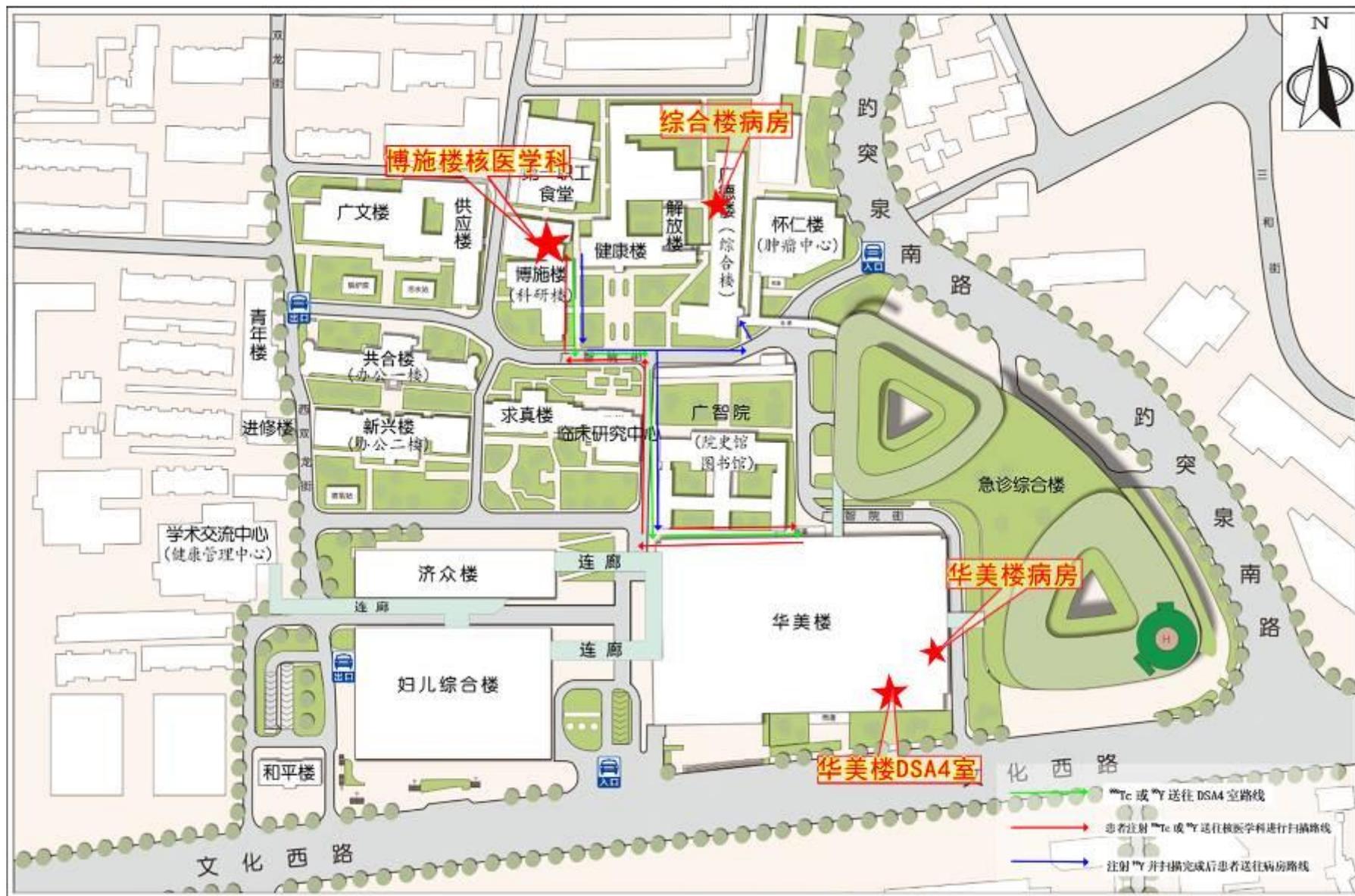
附图1 本项目所在地理位置图 比例尺 1:95 万



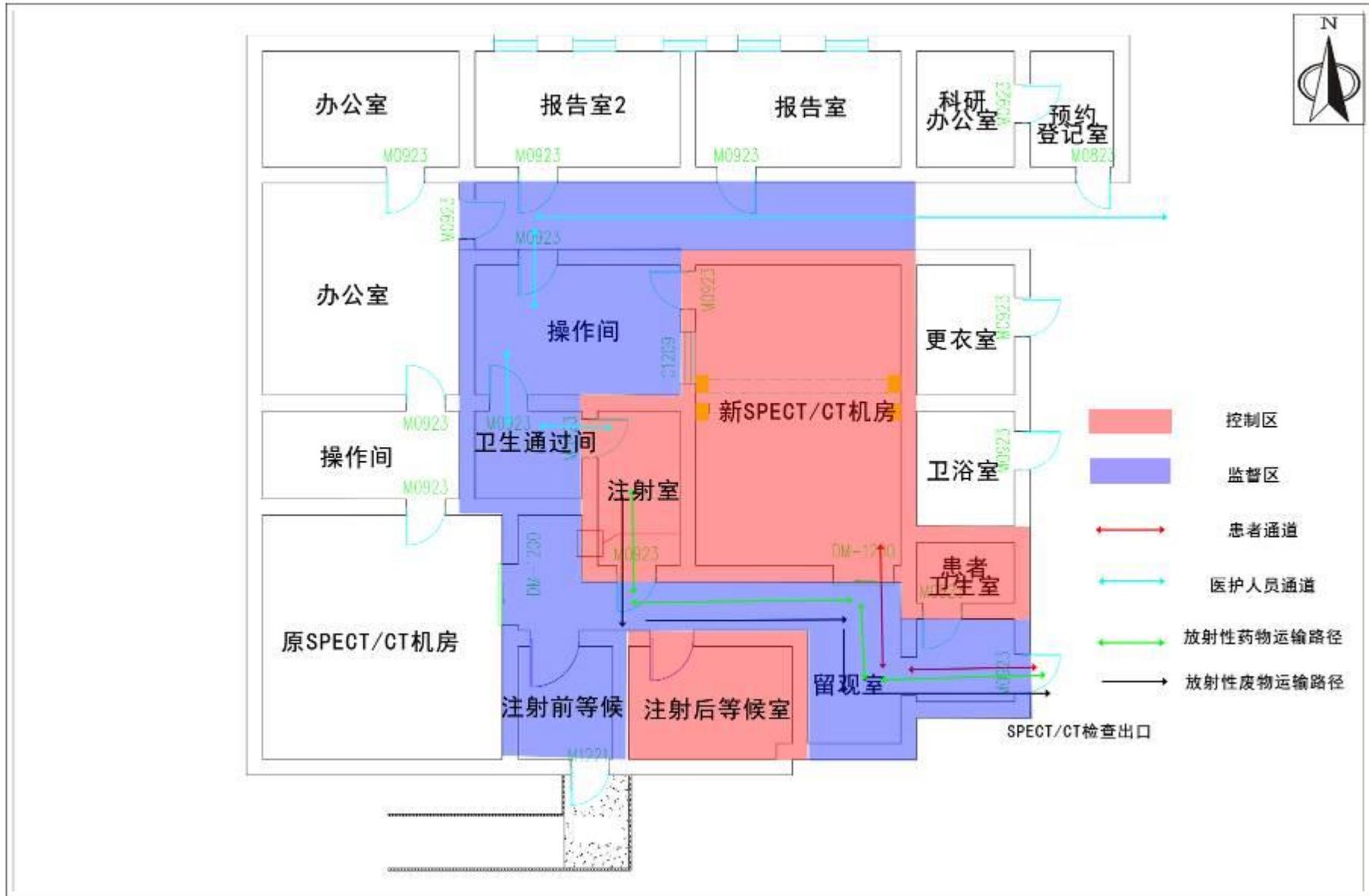
附图 2 周边影像关系图 比例尺 1:3100



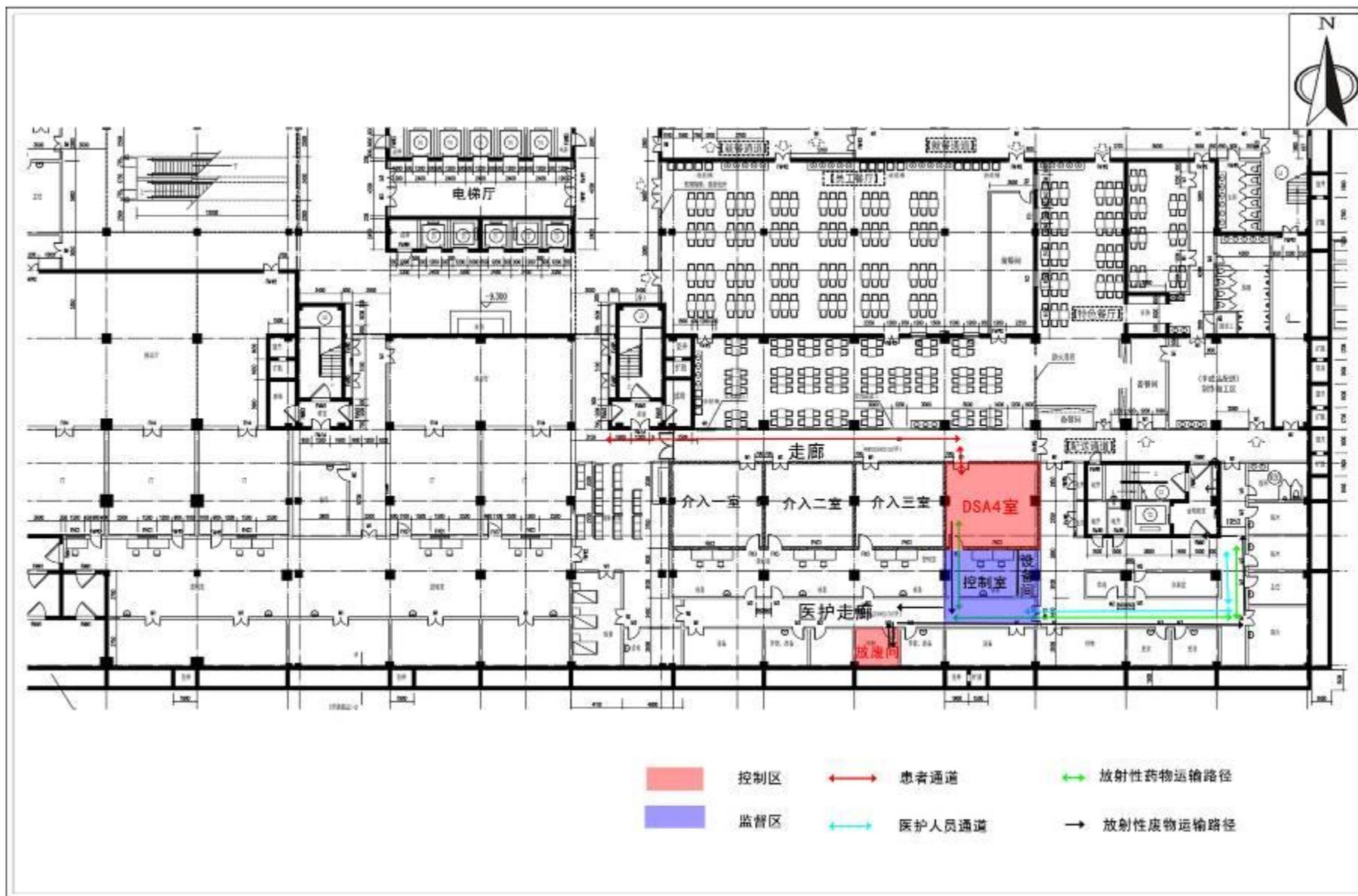
附图3 医院总平面布置图 比例尺 1:2000



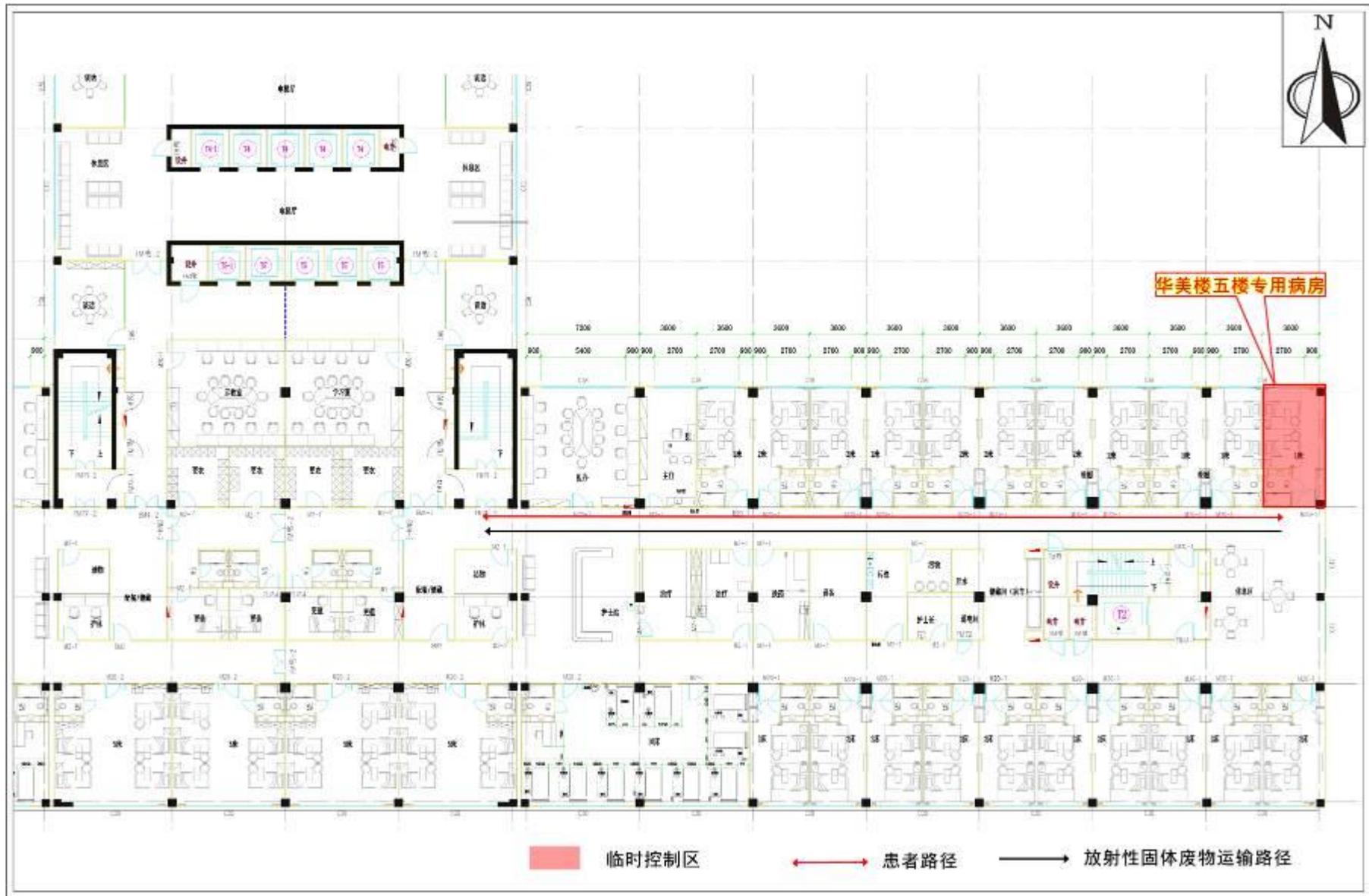
附图4 核医学科平面布置图 比例尺 1:120



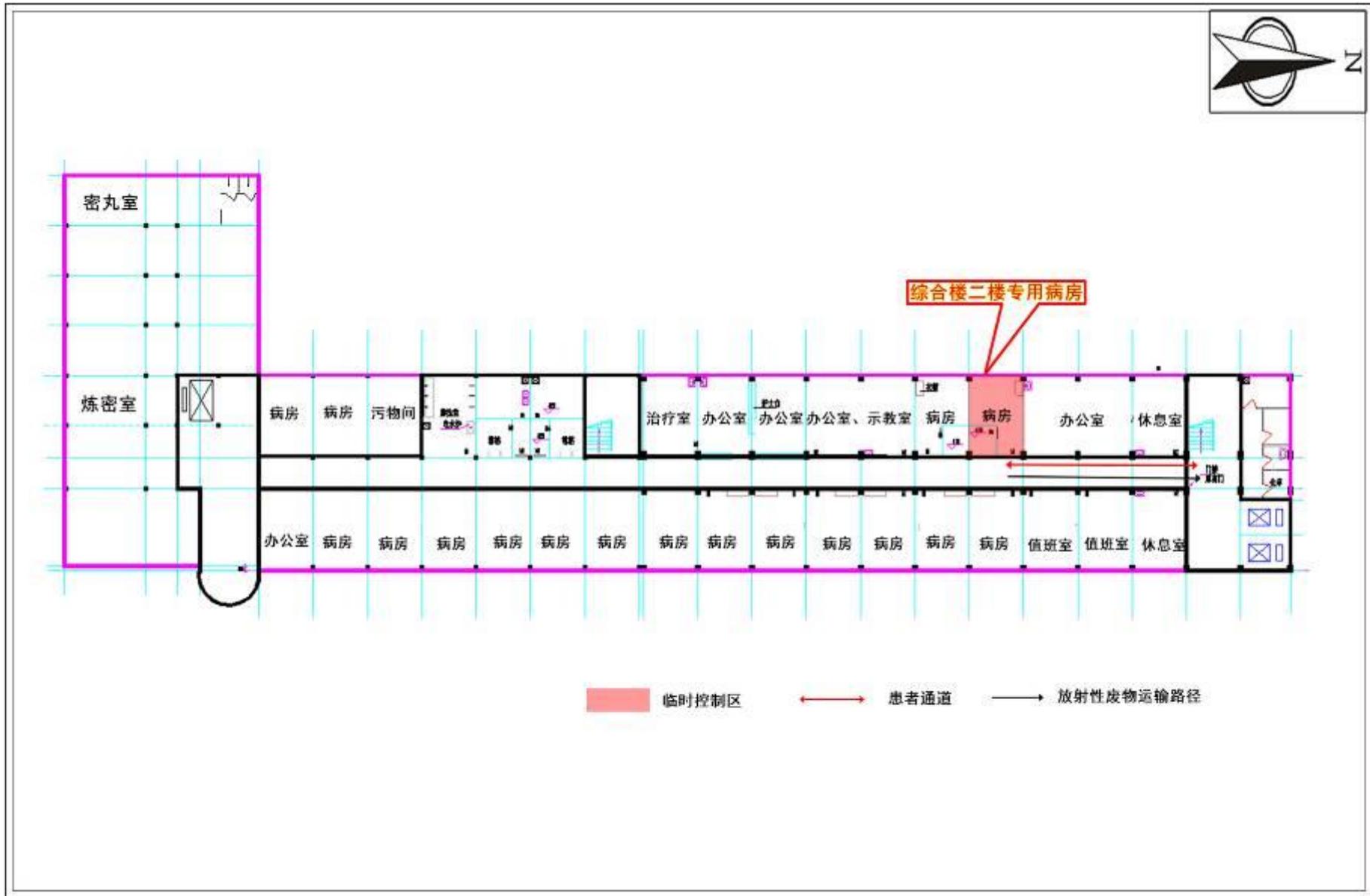
附图5 DSA4室及辅助房间平面布置图 比例尺 1:410



附图 6 华美楼五楼专用病房平面布置图 比例尺 1: 280



附图 7 综合楼二楼专用病房平面布置图 比例尺 1: 340



### 建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位（盖章）：

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建设项目	项目名称	山东大学齐鲁医院钇-90 树脂微球治疗项目				项目代码	/		建设地点	山东省济南市文化西路107号，医院博施楼一楼核医学科、华美楼负二楼DSA机房、华美楼五楼病房及综合楼二楼病房			
	行业类别（分类管理名录）	五十五、核与辐射，172、核技术利用建设项目				建设性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造		项目中心 经度/纬度	N: 36.6621912 E: 117.0258757			
	设计规模	医院博施楼一楼核医学科、华美楼负二楼 DSA 机房、华美楼五楼病房及综合楼二楼病房使用 <sup>90m</sup> Tc、 <sup>90</sup> Y				实际建设规模	与环评一致		环评单位	山东海美依项目咨询有限公司			
	环评文件审批机关	济南市生态环境局				审批文号	济环辐表审[2022]15号		环评文件类型	环评报告表			
	开工日期	2022年12月				竣工日期	2024年3月		排污许可证申领时间	/			
	环保设施设计单位	青岛青盾医疗科技有限公司				环保设施施工单位	青岛青盾医疗科技有限公司		本工程排污许可证编号	/			
	验收单位	山东大学齐鲁医院				环保设施监测单位	山东丹波尔环境科技有限公司 核工业二三〇研究所		验收监测时工况	工况持续稳定运行			
	投资总概算（万元）	1600				环保投资总概算（万元）	100		所占比例（%）	6.25%			
	实际总投资	1600				实际环保投资（万元）	100		所占比例（%）	6.25%			
	废水治理（万元）	/	废气治理（万元）	/	噪声治理（万元）	/	固体废物治理（万元）	/	绿化及生态（万元）	/	其他（万元）		
新增废水处理设施能力	/				新增废气处理设施能力	/		年平均工作时	/				
运营单位		山东大学齐鲁医院				运营单位统一社会信用代码（或组织机构代码）		12370000495574910W	验收时间	2024年6月			
污染物排放总量控制（工业建设项目详填）	污染物	原有排放量(1)	本期工程实际排放浓度(2)	本期工程允许排放浓度(3)	本期工程产生量(4)	本期工程自身削减量(5)	本期工程实际排放量(6)	本期工程核定排放总量(7)	本期工程“以新带老”削减量(8)	全厂实际排放总量(9)	全厂核定排放总量(10)	区域平衡替代削减量(11)	排放增减量(12)
	废水												
	化学需氧量												
	氨氮												
	石油类												
	废气												
	二氧化硫												
	烟尘												
	工业粉尘												
	氮氧化物												
工业固体废物													
与项目有关的其他特征污染物													

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少。2、(12)=(6)-(8)-(11)，(9) = (4)-(5)-(8) - (11) + (1)。3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升