核技术利用建设项目

青岛大学附属医院新建核医学工作场所项目

环境影响报告表

青岛大学附属医院

二〇一九年一月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

青岛大学附属医院新建核医学工作场所项目

环境影响报告表

建设单位名称：青岛大学附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：青岛市市南区江苏路16号

邮政编码：266100　　联系人：徐子森

电子邮箱：zisen_en_xu@126.com 联系电话：18661808986

营业执照

(副 本)

2-2

统一社会信用代码 91370100MA3CKDFPXW

名　　称　山东蓝城分析测试有限公司

类　　型　其他有限责任公司

住　　所　山东省济南市高新区经十路以南济南出口加工区海关卡口办公楼西楼一层3-105室

法定代表人　谷建潮

注册资本　壹亿元整

成立日期　2016年10月26日

营业期限　2016年10月26日至2066年10月25日

经营范围　质检技术服务；环境与生态监测；环境保护与治理咨询服务；地质测试服务；农产品、食品检验及技术咨询；建设项目环境影响评价。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

登记机关

2017 年 09 月 11 日

提示：1. 每年1月1日至6月30日通过企业信用信息公示系统报送并公示上一年度年度报告。工商行通知；

2.《企业信息公示暂行条例》第十条规定的企业有关信息形成后20个工作日内需要向社会公示（个体工商户、农民专业合作社除外）。

企业信用信息公示系统网址：

中华人民共和国国家工商行政管理总局监制

仅限用于青岛大学附属医院新建核医学工作场所项目

建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：山东蓝城分析测试有限公司
住　　所：山东省济南市高新区港兴一路齐鲁外包城（四期厂房）第四层
法定代表人：谷建潮
资质等级：乙级
证书编号：国环评证乙字第　2408　号
有 效 期：2017年07月21日至2020年12月14日
评价范围：环境影响报告书乙级类别 — 化工石化医药；社会服务***
环境影响报告表类别 — 一般项目；核与辐射项目***

中华人民共和国环境保护部
2017年07月21日

仅限用于青岛大学附属医院新建核医学工作场所项目

项目名称：　青岛大学附属医院新建核医学工作场所项目

文件类型：　环境影响报告表

适用的评价范围：　核与辐射项目

法定代表人：　　谷建潮　　（签章）

主持编制机构：　山东蓝城分析测试有限公司（签章）

编制单位和编制人员情况表

<table>
<tr><td>建设项目名称</td><td colspan="4">青岛大学附属医院新建核医学工作场所项目</td></tr>
<tr><td>环境影响评价文件类型</td><td colspan="4">环境影响报告表</td></tr>
<tr><td colspan="5">一、建设单位情况</td></tr>
<tr><td>建设单位（签章）</td><td colspan="4">青岛大学附属医院</td></tr>
<tr><td>法定代表人或主要负责人（签字）</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>主管人员及联系电话</td><td colspan="4">徐子森　18661808986</td></tr>
<tr><td colspan="5">二、编制单位情况</td></tr>
<tr><td>主持编制单位名称（签章）</td><td colspan="4">山东蓝城分析测试有限公司</td></tr>
<tr><td>社会信用代码</td><td colspan="4">91370100MA3CKBFWXW</td></tr>
<tr><td>法定代表人（签字）</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="5">三、编制人员情况</td></tr>
<tr><td>编制主持人及联系电话</td><td colspan="4">张培 0531-66772990</td></tr>
<tr><td colspan="5">1.编制主持人</td></tr>
<tr><td>姓名</td><td colspan="3">职业资格证书编号</td><td>签字</td></tr>
<tr><td>张培</td><td colspan="3">00014550</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">2.主要编制人员</td></tr>
<tr><td>姓名</td><td>职业资格证书编号</td><td colspan="2">主要编写内容</td><td>签字</td></tr>
<tr><td>张培</td><td>00014550</td><td colspan="2">报告编写</td><td></td></tr>
<tr><td>丁世刚</td><td>0010016</td><td colspan="2">审查</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">四、参与编制单位和人员情况</td></tr>
</table>

表1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">新建核医学工作场所项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">青岛大学附属医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>王新生</td><td>联系人</td><td>徐子森</td><td>联系电话</td><td>18661808986</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">青岛市市南区江苏路16号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">青岛大学附属医院（西海岸院区）门诊楼负一层</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>480</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>237</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>49.38%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建□改建□扩建□其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td>约666m^2</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□Ⅰ类□Ⅱ类□Ⅲ类□Ⅳ类□Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□Ⅰ类（医疗使用） □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑乙□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□Ⅱ类□Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□Ⅱ类□Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">□Ⅱ类☑Ⅲ类</td></tr>
<tr><td colspan="2">其他</td><td colspan="4">/</td></tr>
</table>

1 项目概述

1.1 建设单位概况

青岛大学附属医院始建于1898年，是一所省属综合性教学医院。医院设有临床业务科室75个，研究室（所）23个，拥有全国重点学科、省市重点学科、实验室及特色专业41个，其中，国家级重点学科（专科）2个，省级临床重点专科29个，省中医药重点专科3个，临床医学、护理学一级学科博士学位培养单位，设有临床医学、护理学一级学科博士后科研流动站。医院共设立市南、崂山、西海岸和市北四个院区，分别位于市南区、崂山区、黄岛区及市北区。青岛大学附属医院现持有《辐射安全许可证》（鲁环辐证〔02048〕，有效期至2023年8月16日），涉源部门为市南院区、崂山院区和市北院区。

本次新建核医学工作场所项目位于青岛市黄岛区五台山路1677号的西海岸院区。目前院区内现有射线装置27台，其中Ⅱ类射线装置4台，Ⅲ类射线装置23台。青岛大学附属医院西海岸院

区辐射安全许可证手续正在办理过程中，办理后西海岸院区与市南区、崂山区及市北区共用一项辐射安全许可证。

青岛大学附属医院西海岸院区核技术利用项目环评及验收汇总情况见表1-1。

表 1-1 青岛大学附属医院（西海岸院区）核技术利用项目环评及验收汇总情况

项目名称	主要建设内容	实际建设情况	环评批复文号/批复时间
核医学（^{32}P、^{89}Sr）及^{125}I粒子源植入工作场所、DSA 及 III 类射线装置项目	核医学（^{32}P、^{89}Sr）工作场所	已建成	鲁辐环表审【2015】43 号/2015 年 3 月 3 日
	^{125}I 粒子源植入工作场所		
	X 射线计算机断层成像仪 CT		
	X 射线计算机断层成像仪 CT		
	X 射线计算机断层成像仪 CT		
	平板多功能数字胃肠机		
	普通数字胃肠机		
	数字乳腺 X 线摄影机		
	数字 X 射线摄影系统（DR）		
	数字 X 射线摄影系统（DR）		
	数字减影血管造影机（DSA）		
	数字减影血管造影机（DSA）		
	牙科 X 射线机		
	全景 X 射线系统		
	移动式 C 型臂 X 射线机		
	移动式 C 型臂 X 射线机		
	数字减影血管造影机（DSA）		
	数字 X 射线摄影系统（DR）移动		
建设项目环境影响登记表	X 射线计算机断层成像仪(CT)	已建成	备案号 201837021100001474/2018 年 8 月 7 日
	数字 X 射线摄影系统(DR）		
	双能 X 射线骨密度测量仪		
	C 臂 X 线机(移动）		
	移动 DR		
	单板 DR		
	口腔 CT		
	CT		
新建 DSA 装置项目环境影响报告表	INFX-900V DSA	已建成	青环辐审【2018】18 号/2018 年 9 月 17 日
建设项目环境影响登记表	移动式 C 型臂 X 射线机	已建成	备案号 201837021100004774/2018 年 11 月 23 日
	移动式 C 型臂 X 射线机		

青岛大学附属医院西海岸院区涉及的上述射线装置及核医学工作场所已建成运行，辐

射安全许可证正在办理中，医院目前已招标对现有核医学技术利用建设项目进行竣工环保验收工作.

青岛大学附属医院（西海岸院区）地理位置见图1-1，周围社会关系见图1-2。院区总平面图见图1-3。

1.2 建设内容概述

根据西海岸院区总体发展规划，拟在院内医疗门诊楼的负一层的西南角新建核医学工作场所一处。

新建核医学工作场所包括核素诊断与治疗场所，主要开展以下诊疗工作：⑴利用核素^{99m}Tc开展临床医学诊断，拟配置1台SPECT/CT；⑵利用^{131}I开展甲功测定及甲亢治疗。核医学工作场所核素使用情况见表1-2。

表 1-2　本次评价核医学工作场所设核素使用情况

<table>
<tr><th>序号</th><th colspan="2">核素名称</th><th>日最大操作量 Bq</th><th>日等效最大操作量 Bq</th><th>*操作方式</th><th>**场所分级</th><th>储存方式与地点</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">^{99}Mo</td><td>2.96×10^{10}</td><td>2.96×10^{7}</td><td>源的贮存</td><td rowspan="5">乙级非密封放射性物质工作场所</td><td>标记分装室的通风橱内</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">^{99m}Tc</td><td>3.7×10^{10}</td><td>3.7×10^{7}</td><td>很简单的操作</td><td>标记分装室通风橱</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">^{131}I</td><td>甲功测定</td><td rowspan="2">7.4×10^{9}</td><td rowspan="2">7.4×10^{8}</td><td rowspan="2">简单操作</td><td rowspan="2">服碘室全自动分装仪内</td></tr>
<tr><td>甲亢治疗</td></tr>
<tr><td colspan="4">合计</td><td>8.066×10^{8}</td><td>/</td><td>/</td></tr>
</table>

备注：1、*根据环办辐射函[2016]430 号，利用钼锝发生器淋洗 ^{99m}Tc 放射性药物时，^{99}Mo 的操作视为“贮存”；放射性药品使用中，使用 ^{99m}Tc 相关活动视为“很简单的操作”，使用 ^{131}I 相关活动视为“简单操作”；

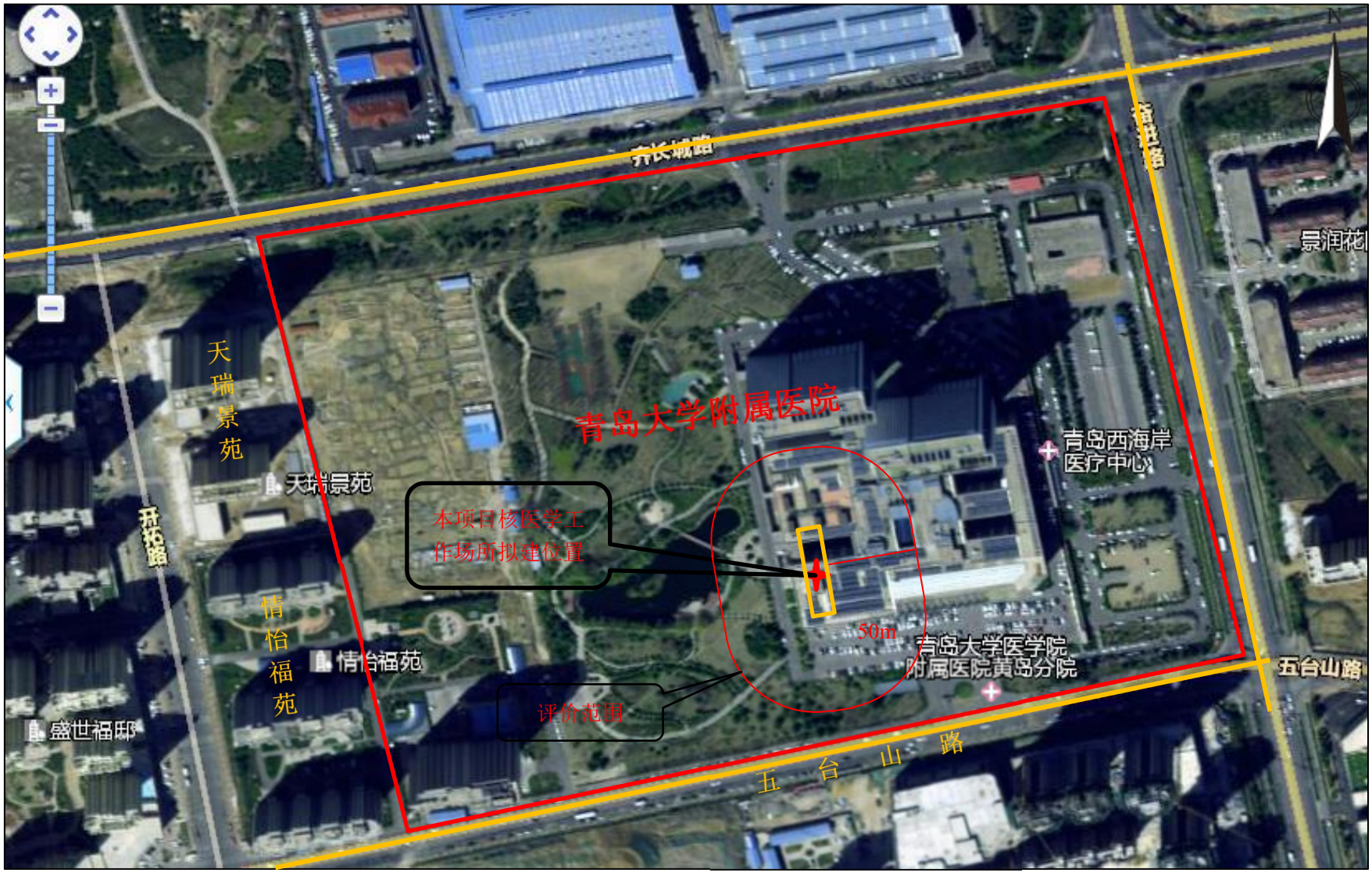
2、**根据 GBZ18871-2002 规定，乙级非密封性放射性物质工作场所日等效最大操作量范围为 2×10^{7}Bq ~4×10^{9}Bq。

1.3 实践正当性分析

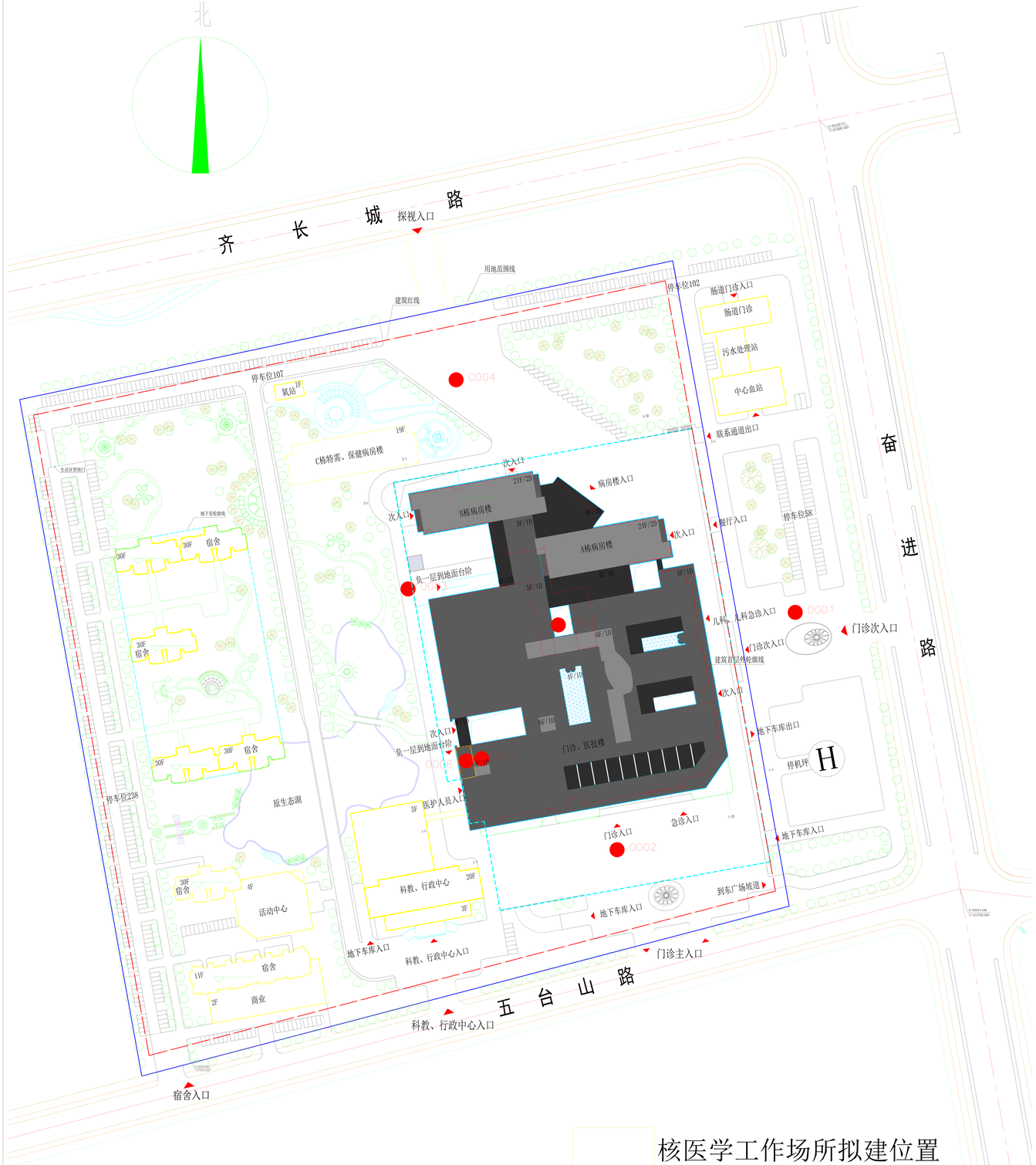
本项目拟建核医学工作场所利用核素^{99m}Tc进行临床显像诊断，利用核素^{131}I开展甲亢治疗，所使用的核素为低活度、中低毒性核素，有利于提供医院的医学诊疗水平，具有较好的社会效应和经济效益。医院拟建核医学工作场所在采取相应的辐射防护措施后，在运行过程中产生的辐射影响可满足国家有关防护要求，对社会带来社会、经济效益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

项目位置
N
大窑社区
西屯社区
法家庄
青兰高速(济青南线)
西郭社区
龙凤社区
徐戈庄社区
黄岛站
青岛前湾港区2号疏港高速
柳陈社区
黄河西路
黄岛区
经济区
韩家台村
山东科技大学
上庄社区
珠山国家森林公园
台子沟社区
向阳社区
后岔湾社区
豹窝社区
南屯社区
金沙滩景区
南营社区
北宿村
中国石油大学(华东)
唐岛湾滨海公园
岗上村
东大洼村
大楼村
积米崖村
施沟社区
青岛理工大学(黄岛校区胶南)
胶州湾隧道
S328
G22
S7601
S399
S299

附图 1 项目位置图



附图 2 周边社会关系图（卫星图片）



核医学工作场所拟建位置

注：0001~0007号点位为医院辐射环境现状监测点位图，其中0006号监测点位位于本项目核医学场所拟建位置，0007号监测点位位于核医学场所拟建位置东侧的车库

图1-3 医院总平面布局及辐射环境现状监测布点图

（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.4 目的与任务

本项目拟在核医学工作场所开展放射诊疗工作，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，核医学工作场所日等效最大操作量为8.066×10^{8}Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所，根据《关于发布放射源分类办法的公告》（原国家环境保护总局公告2005年第62号）的规定，该工作场所参照II类放射源进行安全管理；根据《射线装置分类》（国家环境保护部公告第66号，2017.12）的分类办法，核医学工作场所拟配置的SPECT/CT属III类射线装置。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《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）、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第44号及生态环境部令第1号）、《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号及环境保护部令第47号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）的有关规定，本项目须编制环境影响报告表，受青岛大学附属院的委托，山东蓝城分析测试有限公司承担了该项目的辐射环境影响评价工作。接受任务后，在进行现场勘查、收集和分析有关资料、现状监测及理论预测的基础上，依据《辐射环境保护管理导则核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），编制完成项目环境影响评价报告表。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）

表3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{99}Mo	液态，半衰期为68h，放射性核素的毒性分组为中毒组。衰变方式是β-衰变，衰变时除发射β射线外还发射0.92MeV的γ射线。	使用	2.96×10^{10}	2.96×10^{7}	/	用于制备^{99m}Tc	贮存	医院门诊楼的负一层核医学工作场所	临时贮存在分装标记室通风橱内
2	^{99m}Tc	液态，^{99m}Tc为^{99}Tc的同质异能素，IT%≈100%，半衰期为6.02h，放射性核素的毒性分组为低毒组。发生IT跃迁（同质异能跃迁）时释放γ射线，能量为140keV。其子体为^{99}Tc，^{99}Tc又能发生β衰变，^{99}Tc的半衰期很长，为2.16×10^{6}年。	使用	3.7×10^{10}	3.7×10^{7}	9.25×10^{12}	医学诊断	很简单的操作	医院门诊楼的负一层核医学工作场所	使用^{99}Mo-^{99m}Tc发生器制取，在标记分装室通风橱内临时贮存、制取、分装，当天用完
3	^{131}I	液态，半衰期为8.04d放射性核素的毒性分组为中毒组。^{131}I可衰变产生多条β射线，其中分支比最大的为89.9%能量为606.3keV，还能释放多条γ射线，其中分支比最大的为81.7%能量为364.5keV。 碘[^{131}I]化钠口服液，无色澄清液体，pH7.0~9.0，放射性纯度不低于95%，放射性活度不低于185MBq/mL。	使用	7.4×10^{9}	7.4×10^{8}	1.85×10^{12}	甲亢治疗	简单操作	医院门诊楼的负一层核医学工作场所	在服碘室全自动分装仪内临时贮存、自动分装，当天用完

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

表4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二)X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	SPECT/CT	III类射线装置	1台	Symbia T16	130kV	345mA	放射诊断	核医学工作场所SPECT/CT机房	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三)中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

<table>
<tr><th colspan="2">名称</th><th>状态</th><th>核素名称</th><th>活度
（Bq）</th><th>月排放量
（Bq）</th><th>年排放总量
（Bq）</th><th>排放口浓度</th><th>暂存情况</th><th>最终去向</th></tr>
<tr><td rowspan="6">核医学工作场所</td><td rowspan="2">放射性废水</td><td rowspan="2">液态</td><td>^{99m}Tc</td><td>4.44×10^{10}/月</td><td>/</td><td>≈0</td><td>总β＜10Bq/L</td><td rowspan="2">放射性废水处理系统衰变池</td><td rowspan="2">衰变6个月后低于GB18871-2002中规定的放射性废水排放导出限值后进入医院污水处理站进一步处理后外排</td></tr>
<tr><td>^{131}I 甲亢</td><td>8.87×10^{9}/月</td><td>/</td><td>2.91×10^{4}</td><td>总β＜10Bq/L</td></tr>
<tr><td rowspan="2">放射性固废</td><td rowspan="2">固态</td><td>^{99m}Tc</td><td>7.71×10^{9}/月</td><td>/</td><td>≈0</td><td>≈0</td><td rowspan="2">放射性废物衰变桶、衰变槽</td><td rowspan="2">经衰变降至解控水平以下后，按免管废物（医疗垃圾）处理</td></tr>
<tr><td>^{131}I</td><td>1.54×10^{9}月</td><td>/</td><td>7.9×10^{6}</td><td>32.9Bq/g</td></tr>
<tr><td>废旧 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生柱</td><td>固态</td><td>^{99}Mo</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>标记分装室通风橱内暂存</td><td>供源厂家回收</td></tr>
<tr><td>剩余放射性药物</td><td>液态</td><td>^{131}I、^{99m}Tc</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>铅罐</td><td>供源厂家回收</td></tr>
</table>

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m^3；年排放总量用kg
2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m^3）和活度（Bq）

表6 评价依据

法规文件	➢《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1.1） ➢《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 24 号及中华人民共和国主席令第 24 号修改单，2018.12.29） ➢《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003.10.1） ➢《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017.7.16） ➢《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，2005.12.1 实施；国务院令第 653 号修订，2014.7.29） ➢《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号，2017.6.29）及《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号，2018.4.28） ➢《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，2008.12.6）及《环境保护部关于修改部分规章的决定》（环境保护部令第 47 号，2017.12）； ➢《突发环境事件信息报告办法》（环境保护部令第 17 号，2011.4.18） ➢《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011.5.1） ➢《关于发布放射源分类办法的公告》（原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005.12.23） ➢《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 国家国防科技工业局 公告 2017 年第 65 号，2017.12） ➢《关于发布《射线装置分类办法》的公告（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号，2017.12） ➢《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环境保护总局、公安部、卫生部环发〔2006〕145 号，2006.9.26） ➢《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号，2016.3.7） ➢《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号，2007.6.3） ➢《山东省辐射污染防治条例》（山东省人大常务委员会公告第 37 号，2014.5.1）

技术标准	➢《辐射环境保护管理导则核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016） ➢《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993） ➢《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001） ➢《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016） ➢《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） ➢《医疗照射防护基本要求》（GB179-2006） ➢《医学放射工作人员放射防护培训规范》（GBZ/T149-2015） ➢《放射工作人员健康要求》（GBZ 98-2017） ➢《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006） ➢《临床核医学的患者防护要求》（WS 533-2017） ➢《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004） ➢《医疗机构污染物排放标准》（GB18466-2005） ➢《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009） ➢《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》（HJ421-2008） ➢《医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006） ➢《X射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012） ➢《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）
其他	➢项目环境影响评价委托书 ➢《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） ➢《辐射防护手册》第一分册《辐射源与屏蔽》（李德平主编） ➢《辐射防护手册》第三分册《辐射安全》（李德平主编） ➢《辐射防护技术与管理》第一卷（张丹枫、赵兰才主编） ➢ 国际放射防护委员会（ICRP）第 15 号出版物 ➢ 国际放射防护委员会（ICRP）第 94 号出版物

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定要求：“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径500m的范围，乙、丙级取半径50m的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围。”

根据本项目放射性辐射特点，本项目评价范围为：

核医学工作场所（乙级）：取核医学工作场所实体屏蔽物边界外50m范围，含放射性废水处理系统。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为在评价范围内从事本项目放射诊疗的辐射工作人员和公众人员，其中辐射工作人员是指利用本项目相关设备或放射性药物开展放射诊疗工作的辐射工作人员，公众人员为各工作场所外非本项目的职业人员、慰问者、被动与出院患者近距离接触的公众等。本项目评价范围内保护目标的详细情况见表7-1。

表7-1 本项目主要保护目标情况

保护目标	人数	方位	距离
职业人员	7人	核医学工作场所内的辐射工作人员	场所内部
公众人员	＜100	工作场所外非本项目的工作人员、慰问者、被动与出院患者近距离接触的公众等	0~50m

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射和公众照射的年剂量限值

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

⑴职业照射剂量限值

a、连续5年的年平均有效剂量，20mSv；

b、任何一年中的有效剂量，50mSv；

c、眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d、四肢（手和脚）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

⑵**公众照射剂量限值**

①公众照射剂量限值

a、年有效剂量，1mSv；

b、特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

c、眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d、皮肤的年当量剂量，50mSv。

②慰问者剂量限值

对患者的慰问者（并非自身职责、明知会受到照射却自愿帮助护理、支持和探视、慰问正在接受医学诊断或治疗患者的人员）所受到的照射加以约束，使他们在患者诊断和治疗期间所受到的剂量不超过 5mSv。

对辐射工作人员、公众人员的剂量控制不仅要满足剂量限值的要求，而应依据辐射防护最优化原则，按照剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，把辐射水平降低到低于剂量限值的一个合理达到的尽可能低的水平。本项目核医学工作场所年管理剂量约束值采用《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值的 1/4 作为剂量管理目标值，即辐射工作人员、公众人员的年管理剂量约束值分别不超过 5mSv/a、0.25mSv/a。

2、**《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）**

第 6.1.1 款 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 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。

综上，**本项目辐射工作人员、慰问者、公众人员的年管理剂量约束值分别不超过 5mSv/a、5mSv/a、0.25mSv/a**。另外，辐射工作人员手部年当量剂量取 GB18871-2002 中限值的 1/4，即 **125mSv/a** 作为年管理剂量约束值。

7.3.2 **机房屏蔽剂量率目标控制值**

在《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中未给出工作场所屏蔽控制目标

值，但IAEA（国际原子能机构）推荐剂量率目标控制值为2.5μSv/h，《辐射源室屏蔽设计与评价》中建议以2.5μSv/h作为剂量率目标控制值。因此，**本评价采用2.5μSv/h作为核医学工作场所墙体、防护门及室顶外30cm处屏蔽剂量率目标控制值；考虑到核医学工作场所控制区内人员居留较少，属部分和偶然居留场所，本次评价按10μGy/h进行控制。**

另外SPECT/CT机房按照《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“具有透视功能的X射线机在透视条件下，在距机房屏蔽体外表面0.3m处的剂量当量率控制目标值应不大于2.5μSv/h”的要求，**采用2.5μSv/h作为机房墙体、防护门、地面及室顶的剂量率评价目标控制值。**

7.3.3 **核医学工作场所执行标准**

1、**表面污染控制水平**

按照《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB18871-2002）附录 B 中表 B11 要求，表面污染控制水平见表 7-2。

表 7-2　核医学工作场所表面污染控制水平（Bq/cm^2）

表　面　类　型		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	1) 控制区	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}
注：1）该区内的高污染子区除外		

另外 GB18871-2002 中 B2.2 中要求：“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表 7-2 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当做普通用品使用。”

2、**非密封源工作场所分级**

按照《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB18871-2002）附录 C 中表 C1 要求，非密封源工作场所分级原则见表 7-3。

表 7-3　非密封源工作场所的分级原则

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

上表中放射核素的日等效操作量计算公式如下：

$$日等效最大操作量=\frac{日最大操作量\times毒性组别修正因子}{操作方式修正因子}$$

上述公式中毒性组别修正因子与操作方式修正因子见表 7-4 及表 7-5。

表 7-3　放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒（^{90}Mo、^{131}I）	**0.1**
低毒（^{99m}Tc）	**0.01**

表 7-4　操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射性核素状态			
	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

3、放射性药品生产、使用场所日等效操作量核算中操作因子的选取

根据环办辐射函[2016]430 号文：①利用钼锝发生器淋洗 ^{99m}Tc 放射性药物时，^{99}Mo 的操作视为“贮存”；②放射性药品生产中，分装、标记等活动视为“简单操作”；③医疗机构使用 ^{99m}Tc 粒籽源相关活动视为“很简单的操作”，使用 ^{131}I 核素相关活动视为“简单操作”。

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射液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放做好记录：

⑴每月排放的总活度不超过 10ALImin（ALImin 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 条的规定获取）。

⑵每一次排放的活度不超过 1ALImin，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

根据 GB18871-2002 中 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：

$$I_{j,L}=DL/e_j$$

其中：DL—相应的有效剂量的年剂量限值，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 7-5。

表 7-5　本项目放射性核素排放导出限值

放射性核素	一次排放限值（Bq）		1ALImin 一次排放限值（Bq）	10ALImin 月排放限值（Bq）
	吸入 $e(g)_{j.inh}$	食入 $e(g)_{j.ing}$		
^{99m}Tc	2.0×10^{-11}	2.2×10^{-11}	2.27×10^{8}	2.27×10^{9}
^{131}I	1.1×10^{-8}	2.2×10^{-8}	2.27×10^{5}	2.27×10^{6}

另外，《医疗机构污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中“综合医疗机构总β排放标准为 10Bq/L”。

5、患者剂量约束

根据 GB18871-2002 中 7.4.4.3 条规定：接受放射性核素治疗的患者应在其体内的放射性物质的活度降至一定水平后才能出院，以控制其家属与公众成员可能受到的照射。接受了 ^{131}I 治疗的患者，其体内的放射性活度降至低于 400MBq（10.8mCi）之前不得出院。必要时应向患者提供有关他与其他人员接触时的辐射防护措施的书面指导。

6、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）

⑴临床核医学的工作场所应按照 GB18871 中非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应放射防护措施。

⑵一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封源工作场所。为方便操作，针对临床核医学实践的具体情况，依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 类，分类原则见表 7-6。

表 7-6　临床核医学工作场所分类原则 [1)]

分 类	操作最大量放射性核素的加权活度 [2)] /MBq
I	＞50000
II	50~50000
III	＜50
注：1）本表依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物； 2）加权活度=（计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子）/操作性质修正因子	

⑶计算加权活度的核素毒性权重因子和不用操作性质的修正因子见表 7-7 和表 7-8。

表 7-7　放射性核素的毒性权重因子

类别	毒性组别	核素的毒性权重因子
A	^{75}Se、^{89}Sr、^{125}I、**^{131}I**	100
B	^{11}C、^{14}N、^{15}O、^{18}F、^{51}Cr、^{67}Ge、**^{99m}Tc**、^{111}In、^{113m}In、^{123}I、^{201}T	1
C	^{3}H、^{14}C、^{81m}Kr、^{127}Xe、^{138}Xe	0.01

表 7-8　不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	操作性质修正因子
贮存	100
废物处理、闪烁法计数和显像、候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药、简单放射性药物制备、治疗病床区	1
复杂放射性药物制备	0.1

⑷按分类的核医学工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 7-9。

表 7-9　不同类别核医学工作场所室内及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风橱[1)]	室内通风	管道	清洗及去污设备
I	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求[2)]	需要
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要
III	易清洗	易清洗	不必	一般自然通风	一般要求	只需清洗设备

注：1）仅指实验室
2）小水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测

⑸合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s），排风口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

⑹凡I类工作场所和开展放射性药物治疗的单位应设有放射性污水池，以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。废源液和高污染的放射性废液应专门收集存放。

⑺临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄露、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。放射性废物应按GBZ133 进行处理。

⑺临床核医学诊断及治疗用工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。

⑻临床核医学诊断用给药室与检查室应分开，如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。

⑼临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。

⑽使用治疗量发射γ射线放射性药物的区域应划为控制区。控制区入口应有GB18871规定的电离辐射警告标志，除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区。

⑾根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定临床核医学治疗病房的位置及其放射防护要求。必要时，病房可采用附加屏蔽防护措施。

⑿接受放射性药物治疗的患者应使用专用便器或者设有专用卫生间和浴室。

⒀使用过的放射性药物注射器、绷带和敷料，应作污染物处理或作放射性废物处理。

⒁接受 ^{131}I治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至低于 400MBq方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。

7、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）

⑴如果经审管部门确认或批准，凡放射性核素活度浓度小于或等于附录B所示清洁解控水平推荐值的放射性废物，按免管废物处理。

根据附录B所示，本项目 ^{99m}Tc、^{131}I清洁解控水平推荐活度浓度值分别为 1×10^{2}Bq/g、1×10^{2}Bq/g，当放射性核素活度浓度小于或等于清洁解控水平推荐值时，可做免管固体废物处理。

⑵**液体废物的管理**

①使用放射性核素最大操作量等于或大于 2×10^{7}Bq的临床核医学单位应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。

②经审管部门确认下列低放废液可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道；每月排放总活度或每一次排放活度不超过GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限值要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。

③使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院治疗患者提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。

④收集含 ^{131}I患者排泄物时，应同时加入NaOH或者 10%KI溶液后密闭存放待处理。

⑤专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

⑥符合出院条件的患者排泄物不需要统一管理。

②固体废物的管理

A、废物收集

a、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，污物桶放置点应避开工作人员工作和经常活动的区域。

b、污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。

B、废物临时贮存

a、经审管部门批准可将其废物临时贮存在许可的场所和专门的容器中，贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值要求。

b、临时贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风或安装通风设备，出入处设电离辐射警示标志。

c、废物袋、废物桶及其存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类，比活水平和存放日期等说明。

C、废物处理

a、如果经审管部门确认或批准，凡放射性活度小于或等于附录 B 所示清洁解控水平推荐值的放射性废物，按免管废物处理。

b、放射性废物含有多种核素时，按照下面公式来判断该废物是否容许被免管。

$$\sum_{j=1}^{n}\frac{C_j}{C_{j,h}}\leq 1$$

式中：

C_j：放射性核素 j 在该废物中的活度浓度（Bq/g）；

$C_{j,h}$：附录 B 所示放射性核素 j 的清洁解控水平推荐值（Bq/g）；

n：该废物中所含放射性核素的种类数。

8、《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）

第5.2款：每台X射线机（不含移动式和携带式床旁摄影机与车载X射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的X射线机房，其

最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表7-8要求。

表7-8　X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积（m^2）	机房内最小单边长度（m）
CT机	30	4.5

第5.3款 X射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a）不同类型X射线设备机房的屏蔽防护应不小于表7-9要求。

表7-9 不同类型X射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量mm	有用线束方向铅当量mm
CT机房	2（一般工作量） 2.5（较大工作量）	

测方法及监测条件按7.2和附录B中B.6的要求）：

a)具有透视功能的X射线机在透视条件下监测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

b)CT机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5μSv/h；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于0.25mSv；测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

第5.5款 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

第5.6款 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

第5.7款 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

第5.8款 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

第5.9款 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于0.25mmPb；应为不同年

龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于0.5mmPb。

9、《医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）

5.2.1.2 CT机房一般屏蔽要求如下：

一般工作量下的机房屏蔽：16cm混凝土（密度2.35t/m^3）或24cm砖（密度1.65t/m^3）或2mm铅当量；

较大工作量时的机房屏蔽：20cm混凝土（密度2.35t/m^3）或37cm砖（密度1.65t/m^3）或2.5mm铅当量。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目选址

青岛大学附属医院西海岸院区位于青岛市黄岛区五台山路1677号，院区北临齐长城路，东临奋进路，南临五台山路，西侧为住宅小区。西海岸院区地理位置见图1-1，周边社会关系见图1-2，院区总平面图见图1-3。

项目拟建核医学工作场所位于西海岸院区门诊楼负一层西南角，所在楼层处于整栋楼体的最底层，下方无地下建筑，工作场所的上方为医学影像介入诊疗中心，东侧为地下车库，西侧为土层和楼梯走道，南侧为地下车库和库房，北边为地下车库。核医学工作场所位于所在楼层的一端，选址合理。

核医学工作场所所在楼层（门诊楼负一层）平面布置见图8-1，在院内位置见医院平面布置图1-3。

8.2 辐射环境现状调查监测

1、监测因子：环境地表γ辐射剂量率

2、监测点位：根据医院平面布置和周围环境情况，共设 7 个辐射环境现状调查监测点位，点位代号 0001~0007，监测点位描述见表 8-1。监测点位示意图见图 1-3。

3、监测机构：山东蓝城分析测试有限公司，资质认定证书编号：171520345345。

4、监测人员：监测人员均持证上岗。

5、监测仪器：环境级监测仪器使用 XH-2010 型 X-γ剂量率仪，经山东省计量科学研究院检定，检定证书编号：Y16-20170986，有效期至 2018 年 9 月 3 日。主要技术性能见表 8-1。

表 8-1 XH-2010 型 X-γ剂量率仪主要参数

序号	项目	主要参数
1	剂量率测量范围	0.001μGy/h～200μGy/h
2	刻度精度	在温度为+20℃时，沿刻度场内的刻度方向，^{137}Cs 的读数<±10%。
3	能量范围	在 0.05μGy /h～100μGy /h 范围内，为 40keV～3MeV。
4	能量响应	在 0.05μGy /h～100μGy/h 范围内，-20% ～ +30%。
5	温度范围	-10~+55℃工作状态

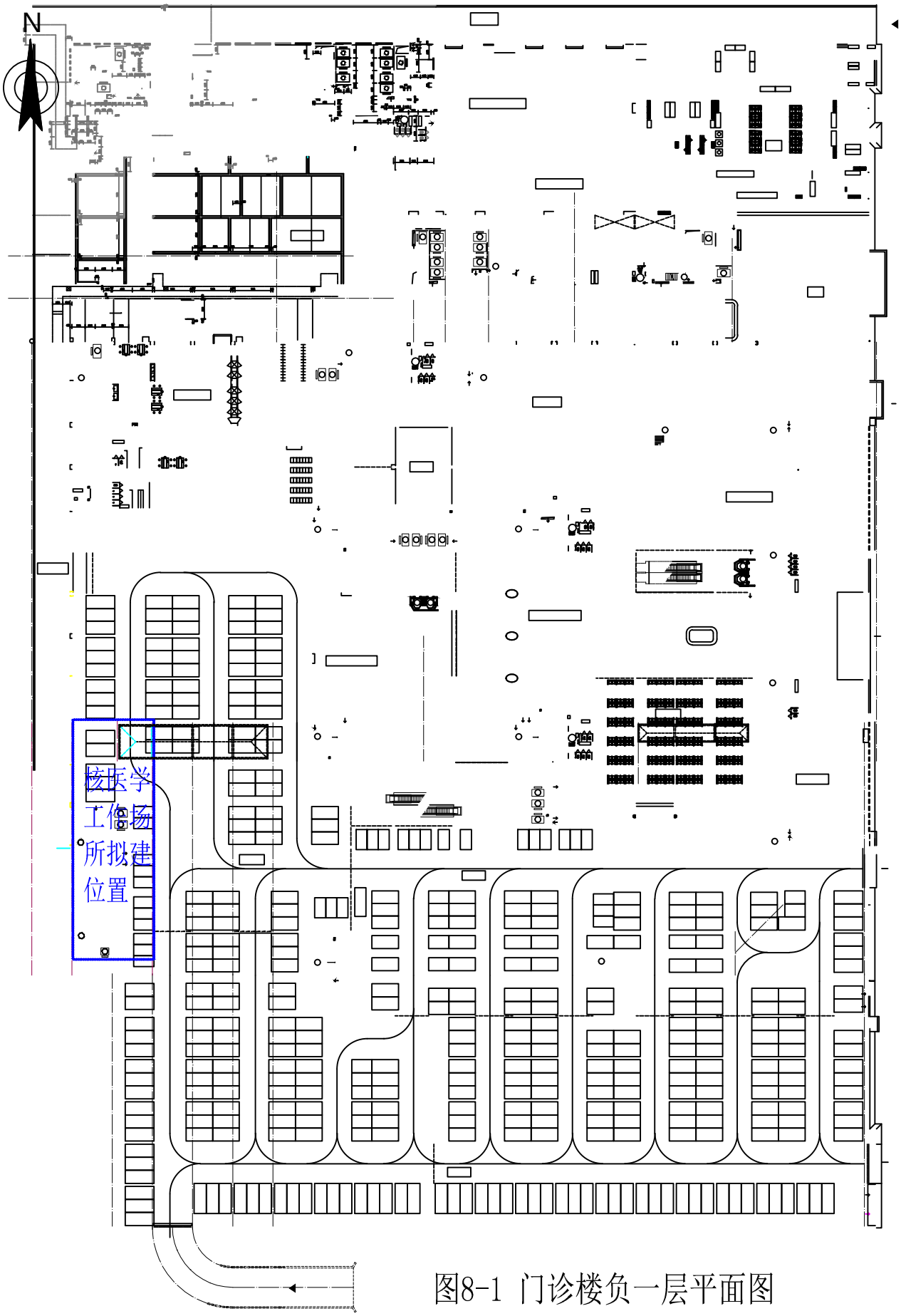


图8-1 门诊楼负一层平面图

6、监测依据：《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中相关规定进行监测和布点。布点示意图见图 1-3。

7、监测时间、环境温度：2018 年 8 月 10 日，晴，30°C

8、监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2　辐射环境现状调查监测结果

序号	点位代号	监测点位描述	γ辐射空气吸收剂量率（μGy/h）	标准偏差
1	0001	医院院区东部	0.06	0.005
2	0002	医院南部停车场	0.06	0.006
3	0003	医院院区西部	0.06	0.005
4	0004	医院院区北部	0.07	0.005
5	0005	院区中心位置	0.07	0.005
6	0006	核医学工作场所拟建位置	0.08	0.006
7	0007	核医学工作场所拟建位置东侧车库	0.07	0.006
γ辐射空气吸收剂量率变化范围			0.06~0.08	

注：已扣除宇宙射线响应值（10nGy/h）。

8.3 辐射环境现状评价

《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）提供的青岛地区γ辐射空气吸收剂量率数据见表 8-3。

表 8-3　青岛市环境γ辐射空气吸收剂量率（$\times10^{-8}$Gy/h）

地市名称	原野				道路				室内			
	范围		按点加权		范围		按点加权		范围		按点加权	
	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差
青岛市	4.24	13.00	6.62	1.45	1.15	12.04	6.90	2.38	3.12	16.16	14.00	2.33

根据本次监测结果，医院院区东、西、北部、中心位置及南部停车场位置本环境γ辐射空气吸收剂量率为（0.06~0.07）μGy/h（6.0×10^{-8}Gy/h~7.0×10^{-8}Gy/h），处于青岛市原野（4.24~13.00）$\times10^{-8}$Gy/h 环境天然辐射水平范围内，核医学工作场所拟建位置、核医学工作场所拟建位置东侧车库监测点位环境γ辐射空气吸收剂量率为（0.07~0.08）

μGy/h（7.0×10^{-8}Gy/h~8.0×10^{-8}Gy/h），处于青岛市室内（3.12~16.16）$\times10^{-8}$Gy/h 环境天然辐射水平范围内。综上，项目拟建位置周围环境γ空气吸收剂量率现状与该地区天然放射性本底处于同一水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

拟建核医学工作场所涉及 ^{99m}Tc、^{131}I 两种非密封源放射性核素，其中核素 ^{99m}Tc 依托 SPECT/CT 开展放射诊断工作。

1、**核素使用方案**

(1)^{99m}Tc

核素 ^{99m}Tc 由 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器制取，拟配置的 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器制备规格为 800mCi，拟由原子高科股份有限公司供应。供源厂家将发生器直接送至核医学科标记分装室，由核医学科专人负责接收，并做好台账，暂存于标记分装室的通风橱内，当天用完。制取 ^{99m}Tc 时在标记分装室的通风橱内进行，根据患者用药量进行分装，在分装标记室注射窗口对患者进行注射或者肺通气室内进行吸入，患者注射（或吸入）后在注射后候诊室内休息一段时间后，再依托 SPECT/CT 扫描诊断，扫描诊断后患者若无异常可直接离开核医学工作场所。

根据院方提供的资料，预计核医学科 ^{99m}Tc 每日诊断量最多为 40 人次，每人最大用药量为 9.25×10^{8}Bq（25mCi），则日最大使用量为 3.7×10^{10}Bq（1000mCi）。每周开展 5 天，每年按 50 周计，则年最大使用量为 9.25×10^{12}Bq（250Ci）。

注射（或吸入）^{99m}Tc 患者诊断工作依托拟配置的 SPECT/CT 开展，诊断时患者体内 ^{99m}Tc 最大携带量为 9.25×10^{8}Bq（25mCi）。

(2)^{131}I

核素 ^{131}I 拟由原子高科股份有限公司供应，直接送至核医学科服碘室，由核医学科专人接收、签字，并做好台账，在服碘室的碘自动分装仪内暂存，当天用完。根据患者用药量在分装间使用 ^{131}I 全自动分装仪进行分装，远程指导患者口服。甲亢患者（本项目甲亢患者服药量最大为 10mCi，低于 10.8mCi）服药后无异常可直接离开。

①甲功测定

甲亢患者治疗前需进行甲功测定，根据委托方提供的资料，预计甲功测定每日最多 20 人，每人最大用量 3.7×10^{5}Bq（10μCi），则日最大使用量为 7.4×10^{6}Bq（0.2mCi），每周开展 5 天，每年按 50 周计，则年最大使用量为 1.85×10^{9}Bq（0.05Ci）。

②甲亢治疗

根据院方提供的资料，预计核医学科 ^{131}I 治疗甲亢每日最多为 20 人次，每人最大用药量为 $3.7\times10^{8}Bq$（10mCi），则日最大使用量为 $7.4\times10^{9}Bq$（200mCi）。每周开展 5 天，每年按 50 周计，则年最大使用量为 $1.85\times10^{12}Bq$（50Ci）。

本项目核医学工作场所各核素使用方案见表 9-1。

表 9-1　核医学工作场所各核素使用方案

核素	每人最大用量（Bq）	日患者最大人数	日最大操作量（Bq）	周工作天数	年工作周数	每年最大操作量 Bq
^{99m}Tc	9.25×10^{8}（25mCi）	40	3.7×10^{10}	5	50	9.25×10^{12}
^{131}I	$3.7\times10^{5}Bq$（10μCi）（甲功测定）	20	7.4×10^{6}	5	50	1.85×10^{12}
	3.7×10^{8}（10mCi）（治疗甲亢）	20	7.4×10^{9}	5	50	

根据核医学科规定，注射（或吸入）^{99m}Tc 与服用 ^{131}I 诊疗时间交错进行。

2、核素特性

(1)^{99m}Tc

^{99m}Tc 由 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器制取。

^{99}Mo 的衰变方式是β^-衰变，衰变时除发射β射线外还发射 0.92MeV 的γ射线，半衰期 68h，衰变图纲见图 9-1。

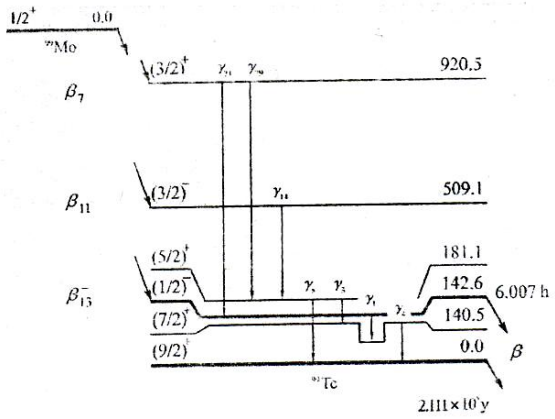


图 9-1　^{99}Mo 衰变图纲简图

^{99m}Tc 的主要衰变方式是同质异能跃迁，同时发射 0.14MeV 的γ射线，半衰期 6.02h，衰变图纲见图 9-2。

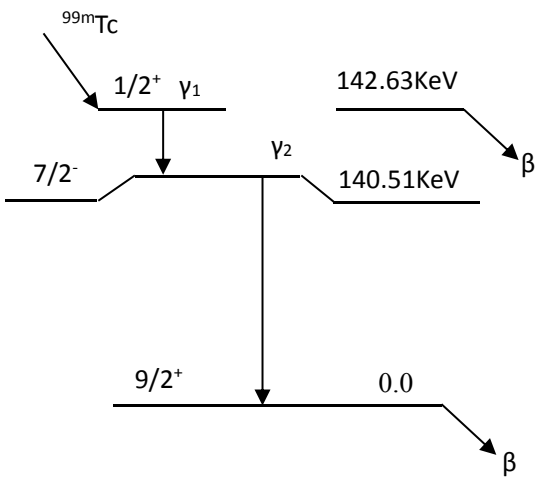


图 9-2　^{99m}Tc 衰变图纲简图

(2)^{131}I

^{131}I 核算半衰期为 8.04d，衰变方式是β衰变（β%=100%），能衰变出多条β射线，其中分支比最大的是 89.2%，能量为 606.3KeV；还能释放多条γ射线，其中分支比最大的是 81.1%，能量为 364.5KeV。衰变图纲见图 9-3。

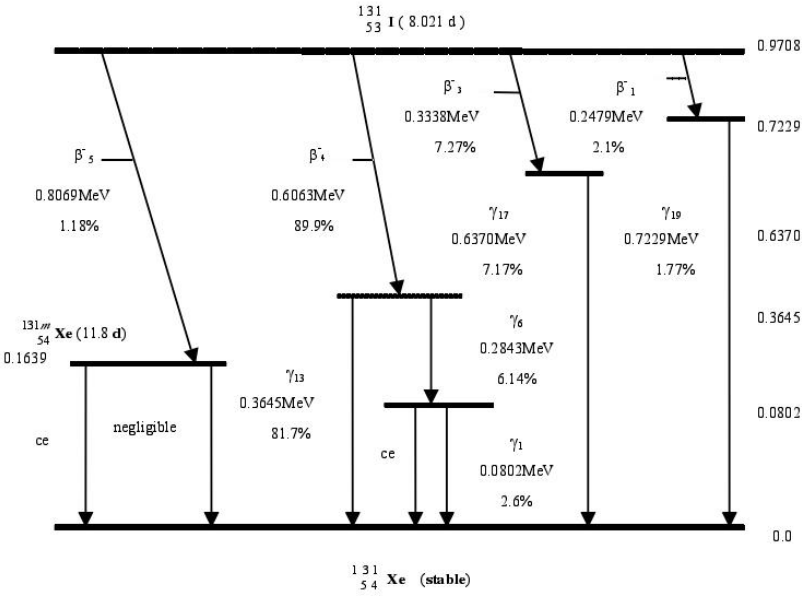


图 9-3　^{131}I 衰变图纲

3、工作原理

⑴SPECT/CT 用途、仪器结构及工作原理

①用途

核医学工作场所拟设 SPECT/CT 1 台，主要用于疾病的早期诊断，利用发射型计算机断层显像装置探测放射线药物（^{99m}Tc）的射线在病人体内的分布状态并还原成像，及时对病人进行诊断。

②仪器结构

根据医院提供资料，项目拟配置的 SPECT/CT 设备主要技术参数，见表 9-2。

表 9-2　SPECT/CT 主要技术参数

序号	项目	拟购设备
1	型号	Symbia T16
2	管电压	130kV
3	输出电流	345mA
4	生产厂家	西门子

SPECT/CT 的基本构造由探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备三大部分构成，外观见图 9-4。

图 9-4　SPECT/CT 外观图

SPECT/CT 的探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路等组成。准直器是由单孔或多孔的铅或铅合金构成，其作用是让一定视野范围内的一定角度方向上的γ射线通过准直器进入晶体，起到空间定位选择器的作用。晶体（采用碘

化钠晶体）的作用是将γ射线转化为荧光光子。荧光光子的数目、能量、输出的光脉冲幅度等与入射的γ射线能量成正比。光导是装在晶体和光电倍增管之间的薄层有机玻璃或光学玻璃片，其作用是把荧光光子有效的传送到光电倍增管的光阴极上。光导收集荧光的能力和正确的传递到光电倍增管的能力影响着 SPECT 的空间分辨率、线性、均匀性等指标。光电倍增管的作用是将微弱的荧光信号转换并放大为电信号。其放大倍数可达 10^6~10^9。主要由光阴极、多级倍增极、电子收集极组成。

另外 SPECT/CT 自身带有 1 个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病做出全面、准确的判断。

③工作原理

患者注射 ^{99m}Tc 药物进入体内，放射性核素在特定的器官或组织发射出低能光子（γ射线），穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对 γ 射线进行准直，通过闪烁体将 γ 射线能量转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图像。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主用应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

⑵^{131}I 治疗原理

^{131}I 核素主要应用于甲功测定和甲亢治疗，拟由原子高科股份有限公司供应。

①甲功测定

甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的能力，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多，可高达血浆的几百倍，且在甲状腺内停留的时间较长，有效半衰期可达 3.5~4.5 天。在患者服用 ^{131}I 后，90%以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 ^{131}I 随代谢排出体外，基于 ^{131}I 对甲状腺的摄取特性，以开展甲功测定工作。

②甲亢治疗

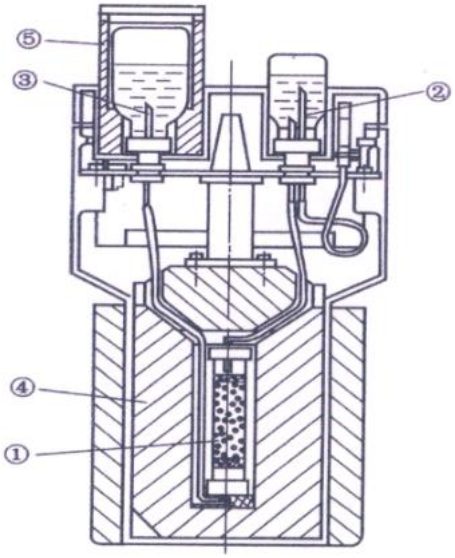
基于甲状腺对 ^{131}I 核素高度选择性的摄取能力，^{131}I 衰变时发射出的射程很短β射线和能量跃迁时发出的γ射线，从而对病变组织进行内照射治疗，在局部产生电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，而邻近的正常组织的吸收剂量很低。^{131}I 可以破坏一部分甲状腺组织，从而减少甲状腺激素的形成，达到治疗甲亢的目的。

4、**治疗流程**

(1)^{99m}Tc 治疗流程

①接受受检者预约后，医院收集病人病史，并对病人做常规检查。

②根据病人病情，制备 ^{99m}Tc，制取流程为：打开 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器（外观及内部结构见图 9-5）顶部的铅屏蔽盖，在发生器的一端插上生理盐水瓶作淋洗液，另一端插上真空瓶，由于负压作用，即能淋洗出 ^{99m}Tc 标记液。



①吸附 ^{99}Mo 的色谱柱；②双针插座，淋洗时将生理盐水瓶插上；③单针插座淋洗时将生理真空瓶插上；④铅屏蔽体，40mm；⑤淋洗液接收的铅防护容器。

图 9-5　^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器外观及内部结构（资料图）

③根据剂量控制进行人工分装 ^{99m}Tc 标记液。

④医护人员取用分装后的 ^{99m}Tc 给患者静脉注射（或吸入）。

⑤施药后受检者在注射后候诊室休息（^{99m}Tc 注药、吸入患者需休息约 2h），等待检查。

⑥注药患者进入 SPECT/CT 扫描室，进行检查。

⑦检查结束后，患者从病人专用通道离开。

治疗流程见图 9-6。

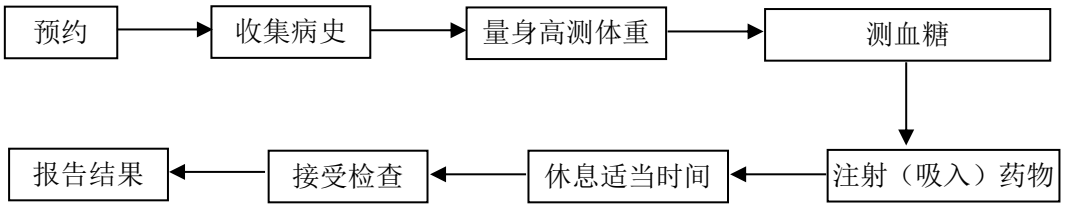


图 9-6　^{99m}Tc 患者治疗流程简图

⑵^{131}I 治疗流程

甲亢患者治疗前需先进行甲功测定，由医护人员利用碘全自动分装仪远程将药物分装，远程监督指导患者服药。甲功测定患者在服药后 2、4、24h 于放免室测定甲状腺部位及速率，计算甲状腺摄取 ^{131}I 率，绘制 ^{131}I 率曲线，并注明各时间点的摄碘率。甲亢（本项目甲亢患者服药量低于 10.8mCi）患者服药后进行一定时间留观后（一般为 10min）如无异常情况可直接离开医院。

9.2 污染源项描述

1、正常工况

本项目核医学工作场所涉及 ^{99m}Tc、^{131}I 2 种放射性核素及 SPECT/CT 的应用，在正常工作情况下产生的放射性危害因素分析如下：

⑴γ射线、β射线、X 射线

①核素 ^{99m}Tc 在 IT 跃迁时释放γ射线和β射线。β射线穿透能力较弱，外照射的影响相对较小；γ射线穿透能力很强，对周围环境会造成一定的辐射影响，本次评价主要考虑核素 ^{99m}Tc 的γ射线影响。

②核素 ^{131}I 在衰变过程释放γ射线和β射线。β射线穿透能力较弱，外照射的影响相对较小；γ射线穿透能力很强，对周围环境会造成一定的辐射影响，本次评价主要考虑核素 ^{131}I 的γ射线影响。

③SPECT/CT 使用过程中会产生 X 射线。

⑵**放射性废气**

本项目核医学工作场所使用的 ^{99m}Tc 核素属非挥发性核素，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤，无放射性气体产生；该场所使用的 ^{131}I 核素属于挥发性核素，但以碘[^{131}I]化钠形式存在，挥发性低，正常使用过程中有微量放射性气体产生，为安全起见，核医学工作场所设单独的通风系统。放射性药物的分装、取药等可能存在洒出污染危险，在负压通风橱或碘自动分装仪内操作，不存在食入、吸入等内照射影响。

SPECT/CT 运行过程中，可能产生非放射性有害气体氮氧化物（NO、NO_2）和臭氧（O_3）等非放射性气体。氮氧化物产额较低，主要以臭氧为主，具有刺激性作用的非放射性有害气体，通过排风系统可最大限度降低有害气体的浓度。

⑶**放射性废水**

本项目核医学工作场所放射性废水产生环节主要为患者注射（或吸入）^{99m}Tc 和口服 ^{131}I 放射性药物后，所产生的排泄物（包括呕吐物）以及清洗废水，内含有放射性核素，具有放射性。

⑷**放射性固体废物**

本项目核医学工作场所产生的放射性固废可分为三类，第一类为剩余放射性药物、废旧 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器；第二类为被污染的注射器、针头、手套、病人使用的一次性杯子等；第三类为废气收集系统过滤装置产生的废活性炭。

2、**事故工况**

⑴在 ^{99m}Tc、^{131}I 转移、分装和注射（口服）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。

⑵由于管理不善，发生 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器、放射性药物失窃，造成人员受照事故。

⑶患者服药后未经允许离开核医学科，可能对接近患者的人员造成过量照射。

⑷由于管理不善，使放射性废水、放射性固废未经足够时间的衰变排放，对环境和人体造成一定的危害。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施与防护措施

10.1.1 安全措施

1、工作场所布局

根据院方提供的设计资料，核医学工作场所主要包括甲功测定室、放射性废物暂存间（内设 2 座衰变槽，分别贮存含 ^{99m}Tc 放射性废物和含 ^{131}I 放射性废物）、注射前候诊室、标记分装室（注射窗口）、病人注射区、服碘室、肺通气室、注射后候诊室、SPECT/CT 机房及其控制室、设备间、留观/等候室、卫生间、废物暂存间（衰变至解控水平后的废物暂存间）、一般医疗废物暂存间（解控废物分类后的一般医疗废物暂存间）、专用卫生间、保洁间、医护人员办公区域（登记室、问诊室、准备室、值班室、医生办公室、主任办公室、男生更衣室、卫生间、仓库、阅片室）等，在核医学工作场所的西侧设置了放射性废水衰变系统。

拟建核医学工作场所布局见图 10-1。现场踏勘时核医学工作场所拟建位置情况见图 10-2。

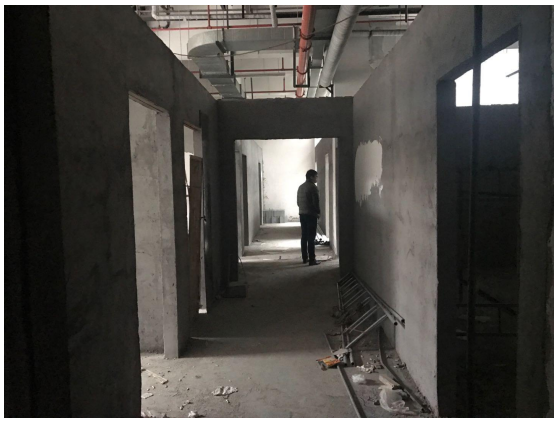


图 10-2 核医学工作场所拟建位置现场图片（右图为放射性废水衰变池拟建位置）

本项目核医学工作场所按核素放射性活度由高到低梯次布置；核医学工作场所设置了 3 套独立的通风系统，互不交叉干扰，气流方向满足由低活向高活流向的原则，本项目核医学工作场所布局较合理。

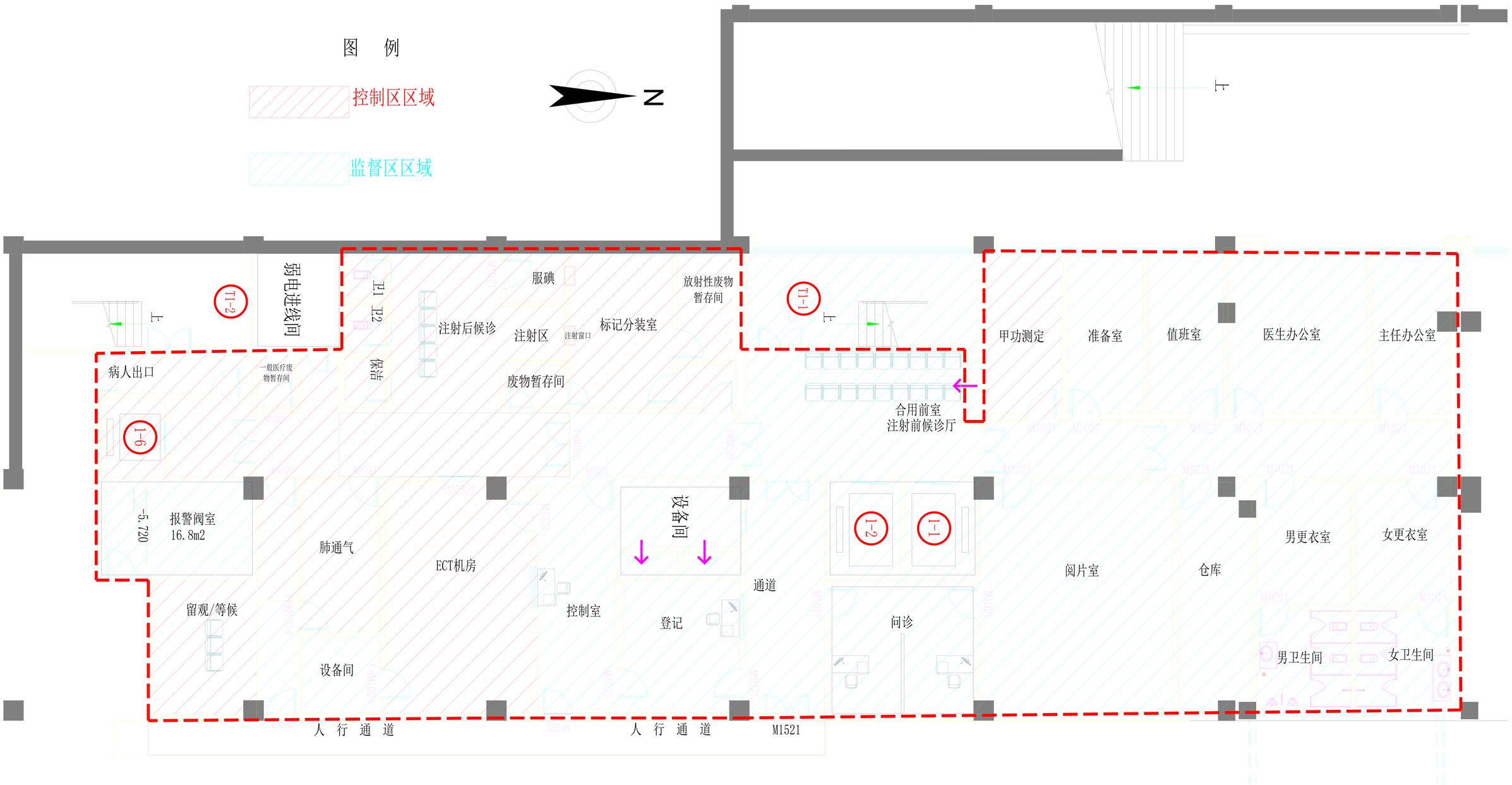


图10-1 核医学场所平面布局图、分区管理示意图

设计范围
666㎡

2、工作场所屏蔽措施

本项目核医学工作场所主要房间屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1　核医学工作场所各房间屏蔽设计参数

房间名称	长×宽（m）	面积（m^2）	层高（m）	屏蔽措施			
				四周墙体	顶棚	防护门	防护窗
涉及 ^{99m}Tc 核算的工作场所							
标记分装室	5.33×3.56	18.97	2.8	12mm 铅板	6mm 铅板	12mmPb	20mmPb（服碘窗口）/50mmPb（注射窗口）
放射性废物暂存间（内设 1 座 ^{99m}Tc 衰变槽和 1 座 ^{131}I 衰变槽）	3.695×2	7.39	2.8	南墙 12mm 铅板，其他墙体 6mm 铅板	6mm 铅板	12mmPb	/
注射后候诊室	/	/	2.8	西侧墙体 6mm 铅板	4mm 铅板	/	/
肺通气间	5.29×2.75	14.558	2.8	北墙为 12mm 铅板；其他墙体 6mm 铅板	4mm 铅板	6mmPb	/
SPECT/CT 机房	8.02×5.0	40.1	2.8	12mm 铅板	6mm 铅板	12mmPb	12mmPb (观察窗)
病人通道	/	/	2.8	6mm 铅板	4mmPb	6mmPb	/
卫生间 1	1.542×1.44	2.22	2.8	西墙为 6mm 铅板；其他墙体 170mm 混凝土	170mm 混凝土	6mmPb	/
卫生间 2	1.663×1.44	2.39	2.8	170mm 混凝土	170mm 混凝土	6mmPb	/
涉及 ^{131}I 核素的工作场所							
服碘室	1.646×2	3.292	2.8	北墙 12mm 铅板；西墙 6mm 铅板；其他墙体 170mm 混凝土	4mm 铅板	6mmPb	20mmPb
留观/等候室	8.2×5.01	28.5	2.8	6mm 铅板	4mm 铅板	6mmPb	/

放射性废物暂存间（内设1座 ^{99m}Tc 衰变槽和1座 ^{131}I 衰变槽）	3.695×2	7.39	2.8	南墙12mm铅板，其他墙体6mm铅板	6mm铅板	12mmPb	/
病人通道	/	/	/	6mm铅板	4mmPb	6mmPb	/
卫生间1	1.542×1.44	2.22	2.8	西墙为6mm铅板；其他墙体170mm混凝土	170mm混凝土	6mmPb	/
卫生间2	1.663×1.44	2.39	2.8	170mm混凝土	170mm混凝土	6mmPb	/
甲功测定室	5.55×2.61	14.49	2.8	170mm混凝土	170mm混凝土	/	/

3、工作场所分区管理

根据GB18871-2002的有关规定，该核医学工作场所划分为“控制区”和“监督区”两区管理，具体如下：

⑴**控制区**：甲功测定室、放射性废物暂存间（内设2座衰变槽，分别贮存含 ^{99m}Tc 放射性废物和含 ^{131}I 放射性废物）、废物暂存间、保洁间、肺通气室、标记分装室、病人注射区、服碘室、注射后候诊室、SPECT/CT机房、留观/等候室、卫生间、患者走廊及放射性废水处理系统等区域划为控制区，控制区防护及管理措施如下：

①非有关工作人员严禁入内，不允许服药的患者随便出入，除特别需要外不允许亲友陪护。

②在控制区进入口处设置电离辐射警告标志，并应给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

③控制区入口：配备个人防护用品、监测仪器及个人衣物贮存柜。

④控制区出口：配备表面污染仪、被污染衣物贮存柜。

⑤工作场所严格按照GB18871-2002附录B中“表B11表面放射性物质污染控制水平”的有关规定执行。

⑥及时清理放射性固废，患者痰液、呕吐物入病人专用卫生间排入衰变池。

⑵**监督区**：注射前候诊室、SPECT/CT 机房控制室、设备间、一般医疗废物暂存间（一般医疗废物及生活垃圾暂存间）等区域划为监督区，监督区防护及管理措施如下：

①其他无关公众人员严禁入内。

②在监督区入口处设立表明监督区的标牌。

本项目核医学工作场所分区管理示意图见图 10-1。

4、人流、物流通道设置

⑴**人流通道**

医护通道：医护人员进入核医学作场所包括两条路线：①核医学医护人员从医护通道→登记室→SPECT/CT 控制室→标记分装室；②核医学技师从医护通道→登记及问诊室之间的通道→核医学工作场所东侧的人行通道→经留观/等候室的医生专用通道（在留观室靠近设备间与肺通气一侧设置医生专用通道）→肺通气室。结束诊疗后原路径返回，离开核医学工作场所。

患者通道：

①注射 ^{99m}Tc 受检路径：

患者通道入口→患者通道→注射前候诊厅→注射窗口或者肺通气室→注药后候诊室→SPECT/CT 机房扫描→核医学南侧电梯（患者专用通道出口）离开。

②甲亢患者路径：

患者通道入口→患者通道→注射前候诊厅→服碘室→留观/等候室→观察 10min 无异常后直接由患者通道出口离开。

本项目核医学工作场所人流路径示意图见图 10-3。

⑵**物流通道**

物流路径分为放射性药物输送路径、放射性废物运输路径。

①放射性药物输送路径

核医学所使用的放射性药物由供源厂家负责运输，运输人员经患者通道入口进入，登记后沿医务通道，将 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器直接送至核医学科标记分装室，由核医学科专人负责接收，并做好台账，暂存于标记分装室的通风橱内；核素 ^{131}I 直接送至服碘室，由核医学科专人接收、签字，并做好台账，医务人员放置到碘自动分装仪内。

②放射性废物运输路径

本项目核医学工作场所拟共设 2 个衰变槽及 6 个放射性废物衰变桶，辐射工作人员定期将各衰变桶（暂存）放射性废物倒入放射性废物暂存间的衰变槽内衰变，放射性废物暂存间内设置两个衰变槽，分别贮存含 ^{99m}Tc 废物（屏蔽效果 20mmPb 当量）及含 ^{131}I 废物（屏蔽效果 40mmPb 当量），衰变后经审管部门确认或批准，作为免管废物登记后运出，运送至废物暂存间，由保洁人员分类后，作为一般医疗垃圾暂存于一般医疗废物暂存间，后由保洁人员定期经病人出口运出。

放射性药物及放射性废物运输选择在人员活动较少的清晨时段，避免对无关人员造成污染。本项目核医学工作场所放射性药物和放射性废物输送路径示意图见图 10-3。

⑶**气流通道**

整个核医学工作场所设置3套独立废气收集系统（设置单独的抽风机及通风管道），且设置滤箱过滤装置。分述如下：

第1套独立废气收集系统：甲功测定室设置专门通风管道，废气收集后经滤箱（内设活性炭过滤）过滤后由排风竖井（与第2套废气收集系统共用）排向高出所在建筑物楼顶3m处。

第2套独立废气收集系统：放射性废物暂存间（160m³/h）、标记分装室（排风量900m³/h）及SPECT/CT机房（设置单独风机，排风量740m³/h）内废气，分别在各房间设置分支通风管道，汇集至主通风管道，经滤箱（内设活性炭过滤）过滤后由排风竖井排向高出所在建筑物楼顶3m处，排风量为2600m³/h。

第3套独立废气收集系统：病人注射区（760m³/h）、服碘室（80m³/h）、废物暂存间（80m³/h）、注射后候诊室（风量760m³/h）、卫生间1（80m³/h）、卫生间2（80m³/h）、洁具室（80m³/h）、一般废物暂存间（120m³/h）及肺通气室（600m³/h）设置单独排风系统，废气分别在各房间设置分支通风管道，汇集至主通风管道，经滤箱（内设活性炭过滤）过滤后由排风竖井排向高出所在建筑物楼顶3m处，排风量为3000m³/h。

核医学工作场所3套通风系统分别设置滤箱（活性炭过滤）及中效过滤器过滤装置，排风出口均设在所处门诊楼（为五层建筑）的屋脊上方3m处，整个核医学工作场所通风系统不与其他公共通风道混用，通风装置与过滤装置联动控制，根据设计参数，风机运行后管道风速不低于1.0m/s，可满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）

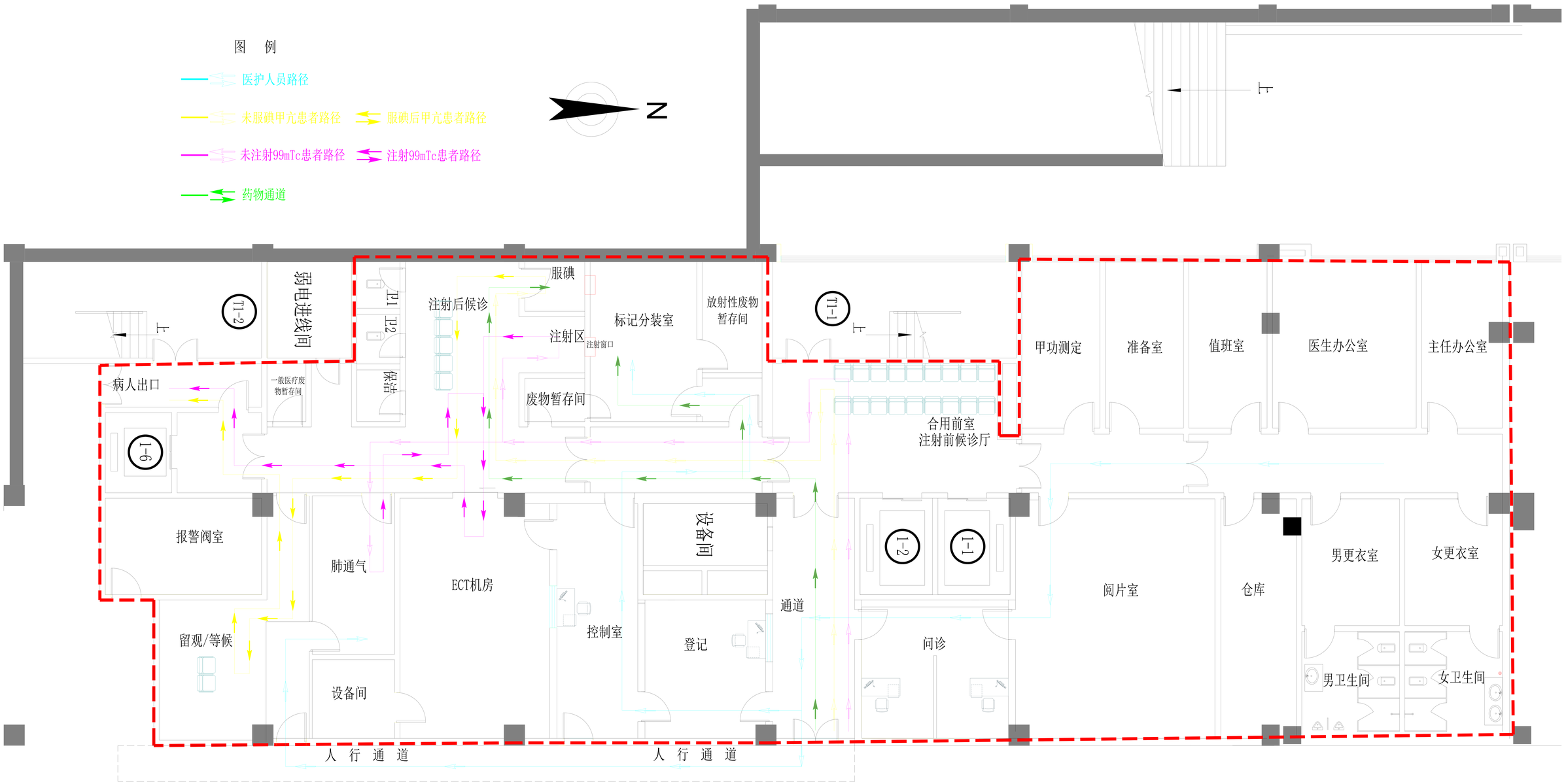


图10-3 核医学场所人流物流路径示意图

设计范围
666㎡

放射性废气控制要求。活性炭经衰变至解控水平后由有资质单位进行处置。

上述 3 套独立的通风系统，互不交叉干扰，气流方向满足由低活向高活流向的原则。核医学场所通风走向图见图 10-4。

5、工作场所分级与分类

⑴工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的分级依据及计算公式，本项目核医学工作场所日等效最大操作量见表 10-2。

表 10-2　核医学工作场所日等效最大操作量计算结果

核素名称	日最大操作量	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
^{99}Mo	2.96×10^{10}	0.1	100	2.96×10^{7}
^{99m}Tc	3.7×10^{10}	0.01	10	3.7×10^{7}
^{131}I	7.4×10^{9}	0.1	1	7.4×10^{8}
合计				8.066×10^{8}

由上表可知，核医学工作场所日等效最大操作量为 8.066×10^{8}Bq，属乙级乙级非密封放射性物质工作场所。

⑵工作场所分类

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的分类依据及计算公式，本项目核医学工作场所核素的加权活度计算结果见表 10-3。

表 10-3　核医学工作场所核素的加权活度计算结果

核素名称	最大日操作量	毒性组别修正因子	操作性质修正因子	操作最大量放射性核素的加权活度/MBq
^{99m}Tc	3.7×10^{10}	1	1	3.7×10^{10}
^{131}I	7.4×10^{9}	100	1	7.4×10^{11}
合计				7.77×10^{11}
临床核医学工作场所分类依据				I 类（＞50000MBq）

由上表可知，核医学工作场所核医学工作场所核素的加权活度为 7.77×10^{11}Bq，属 I 类核医学工作场所，拟采取的防护措施如下：

①该场所地板与墙壁接缝进行无缝隙处理；地板铺设瓷砖，瓷砖上层铺设可更换的质地较软且容易去污的铺料；墙壁敷设 1.5m 高易去污的保护涂层。

②工作台设置表面易清洗的不锈钢台面。

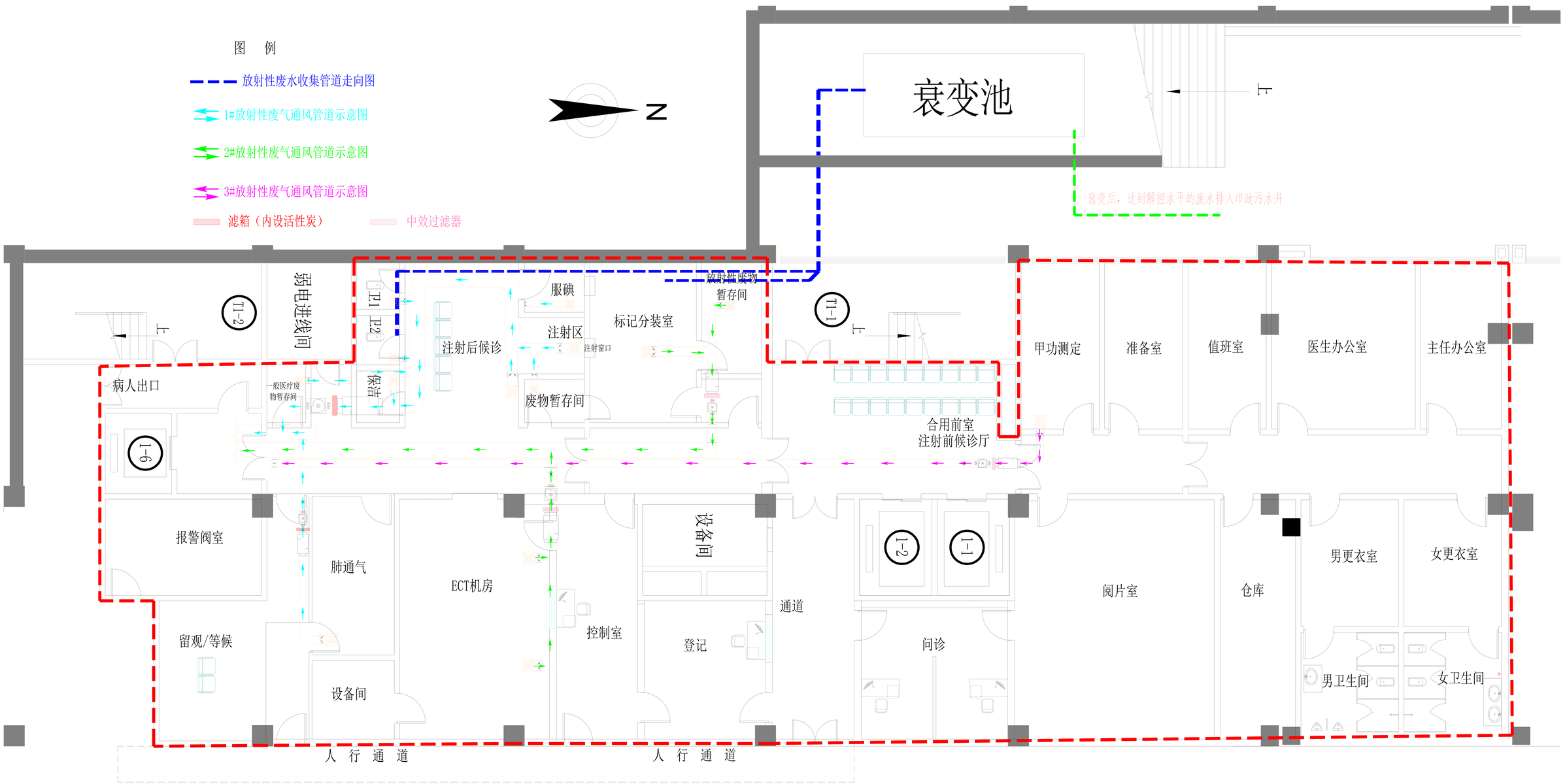


图10-4 核医学场所通风走向及放射性废水收集管道走向示意图

设计范围
666㎡

③标记分装室拟配置 1 个通风橱，拟配置 1 台碘自动分装仪。

④设置 3 套独立废气收集系统。

⑤放射性废水经专用特殊管道收集，送放射性废水处理系统处理。

⑥配置清洗及去污设备。

本项目采取的防护措施与表 7-9 对照，可满足Ⅰ类工作场所基本放射防护要求。

10.1.2 防护措施

核医学工作场所除屏蔽设计的安全防范措施外，医院拟通过以下几个方面进一步完善和加强防护措施。

1、**防护器材配备**

⑴本项目核医学工作场所拟配工作人员 7 人（医生 3 人、技师 2 人、护士 2 人，不分组），拟新配备 7 套个人防护用品，每套防护用品包括铅衣（0.5mmPb 当量）、铅帽（0.5mmPb 当量）、铅围脖（0.5mmPb 当量）、铅眼镜（0.5mmPb 当量）等。

⑵标记分装室内拟配通风橱 1 个（不锈钢外壳，正面铅玻璃+铅钢复合板作为防护，侧面和后面铅钢复合板作为防护，防护能力为 10mmPb）；^{131}I 分装室设置 1 台碘自动分装仪，内设 40mmPb 铅罐存放 ^{131}I 原液。

⑶本项目核医学工作场所拟共设 2 个衰变槽及 6 个放射性废物衰变桶。其中 2 座衰变槽均位于放射性废物暂存间内，1 座放置含 ^{99m}Tc 放射性废物（槽体及槽顶屏蔽厚度 20mmPb），1 座放置含 ^{131}I 放射性废物（槽体及槽顶屏蔽厚度 40mmPb），尺寸均为 1.05m×0.75m×0.63m，容积约为 0.5m^3，衰变槽顶为推拉设计，方便放取放射性废物。6 个放射性废物衰变桶中，其中 3 个尺寸均为直径 0.45m，高 0.8m，有效容积约为 120L，1 个（屏蔽厚度 20mmPb）用于存放含 ^{99m}Tc 放射性废物（放置于注射窗口），1 个（屏蔽厚度 40mmPb）用于存放含 ^{131}I 放射性废物（放置于服碘室），1 个（屏蔽厚度 40mmPb）作为备用（放置于注射窗口）；其中 2 个用于存放针头等放射性废物（尺寸均为：直径 0.4m，高 0.3m，有效容积约 37L，屏蔽厚度 20mmPb），分别于注射窗口、SPECT/CT 室；1 个较小的放射性废物衰变桶放置于病人注射区，屏蔽厚度 20mmPb，用于收集病人棉棒等放射性废物。废气收集系统过滤装置定期更换产生的废活性炭，放置于衰变槽内衰变十个半衰期以上后，经检测达到解控水平后委托有资质单位进行处置。放射性固废衰变容器的配备情况见表 10-4。

表 10-4 放射性固废衰变容器配备情况一览表

序号	类别	数量（个）	单个容器规格	放置位置
1	放射性废物衰变桶	3	直径 0.45m，高 0.8m，容积 120L；20mmPb 衰变桶 1 个，40mmPb 衰变桶 2 个	2 个（1 个屏蔽厚度 20mmPb、1 个屏蔽厚度 40mmPb）放置于注射窗口，1 个（屏蔽厚度 40mmPb）放置于服碘室
		2	直径 0.4m，高 0.3m，容积约 37L，屏蔽厚度 20mmPb	注射窗口、SPECT/CT 室各 1 个
		1	小规格，屏蔽厚度 20mmPb	病人注射区
2	放射性废物衰变槽	2	1.05m×0.75m×0.63m，容积约为 0.5m^3，屏蔽厚度 20mmPb 及 40mmPb 各 1 个	均放置于放射性废物暂存间内，1 座放置含 ^{99m}Tc 放射性废物（20mmPb），1 座放置含 ^{131}I 放射性废物（40mmPb）

（4）拟配置表面污染检测仪 1 台、辐射监测仪 1 台、活度计 1 台，个人剂量测量报警仪 2 台，个人剂量计 7 支（人手一支）。

（5）配置专用清洁设施和工具 1 套。

（6）配置一定数量的移动性铅屏风（20mmPb），放置于注射后候诊室等位置，防止注药患者间交叉影响。

以上放射防护器材设置情况能够满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求。

2、运输和贮存措施

核医学所使用的放射性核素均由供源厂家负责运输，在运输过程中 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器及放射性药物 ^{131}I 均放置于供货方提供的专门屏蔽容器铅罐内（屏蔽厚度为 20mmPb）。^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器（自带 40mm 铅屏蔽体）送至标记分装室的通风橱内临时暂存，核素 ^{131}I 直接送至核医学科服碘室，由核医学科专人接收、签字，并做好台账，在服碘室的碘自动分装仪内贮存。根据院方提供资料，标记分装室内拟配置通风橱的屏蔽效果为 10mmPb，且拟设置双人双锁及监控等安全设施，防护门还设置特殊门禁装置，只有专业工作人员才可将其打开，通过上述安全防护措施，可保障 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器临时贮存

的安全性；自动分装仪自带屏蔽效果 40mmPb，服碘室拟设置双人双锁及监控等安全设施，可保障 ^{131}I 核素临时贮存的安全性。

核医学工作场所的服碘室、标记分装室均拟设置双人双锁、监控等防盗措施，并在明显位置设置辐射警告标志；在贮存期间上述贮存场所禁止无关人员进入，对放射性核素登记建档，定期巡检，能够满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中的运输和贮存的要求。

3、其他防护设施

根据院方资料，核医学工作场所的 SPECT/CT 机房内设有急停按钮和监控对讲设备，机房防护门处设有工作状态指示灯、门灯联动装置和电离辐射警告标志，机房内设置机械排风，能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）要求。

10.2 三废的治理

1、放射性废气

整个核医学工作场所设置3套独立废气收集系统（设置单独的抽风机及通风管道），且设置滤箱（活性炭）及中效过滤器过滤装置，排风出口均设在所处门诊楼（为五层建筑）的屋脊上方3m处，整个核医学工作场所通风系统不与其他公共通风道混用，通风装置与过滤装置联动控制，根据设计参数，风机运行后管道风速不低于1.0m/s，可满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）放射性废气控制要求。

2、放射性废水

项目拟在核医学工作场所的卫生间及标记分装室设置放射性废水收集管道，拟在核医学工作场所所在楼体的西侧地下建设1座放射性废水处理系统，处理含^{99m}Tc放射性废水和含^{131}I放射性废水。该区域周围规划为医院楼梯下方空地，仅少数院区医护人员经此进入地下车库等区域，人流量较小，废水处理系统建成后将在地面设置围墙，并在明显位置设置辐射警告标志，以避免公众人员近距离接触，放射性废水处理系统选址基本满足要求。

本项目放射性废水处理系统总占地面积95m^2，深2.15m。由1个缓冲池加3个衰变池

组成，各衰变池尺寸相同，均约为38m^3（4.5m×4m×2.15m）。放射性废水处理系统的四周池壁及池顶均采用200mm厚的现浇混凝土，外壁涂抹约50mm$BaSO_4$抹灰，内壁内部涂抹水泥基水泥防水材料，池底采用400mm厚的混凝土，内部涂抹防水材料。衰变池抗渗等级P6。

本项目放射性废水经专用管道进入放射性废水处理系统，共设置1座缓冲池及3个容积（每个衰变池容积38m^3）相同的衰变池，系统内各衰变池为串联式运行。各衰变池设置搅拌设备，废水中污泥经打碎后与废水一同衰变，不再单独处理。各衰变池均设有水位控制器，自动化运行，放射性废水首先缓冲池后进入1级衰变池，水满后1级衰变池的水泵入2级衰变池，1级衰变池继续进水，水满后，2级衰变池的水泵入3级衰变池，1级衰变池的水泵入2级衰变池，废水经三级衰变后排放。最终，放射性废水经衰变低于GB18871-2002中规定的放射性废水排放导出限值后，排入医院污水处理站进一步处理后外排市政管网。放射性衰变池排水口处预留取样口，以便于对衰变后废水进行取样检测。

放射性废水收集系统示意图见图10-4，放射性废水处理系统平面布置、剖面见图10-5。

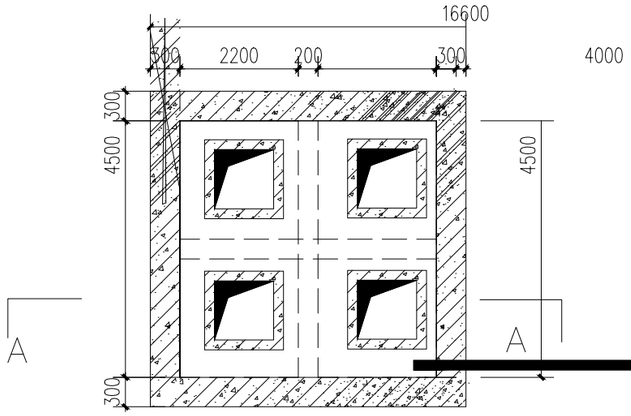
3、**放射性固废**

本项目核医学工作场所涉及的^{99m}Tc、^{131}I核素分类进行收集。

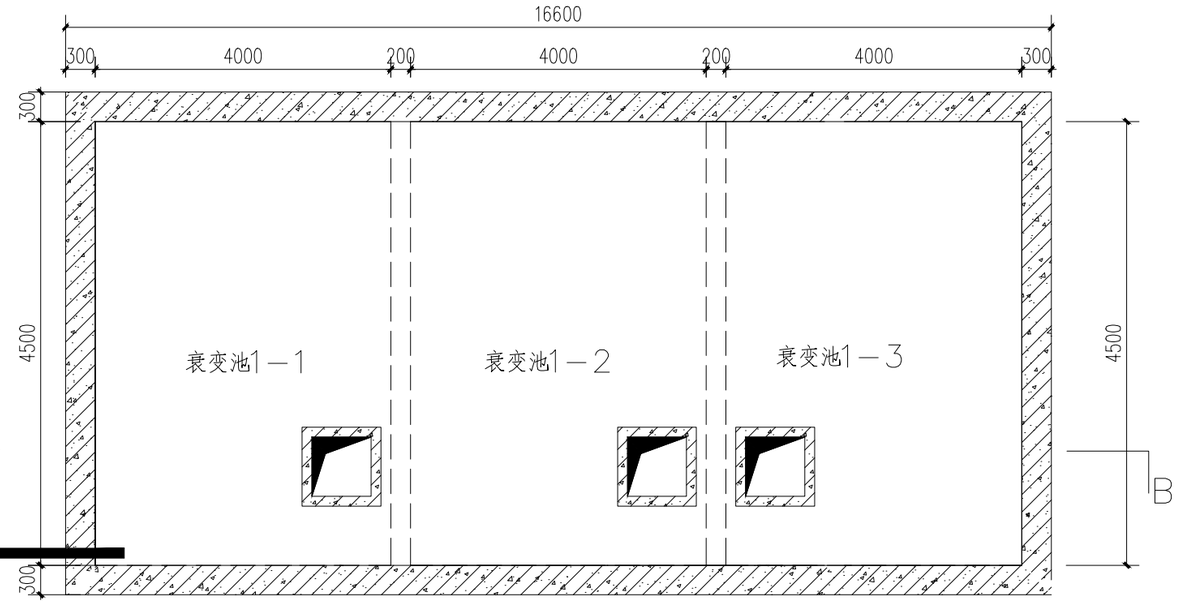
本项目核医学工作场所拟共设2个衰变槽及6个放射性废物衰变桶用于收集放射性固体废物。

辐射工作人员定期将各衰变桶放射性废物倒入放射性废物间的衰变槽内衰变，放射性废物经设定周期存放后达到解控水平，经审管部门确认或批准后作为免管废物（医疗垃圾）进行处理。

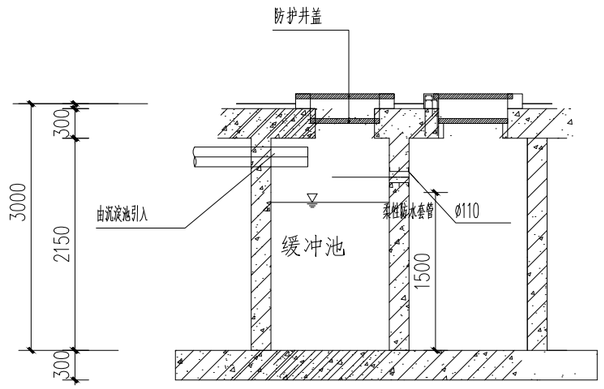
Autodesk



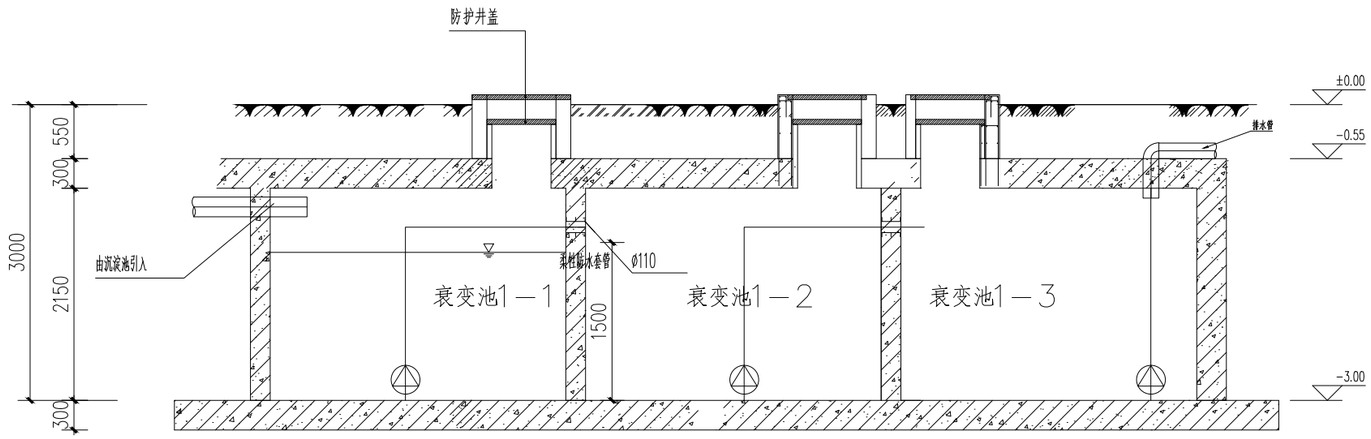
缓冲池平面 布置图 （标高－5.1）



衰变池平面 布置图 （标高－5.1）



A－A 剖面图



B－B 剖面图

10－5 缓冲池衰变池平面剖面图

Autodesk
Autodesk
Autodesk

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

1、大气环境影响分析

本项目在建设施工期需要打桩、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时将排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、车辆在运输材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。本项目施工主要在地下一层内，施工扬尘产生量小，经采取以上措施后，对周边大气环境影响较小。

2、声环境影响分析

本项目施工阶段，如混凝土搅拌机、载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。本项目施工期较短，且施工主要在地下一层内，噪声经厂房隔声和距离衰减后，对周边环境影响较小。

3、固体废物

本项目固体废物主要为施工人员生活垃圾和建筑垃圾。生活垃圾统一放至医院内生活垃圾存放点，由环卫部门定期清运。建筑垃圾分类处理，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到环卫部门指定的建筑垃圾堆埋场。经采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。

4、水环境影响分析

本项目施工期较短且施工量小，施工期废水主要为少量施工泥浆废水和施工人员的生活污水。施工泥浆废水汇集入沉淀池充分沉淀后，上清水重复利用，淤泥集中堆放后统一清运；施工人员生活污水依托医院现有洗手间，经生活污水处理设施处理后进市政污水管网。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射水平预测

1、预测公式

本次评价预测公式参考《辐射防护技术与管理》第一卷、《辐射源室屏蔽设计与评价》及《放射卫生学》，见公式11-1～11-4。

⑴无辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式：

$$H_0=f\times A\Gamma/R^2 \quad \text{……（式 11-1）}$$

式中：

H_0	无辐射屏蔽时，在距源 Rm 处的空气比释动能率，10^{-2}Gy/h
A	放射源的预期最大放射性活度，Ci
Γ	空气比释动能率常数，Gy·m²/（Bq·s） 经查《辐射防护手册》第三分册：^{99m}TC 为 0.062 R·m²/h·Ci 、 ^{131}I 为 0.218R·m²/h·Ci
R	距放射源的距离，m
f	转换系数 0.873，10^{-2}Gy/R

⑵有辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式：

$$H=H_0\times K^{-1} \quad \text{……（式 11-2）}$$

式中：

H_0	无辐射屏蔽时，在距源 Rm 处的空气比释动能率，10^{-2}Gy/h
H	屏蔽减弱系数为 K^{-1} 时，在距源 Rm 处的空气比释动能率，10^{-2}Gy/h
K	屏蔽减弱系数，无量纲

⑶屏蔽减弱系数计算公式：

$$K^{-1}=2^{-dp/HVT} \quad \text{……（式 11-3）}$$

式中：

HVT	半值层（mm），经查： ^{99m}Tc 对铅的半值层约为 0.7mm，对混凝土约为 3.7cm；^{131}I 对铅的半值层约为 3.68mm，对混凝土约为 5.5cm。
dp	屏蔽层厚度，mm
K^{-1}	屏蔽减弱系数，无量纲

⑷放射源活度随时间的衰变计算公式：

$$A=A_0\times 2^{-t/T} \quad \text{……（式 11-4）}$$

式中：

A_0	放射源初始活度，Bq
A	放射源衰变后活度，Bq
T	半衰期，d
t	衰变天数，d

2、预测参数

偏安全考虑，本次评价按单例患者最大注射或口服量进行预测，具体如下：

①核素^{99m}Tc：单例患者最大注射量为9.25×10^{8}Bq（25mCi），每日治疗人数为40人，则每日最大使用量为3.7×10^{10}Bq（1000mCi）。

②核素^{131}I：甲亢患者单例最大服用量为3.7×10^{8}Bq（10mCi），每日治疗人数为20人，则每日最大使用量7.4×10^{9}Bq（200mCi）。

1、^{99m}Tc、^{131}I 裸源（无屏蔽状态）辐射剂量率预测

根据上述公式计算，无屏蔽状态下不同距离处^{99m}Tc、^{131}I裸源辐射剂量率预测结果见表11-1。

表 11-1　不同距离 ^{99m}Tc、^{131}I 裸源辐射剂量率预测结果（单位：μGy/h）

距裸源距离 核素（活度）	1m	3m	5m	10m
^{99m}Tc（25mCi）	13.53	1.50	0.54	0.14
^{131}I 治疗甲亢（10mCi）	19.03	2.11	0.76	0.19

2、^{99}Mo-^{99m}Tc发生器淋洗制备辐射剂量率预测

医院选用的^{99}Mo-^{99m}Tc发生器柱最大活度800mCi，日最大使用量为3.7×10^{10}Bq（1000mCi）。

根据上述公式计算，不同距离处^{99}Mo-^{99m}Tc裸源辐射剂量率预测结果见表11-2。

表 11-2　不同距离 ^{99}Mo-^{99m}Tc 裸源γ空气吸收剂量率（单位：μGy/h）

距裸源距离 活度	1m	3m	5m	10m
1000mCi	541.26	60.14	21.65	5.41

^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器在标记分装室的通风橱内进行制备，由于发生器色谱柱外面有40mm 的铅（见图 9-5），再加上 10mmPb 当量通风橱的防护，经上述屏蔽措施防护后通风橱（距发生器约 1m）外辐射剂量率为 8.53×10^{-24}μGy/h，因此 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器在储存与淋洗过程在通风橱外部的辐射剂量率可忽略不计。

3、**^{99m}Tc操作过程辐射剂量率预测**

本项目职业人员进行分装、取药、注射操作时身体和手部距药物距离均不足 1m，本次评价采用类比的方法进行估算。

⑴分装过程中辐射工作人员身体躯干受照剂量率估算

类比数据采用文献《核医学工作场所辐射水平调查》（李桂云、马光勋等，中华放射医学与防护杂志，1999 年 10 月第 19 卷第 5 期）中对北京市 38 家医院的核医学科进行的现场监测数据，根据文献资料，核医学科工作人员在开源、淋洗、分装、取源时（使用核素 ^{99m}Tc 和 ^{131}I，活度 1.48×10^{7}Bq~2.96×10^{10}Bq），其手部的剂量率为 1.2~5000μGy/h，胸部的剂量率为 0.6～75μGy/h，考虑到核医学科常规核素的操作方法、操作流程及人员防护情况基本相同，且本项目 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器柱最大活度 2.96×10^{10}Bq（800mCi）、取药注射最大使用量 9.25×10^{8}Bq（25mCi）均在类比检测使用核素的活度范围之内，因此文献中的检测结果具有一定可比性。由于文献中未给出不同核素种类用量下对应的单次检测结果，本次保守取最 **5000μGy/h 和 75μGy/h** 分别作为 ^{99m}Tc 分装过程中职业人员手部和身体的受照剂量率。

（2）^{99m}Tc 取药、注射过程辐射剂量率估算

与分装过程相同，取药、注射过程身体和手部的剂量率采用类比的方法进行估算。根据文献《核医学工作场所辐射水平调查》（李桂云、马光勋等，中华放射医学与防护杂志，1999年10月第19卷第5期），核医学科工作人员在开源、淋洗、分装、取源时（使用核素^{99m}Tc和^{131}I，活度1.48×10^{7}Bq~2.96×10^{10}Bq），其手部的剂量率为1.2~5000μGy/h，胸部的剂量率为0.6～75μGy/h。对于注射过程，根据文献《核医学工作场所辐射水平调查》，操作人员在注射时（使用^{99m}Tc，活度为7.4×10^{9}Bq，即200mCi），其胸部剂量率为0.5~45μGy/h。本项目^{99m}Tc单例患者最大注射量为9.25×10^{8}Bq（25mCi），通过类比，本次评价保守取**200μGy/h**作为核素^{99m}Tc取药、注射过程中辐射工作人员手部的受照剂量率，取**75μGy/h、45μGy/h**分别作为核素^{99m}Tc取药、注射过程中辐射工作人员身体的受照剂量率。

表 11-3　^{99m}Tc 使用过程药物周围γ空气吸收剂量率

关注点	考察部位	剂量率（μGy/h）
分装	手部	5000
	身体	75

取药	手部	200
	身体	75
注射	手部	200
	身体	45

4、^{131}I分装和服药过程辐射剂量率预测

根据委托方提供的资料，核医学工作场所拟购置碘自动分装仪，放置于标记分装室内，辐射工作人员将存有^{131}I原液的铅罐放置于碘自动分装仪内，辐射工作人员利用远程计算机设定样品的分配活度、体积及计划使用时间等，系统将自动完成放射性原液的稀释、定量分配、在线活度测量和样品体积比的工作。辐射工作人员远程操作碘自动分装仪将药物分装到预先设置的一次性杯子内，患者直接拿取分装后的药物，远程监督下服药，全过程进行严格监控。

在^{131}I药物分装和患者服药过程中，辐射工作人员均远程操作或监督，不近距离接触药物及患者。辐射工作人员仅在将存有^{131}I原液的铅罐转移至碘自动分装仪内及打开铅罐的过程与药物近距离接触。因此本评价不考虑辐射工作人员在^{131}I药物分装和患者服药过程的受照影响，仅考虑转移和打开铅罐过程中的辐射工作人员受照影响。

本项目职业人员转移铅罐及打开铅罐过程中手部、身体据药物距离较近，本次评价采用类比的方法进行估算，类比数据采用文献《核医学工作场所辐射水平调查》（李桂云、马光勋等，中华放射医学与防护杂志，1999年10月第19卷第5期）中对北京市38家医院的核医学科进行的现场监测数据，根据文献资料，核医学科工作人员在开源、淋洗、分装、取源时（使用核素^{99m}Tc和^{131}I，活度1.48×10^{7}Bq~2.96×10^{10}Bq），其手部的剂量率为1.2~5000μGy/h，胸部的剂量率为0.6～75μGy/h。本项目每次分装的^{131}I最大量为7.4×10^{9}Bq（200mCi，即单日最大用量），在类比检测使用核素的的活度范围之内，因此文献中的检测结果具有一定可比性。需要说明的是，文献中所列数据是对北京市38家医院的核医学进行实际现场检测的结果，也涵盖了有屏蔽（转移铅罐）和无屏蔽（打开铅罐取源）等多种情况，为保守考虑，本次取检测数据中的最大值5000μGy/h和75μGy/h分别作为转移和打开铅罐过程中职业人员手部、身体的受照剂量率。需要指出的是，本次计算过程未考虑铅罐的屏蔽作用，因此计算结果较为保守。

5、患者注（服）药后辐射剂量率预测

⑴注射^{99m}Tc患者

患者注射^{99m}Tc后，扫描完毕后在核医学工作场所留观室无异常后直接出院。

在患者注射^{99m}Tc后，考虑核素半衰期情况，对距离注药患者1m处不同时间段的剂量率进行预测。根据上述公式计算，在不考虑患者身体自身组织屏蔽衰减，且在无任何屏蔽情况下，距注射^{99m}Tc患者1m处的辐射剂量率预测结果见表11-4。

表 11-4　距离注（服）药患者 1m 处辐射剂量率预测结果（单位：μGy/h）

时间 核素	注射后当天	注射后 1 天	注射后 2 天	注射后 3 天
^{99m}Tc（25mCi）	13.53	0.85	0.05	0.0034

⑵甲亢患者

由于本项目甲亢患者服药量低于 10.8mCi（400MBq），患者服药后，观察无异常后直接出院。

对于服用^{131}I的甲亢患者，根据卫生部医政司主编的《核医学诊断与治疗规范》，^{131}I在人体内的有效半衰期约3.5~4.5d，本次评价取4.5d。

根据上述计算，距服用^{131}I患者1m处的辐射剂量率预测结果见表11-5。

表 11-5　距服用 ^{131}I 的甲亢患者 1m 处的辐射剂量率预测结果（单位：μGy/h）

时间 核素	注射后当天	注射后 4.5 天 ($1T_{1/2}$)	注射后 9 天 ($2T_{1/2}$)	注射后 13.5 天 ($3T_{1/2}$)	注射后 18 天 ($4T_{1/2}$)	注射后 22.5 天 ($5T_{1/2}$)	注射后 27 天 ($6T_{1/2}$)	注射后 31.5 天 ($7T_{1/2}$)	注射后 36 天 ($8T_{1/2}$)	注射后 40.5 天 ($9T_{1/2}$)	注射后 45 天 ($10T_{1/2}$)
^{131}I（10mCi）	19.03	9.52	4.76	2.38	1.19	0.60	0.30	0.15	0.074	0.037	0.019

5、依托SPECT/CT扫描前摆位过程辐射剂量率预测

注射^{99m}Tc患者需依托SPECT/CT进行扫描，在扫描前需辐射工作人员在机房内进行摆位指导，距离患者大约1m，不考虑患者身体自身组织屏蔽衰减，且在无任何屏蔽情况下，辐射工作人员手部、身体受照剂量率预测结果见表11-6。

表 11-6　摆位过程受照剂量率预测结果（单位：μGy/h）

项目 不同核素	屏蔽措施	受照剂量率
指导注射 ^{99m}Tc 患者（身体、手部）	注射后约 2h，距离 1m，无任何屏蔽	10.76

6、工作场所主要房间屏蔽水平预测

本次评价按照核医学工作场所设计参数对各主要房间进行评价，核医学各房间墙体结构采用铅板、混凝土等防护材料，各房间设置不同厚度的铅防护门、观察窗。

⑴**涉及使用核素^{99m}Tc主要房间屏蔽水平预测**

核医学工作场所涉及使用核素^{99m}Tc的房间有标记分装室、注药后候诊室、病人注射区、放射性废物间（内设1座^{99m}Tc衰变槽）、肺通气间、SPECT/CT机房等。

注药后患者候诊室按同时容纳10名注药患者考虑（注药后候诊室内设置20mmPb铅屏风，防止注药患者相互交叉），源强总活度按3.7×10^{10}Bq（250mCi）计；注射室、SPECT/CT机房、肺通气间每次容留1名患者，源强活度按9.25×10^{8}Bq（25mCi）计。

核素^{99m}Tc的制取与分装在标记分装室的通风橱内开展，通风橱的屏蔽厚度为10mmPb当量，标记分装室墙体屏蔽厚度12mmPb当量，经计算通风橱外表面的辐射剂量率约7.49×10^{-7}μGy/h，则标记分装室外辐射剂量率可忽略不计。其他房间外辐射剂量率预测结果见表11-7（服碘室及注射后候诊室西侧墙体外为地下土层，本次评价不在此处设置考察点）。

表 11-7　涉及使用核素 ^{99m}Tc 主要房间屏蔽水平预测结果

房间名称	考察点	屏蔽厚度	考察点到源最小距离	考察点辐射剂量率μSv/h	标准值μSv/h	是否合格
病人注射区域（25mCi）	北墙外 30cm 处	12mmPb 当量	1m	9.35×10^{-5}	10	是
	东西墙外 30cm 处	170mm 混凝土	1m	0.56	10	是
	注射窗外 30cm 处	50mmPb 当量	1m	4.26×10^{-21}	10	是
	室顶外 30cm 处	4mm 铅板	3.8m	0.02	2.5	是
SPECT/CT 机房（25mCi）	墙体外 30cm 处（西、南）	12mmPb 当量	2.0m	2.34×10^{-5}	10	是
	墙体外 30cm 处（东、北）	12mmPb 当量	2.0m	2.34×10^{-5}	2.5	是
	防护门外 30cm 处	12mmPb 当量	2.5m	1.50×10^{-5}	2.5	是
	观察窗外 30cm 处	12mmPb 当量	2.0m	2.34×10^{-5}	2.5	是
	室顶外 30cm 处	6mmPb 当量	2.5m	0.003	2.5	是

注药后患者候诊室（250mCi）	室顶外 30cm 处	4mm 铅板	3.8m	0.18	2.5	是
	北墙外 30cm 处（服碘室）	170mm 混凝土	3.5m	0.71	10	是
	南墙外 30cm 处（卫生间）	170mm 混凝土	1.8m	1.73	10	是
	东墙外 30cm 处（ECT 机房）	12mm 铅板	3.8m	6.45×10^{-5}	10	是
肺通气室（25mCi）	四周墙体外 30cm 处（北墙）	12mm 铅板	1.0m	9.35×10^{-5}	10	是
	四周墙体外 30cm 处（西、南墙）	6mm 铅板	1.0m	0.036	10	是
	四周墙体外 30cm 处（东墙）	6mm 铅板	1.0m	0.036	2.5	是
	防护门外 30cm 处	6mm 铅板	1.5m	0.016	10	是
	室顶外 30cm 处	4mm 铅板	3.8m	0.02	2.5	是
卫生间 1（25mCi）	墙体外 30cm 处（北、东）	170mm 混凝土	0.8m	0.87	10	是
	墙体外 30cm 处（南墙）	170mm 混凝土	1m	0.56	2.5	是
	防护门外 30cm 处	6mm 铅板	0.8m	0.06	10	是
	室顶外 30cm 处	170mm 混凝土	3.8m	0.05	2.5	是
卫生间 2（25mCi）	墙体外 30cm 处（北、东、西）	170mm 混凝土	0.8m	0.87	10	是
	墙体外 30cm 处（南墙）	170mm 混凝土	1m	0.56	2.5	是
	防护门外 30cm 处	6mm 铅板	0.8m	0.06	10	是
	室顶外 30cm 处	170mm 混凝土	3.8m	0.04	2.5	是

由上表可知，在操作核素^{99m}Tc过程中房间区域外监督区辐射剂量率最大为0.56μSv/h，能够满足本评价采用的2.5μSv/h作为核医学工作场所墙体、防护门及室顶外30cm处屏蔽剂量率目标控制值；控制区辐射剂量率最大为1.73μSv/h，能够满足本评价核医学工作场所控制区内采用的10μGy/h剂量率目标控制值。

⑵涉及使用核素^{131}I主要房间屏蔽水平预测

核医学工作场所涉及使用核素^{131}I的房间有服碘室、留观/等候室、卫生间等。

根据医院核医学设计，每次最多服碘人数为1人，则本项目以总活度3.7×10^{8}Bq（10mCi）为源强计算其防护性能。

各房间外辐射剂量率预测结果见表11-8。

表 11-8　涉及使用核素 ^{131}I 主要房间屏蔽水平预测结果

房间名称	考察点	屏蔽厚度	考察点到源最小距离	考察点辐射剂量率 μSv/h	标准值 μSv/h	是否合格
服碘室（10mCi）	北墙外 30cm 处	12mm 铅板	1m	1.99	10	是
	观察窗外 30cm 处	20mmPb	1m	0.44	10	是
	东、南墙体外 30cm 处	170mm 混凝土	1m	2.23	10	是
	防护门外 30cm 处	6mmPb	1m	6.15	10	是
	室顶外 30cm 处	6mm 铅板	3.8m	0.43	2.5	是
留观/等候室（10mCi）	四周墙体外 30cm 处	6mm 铅板	1.6m	2.40	2.5	是
	防护门外 30cm 处	6mm 铅板	3m	0.68	10	是
	室顶外 30cm 处	4mm 铅板	3.8m	0.62	2.5	是
卫生间 1（10mCi）	墙体外 30cm 处（北、东）	170mm 混凝土	0.8m	3.49	10	是
	墙体外 30cm 处（南墙）	170mm 混凝土	1m	2.23	2.5	是
	防护门外 30cm 处	6mm 铅板	0.8m	9.60	10	是
	室顶外 30cm 处	170mm 混凝土	3.8m	0.15	2.5	是
卫生间 2（10mCi）	墙体外 30cm 处（北、东、西）	170mm 混凝土	0.8m	3.49	10	是
	墙体外 30cm 处（南墙）	170mm 混凝土	1m	2.23	2.5	是
	防护门外 30cm 处	6mm 铅板	0.6m	9.60	10	是
	室顶外 30cm 处	170mm 混凝土	3.8m	0.15	2.5	是
甲功测定室（10μCi）	四周墙体外 30cm 处	170mm 混凝土	1.5m	0.001	2.5	是
	防护门外 30cm 处	/	1.5m	0.008	2.5	是
	室顶外 30cm 处	170mm 混凝土	3.8m	1.5×10^{-4}	2.5	是

由上表可知，在操作核素^{131}I的各房间外监督区辐射剂量率最大为2.40μSv/h，能够满足本评价采用的2.5μSv/h作为核医学工作场所墙体、防护门及室顶外30cm处屏蔽剂量率目

标控制值；控制区辐射剂量率最大为9.60μSv/h，能够满足本评价核医学工作场所控制区内采用的10μGy/h剂量率目标控制值。

7、**SPECT/CT机房屏蔽校核**

SPECT/CT还具有CT功能，因此依据《医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）、《X射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）及《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的防护要求对机房的防护措施及效果进行分析，详见表11-9。

表 11-9　SPECT/CT 机房防护措施及效果分析

<table>
<tr><th colspan="2">设备名称</th><th>SPECT/CT</th><th>GBZ/T180-2006、GBZ165-2012 及 GBZ130-2013 标准要求</th><th>是否合格</th></tr>
<tr><td colspan="2">机房位置</td><td>医疗综合楼负一层核医学工作场所 SPECT/CT 机房</td><td>机房应充分考虑邻室及周围场所的人员驻留条件，一般设在建筑物的一端</td><td>是</td></tr>
<tr><td colspan="2">面积</td><td>40.1m²</td><td rowspan="2">机房内最小有效使用面积应不小于 30m²，机房内最小单边长度为 4.5m。</td><td rowspan="2">是</td></tr>
<tr><td colspan="2">边长</td><td>8.02m×5.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">墙体</td><td>材料</td><td>铅板+装饰涂层</td><td rowspan="9">偏安全，按较大工作量时的机房屏蔽：20cm 混凝土（密度 2.35t/m³）或 37cm 砖（密度 1.65t/m³）或 2.5mm 铅当量；
CT 机房的出入门和观察窗应与同侧墙体具有相等的屏蔽防护，即 2.5mm 铅当量；机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。</td><td rowspan="9">是</td></tr>
<tr><td>防护厚度</td><td>12mm 铅板</td></tr>
<tr><td rowspan="2">室顶</td><td>材料</td><td>铅板+装饰涂层</td></tr>
<tr><td>防护厚度</td><td>6mm 铅板</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地板</td><td>材料</td><td>地面以下为地基（土层）</td></tr>
<tr><td>防护当量</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="2">防护门</td><td>材料</td><td>铅防护门</td></tr>
<tr><td>铅当量</td><td>12mmPb 当量</td></tr>
<tr><td rowspan="2">观察窗</td><td>材料</td><td>铅玻璃</td></tr>
<tr><td>铅当量</td><td>12mmPb 当量</td></tr>
<tr><td colspan="2">工作指示灯</td><td>拟设置，且工作指示灯与机房防护门联动</td><td rowspan="4">机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。</td><td rowspan="4">是</td></tr>
<tr><td colspan="2">电离辐射警告标志</td><td>拟设置</td></tr>
<tr><td colspan="2">闭门装置</td><td>拟设置</td></tr>
<tr><td colspan="2">通风设备</td><td>拟设置动力排放装置</td></tr>
</table>

由上表可见，SPECT/CT 机房辐射防护措施可满足上述标准要求。

11.2.2 年有效剂量估算

1、估算公式

根据工作负荷对有关人员辐射年有效剂量进行理论估算，估算公式如下：

$$H=0.7\times H_p\times t\div 1000 \quad \text{式 11-5}$$

其中：H——工作人员年受照剂量，mSv/a

0.7——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy

H_p——空气吸收剂量率，μGy/h

t——年受照时间，h/d

2、停留因子

停留因子参照修订版 ICRP 第 15 号出版物选取，见表 11-10。

表 11-10　停留因子的选取

停留因子	停　留　位　置
经常停留，T=1	控制室，办公室，候诊室，操作室，宿舍，病房，儿童游乐场
部分停留，T=1/4	杂用室，职业人员休息室，设备巡视通道
临时停留，T=1/16	厕所，楼梯，自动电梯，停车场，人行道

3、操作时间

⑴使用核素^{99m}Tc时，辐射工作人员不同操作工序操作时间见表11-11。

表 11-11　辐射工作人员（使用 ^{99m}Tc）不同操作工序操作时间

序号	操作工序	操作时间	日最大诊疗人数	年工作时间	年最大受照时间
1	淋洗	30min/d	/	250d	125h
2	分装	2mim/d	/	250d	8.3h
3	取药	10s/例	40 例/d	250d	27.7h
4	注射	15s/例	40 例/d	250d	41.6h
5	摆位	1min/例	40 例/d	250d	166.7h
6	扫描	15min/例	40 例/d	250d	2500h

⑵使用核素^{131}I时，辐射工作人员不同操作工序操作时间见表11-12。

表 11-12　辐射工作人员（使用 ^{131}I）不同操作工序操作时间

序号	操作工序	操作时间	日最大诊疗人数	年工作时间	年最大受照时间
1	转移铅罐	30s/d	/	250d	2.08h
2	打开铅罐	5s/d	/	250d	0.35h

4、估算结果

⑴辐射工作人员年有效剂量估算结果

本核医学工作场所拟配备7名辐射工作人员（含3名医生、2名护士、2名医学摄像师）负责核医学科的工作，不分组。

①使用核素^{99m}Tc时，辐射工作人员年有效剂量估算结果见表11-13。

表 11-13　辐射工作人员（使用 ^{99m}Tc）年有效剂量估算结果

序号	操作工序	防护措施	身体部位	受照剂量率μGy/h	年受照时间 h/a	停留因子	年有效剂量率 mSv/a
1	淋洗	本项目核素 ^{99m}Tc 采用 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器在通风橱内淋洗，经预测在通风橱外辐射剂量率为 2.14×10^{-32}μGy/h，因此淋洗过程辐射工作人员受照剂量可忽略不计。					
2	分装	0.5mmPb 铅衣+10mmPb 通风橱	躯干	75	8.3	1	0.44
		无	手部	5000	8.3	1	29.05
3	取药	0.5mmPb 铅衣	躯干	75	27.7	1	1.45
		无	手部	200	27.7	1	3.88
4	注射	0.5mmPb 铅衣+50mmPb 注射窗口	躯干	45	41.6	1	1.31
		无	手部	200	41.6	1	5.82
6	摆位	距离 1m	躯干、手部	10.76	166.7	1	1.26
7	SPECT/CT 机房控制室	/	/	2.34×10^{-5}	2500	1	4.1×10^{-5}
8	合计	医护人员			躯干		4.46
					手部		40.01
		医学摄像师（躯干、手部）					4.1×10^{-5}

②使用核素^{131}I时，辐射工作人员年有效剂量估算结果见表11-14。

表 11-14　辐射工作人员（使用 ^{131}I）年有效剂量估算结果

序号	操作工序	防护措施	身体部位	受照剂量率μGy/h	年受照时间 h/a	停留因子	年有效剂量率 mSv/a
1	分装	本项目核素 ^{131}I 分装采用碘全自动分装仪，除转移铅罐、打开铅罐过程辐射工作人员近距离照射外，药物分装由辐射工作人员远程操作，因此分装过程辐射工作人员受照剂量可忽略不计。					
	转移铅罐	0.5mmPb 铅衣+20mmPb 铅罐	躯干	75	2.08	1	0.1

		无	手部	5000	2.08	1	7.28
	打开铅罐	0.5mmPb 铅衣	躯干	75	0.35	1	0.02
		无	手部	5000	0.35	1	1.23
2	服药	患者自行拿取分装后的药物，辐射工作人员远程监督服药，因此服药过程辐射工作人员受照剂量可忽略不计。					
3	合计	医护人员			躯干		0.12
					手部		8.51

根据表11-13~表11-14计算结果，核医学科辐射工作人员受照剂量率汇总见表11-15。

表 11-15　核医学科辐射工作人员受照剂量率汇总

序号	核素名称	医生、护士		医学摄像师
		身体躯干剂量 mSv/a	手部剂量 mSv/a	身体躯干、手部剂量 mSv/a
1	^{99m}Tc	4.46	40.01	4.1×10^{-5}
2	^{131}I	0.12	8.51	/
3	合计	4.58	48.52	4.1×10^{-5}
年管理剂量约束值		**5**	**125**	**5**

由上表可知，核医学工作场所辐射工作人员人均身体躯干年有效剂量率最大值为4.58mSv/a、手部年剂量当量最大值为48.52mSv/a，分别低于本评价采用辐射工作人员躯干、四肢（手和脚）年管理剂量约束值分别不超过5mSv/a、125mSv/a的要求。

⑵慰问者年有效剂量估算结果

①由表11-4可知，注射^{99m}Tc患者离开医院3天后距离患者1m处剂量率已降至0.0034μGy/h，可见注射^{99m}Tc患者离开医院对外环境影响持续时间较短。本次按注射^{99m}Tc患者出院3天（10个半衰期）与慰问者接触，停留因子取1，根据表11-8计算的辐射剂量率分时段计算加和，则慰问者受照射的年有效剂量率最大为0.7×（13.53+0.85+0.05）×24×1÷1000=0.24mSv/a（医药提供资料，患者一年内最多进行1次检查），低于本评价采用的慰问者年管理剂量目标值不超过5mSv/a的要求。

②由表11-5可知，口服^{131}I甲亢患者离开医院45天后（10个有效半衰期），距离患者1m处剂量率已降至0.19μGy/h，对外环境影响较小。本次按口服^{131}I甲亢患者离院45天与慰问者接触，每天接触24小时，停留因子取1，根据表11-5计算的辐射剂量率分时段计算加和，则慰问者受照射的年有效剂量率最大为0.7×

（19.03+9.52+4.76+2.38+1.19+0.6+0.3+0.15+0.074+0.037）×4.5×24×1÷1000≈2.88mSv/a，低于本评价采用的慰问者年管理剂量目标值不超过5mSv/a的要求。

根据上述分析计算，慰问者受照剂量率汇总见表11-16。

表 11-16 慰问者年受照剂量率汇总表

序号	慰问者接触类型	接触时间	接触距离	年受照剂量（mSv/a）	年管理剂量约束值（mSv/a）
1	与注射 ^{99m}Tc 患者接触	3 天	≥1m	0.24	5
2	与口服 ^{131}I 甲亢患者接触	33 天（每天≤8h）	≥1m	2.88	5

由上表可知，慰问者在控制与用药患者接触时间、接触距离的情况下，其受照剂量可满足本评价采用慰问者年管理剂量约束值不超过5mSv/a的要求。

⑶公众人员年有效剂量估算结果

1)核医学工作场所周围公众人员

根据表11-7~11-8计算结果可知，核医学工作场所外周围辐射剂量率最大为2.40μSv/h，停留时间按每周5天、每天8小时计，停留因子取1/16，则公众人员所受辐射剂量为0.7×2.40μSv/h×8×250×1/16÷1000=0.21mSv/a，满足本评价采用公众人员年管理剂量约束值不超过0.25mSv/a的要求。

2)与患者被动接触的公众人员

①由表11-4可知，注射^{99m}Tc患者离开医院3天后距离患者1m处剂量率已降至0.0034μGy/h，可见注射^{99m}Tc患者离开医院对外环境影响持续时间较短。本次按注射^{99m}Tc患者出院3天（10个半衰期）与公众接触，接触时间按8h/d计，停留因子取1/16，根据表11-4计算的辐射剂量率分时段计算加和，则被动接触公众受照射的年有效剂量率最大为0.7×（13.53+0.85+0.05）×8×1/16÷1000=0.005mSv/a，低于本评价采用的公众人员年管理剂量目标值不超过0.25mSv/a的要求。

②由表11-5可知，由表11-5可知，口服^{131}I甲亢患者离开医院45天后（10个有效半衰期），距离患者1m处剂量率已降至0.19μGy/h，对外环境影响较小。本次按口服^{131}I甲亢患者离院45天与公众接触，接触时间按8h/d计，停留因子取1/16，根据表11-7计算的辐射剂量率分时段计算加和，则被动接触公众受照射的年有效剂量率最大为(0.7×19.03+9.52+4.76+2.38+1.19+0.60+0.30+0.15+0.074+0.037)×4.5×8×1/16/1000≈0.06mS

v/a，低于本评价采用的公众者年管理剂量目标值不超过0.25mSv/a的要求。

根据上述分析计算，被动接触的公众人员受照剂量率汇总见表11-17。

表 11-17　被动接触的公众人员年受照剂量率汇总表

序号	被动接触公众人员类型	接触时间	接触距离	年受照剂量（mSv/a）	年管理剂量约束值（mSv/a）
1	与注射 ^{99m}Tc 患者接触	3 天（每天≤8h）	≥1m	0.005	0.25
2	与口服 ^{131}I 甲亢患者接触	24 天（每天≤8h）	≥1m	0.06	0.25

由上表可知，在控制用药患者外出时间、与其他公众接触距离的情况下，其受照剂量可满足本评价采用公众年管理剂量约束值不超过0.25mSv/a的要求。

11.2.3 放射性废水环境影响分析

本项目核医学工作场所放射性废水产生环节主要包括注射^{99m}Tc和口服^{131}I患者的排泄物（包括呕吐物）以及清洗废水。医院在核医学工作场所设置患者专用卫生间，产生的放射性废水经专用管道分别汇集至放射性废水处理系统进行处理。

⑴放射性废水

本项目注射^{99m}Tc、甲亢患者在核医学工作场所诊疗后无异常可直接离开，因停留时间较短，产生排泄物的几率较低，本次评价患者用水量按10L/人·次计，废水产生量按80%计，门诊量按病人数1200例/月（以20天计），则该部分废水产生量为9.6m^3/月。另外，医护人员操作失误等产生的清洗废水量约0.24m^3/月，合计核医学工作场所含^{99m}Tc放射性废水产生量为9.84m^3/月。

本项目设计含放射性废水处理系统衰变池单个有效容积约为38m^3，则单池注满时间约为3.8个月，本次按3个月计，3个衰变池串联使用，则单个衰变池内放射性废水停留衰变时间为6个月。注射^{99m}Tc、口服^{131}I的甲亢患者排泄废水及清洗废水中废活度按各核素活度的6%估算，根据上述公式，本项目放射性废水处理系统衰变池内放射性废水中各核素含量情况见表11-18。

表 11-18　放射性废水处理系统衰变池内各核素含量情况

核素名称	半衰期	月最大用量（Bq）	单池3个月收集的废水中核素含量（Bq）	静存6个月后废水中核素含量（Bq）	排放限值	
					一次排放限值（Bq）	月排放限值（Bq）
^{99m}Tc	6.02h	7.4×10^{11}	1.33×10^{11}	≈0	2.27×10^{8}	2.0×10^{9}
^{131}I	8.04d	1.48×10^{11}	2.66×10^{10}	4854	2.27×10^{5}	2.27×10^{6}

由上表可知，本项目产生的放射性废水在放射性废水处理系统衰变池内衰变6个月后废水中的^{99m}Tc含量忽略不计、^{131}I含量为4854Bq，低于本次评价采用的放射性废水月排放限值和一次排放限值的要求，经计算废水中^{131}I年排放量为2.91×10^{4}Bq。

11.2.4 放射性固废环境影响分析

本项目核医学工作场所产生的放射性固废可分为三类：第一类为剩余放射性药物、废旧^{99}Mo-^{99m}Tc发生器；第二类为被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品和病人使用的一次性杯子等；第三类为废气收集系统过滤装置产生的废活性炭。分别采取不同的处理措施：

（1）**第一类放射性固废**

剩余放射性药物、废旧^{99}Mo-^{99m}Tc发生器由供源厂家回收。

（2）**第二类放射性固废**

被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品和病人使用的一次性杯子等，经放射性废物衰变箱封存，待活度衰变降至解控水平以下后，作免管固体废物（医疗垃圾）处理。

（3）**第三类放射性固废**

废气收集系统过滤装置定期更换产生的废活性炭，放置于衰变槽内衰变十个半衰期以上后，经检测达到解控水平后委托有资质单位进行处置。

本项目核医学工作场所拟共设2个衰变槽及6个放射性废物衰变桶用于收集放射性废物。

辐射工作人员定期将各衰变桶放射性废物倒入放射性废物间的衰变槽内衰变，放射性废物经设定周期存放后达到解控水平，经审管部门确认或批准后作为免管废物（医疗垃圾）进行处理。

根据本项目开展方案，^{99m}Tc患者、^{131}I甲亢患者就诊人数分别为10000例/年、5000例/

年。由于^{99m}Tc患者、^{131}I甲亢患者就诊后直接开出院，放射性固废产生量较小，本次按0.05kg/人计，则本项目^{99m}Tc患者^{131}I甲亢患者就诊期间放射性固废的产生量分别为500kg/a、250kg/a，总计为750kg。

本项目核医学工作场所产生的放射性固废主要为残留微量放射性药物的废弃物品，因此放射性固废含有核素活度按使用量的1%进行估算评价。

①含^{99m}Tc核素固废

根据核医学科设计方案，含^{99m}Tc核素固废收集周期为1个月，该期间产生量约40kg（约75L），各功能房间放射性固废收集至注射处衰变桶内后（项目配置的衰变桶可收集1个月的废物），统一集中至含^{99m}Tc废物衰变槽内（500L），封闭存放1个月。存放1个月后放射性固废中核素活度浓度见表11-19。

表 11-19　含 ^{99m}Tc 放射性固废中核素活度浓度

核素名称	半衰期	月（20 个工作日）最大用量（Bq）	收集周期	单槽固废中核素活度（Bq）	衰变周期	衰变后固废中核素活度（Bq）	固废重量（kg）	废物中的活度浓度（Bq/g）
^{99m}Tc	6.02h	7.71×10^{11}	1 月	7.71×10^{9}	1 月	5.8×10^{-27}	40	1.45×10^{-31}（忽略不计）

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）附录B所示放射性废物清洁解控水平推荐值（^{99m}Tc：1×10^{2}Bq/g），本项目含^{99m}Tc核素放射性固废中的活度浓度可忽略不计，满足清洁解控水平，作为免管（医疗垃圾）处理。

②含^{131}I核素固废

根据核医学科设计方案，含^{131}I核素固废收集周期为1个月，该期间产生量约20kg（约40L），含^{131}I放射性固废在服碘室1个衰变箱（120L）内统一收集，每月定期放入衰变槽，衰变槽顶盖双向可推动，固定由一端放入，一端取出，衰变槽体积约为500L，可盛放4月以上固体废物量，衰变槽内固废可衰变时长可满足3个月。且放射性固废放置于废物袋中，袋子上注明时间等信息，保障放射性废物的衰变时间。存放3个月后放射性固废中核素活度浓度见表11-20。

表 11-20　含 ^{131}I 放射性固废中各核素活度浓度

核素名称	半衰期	月最大用量（Bq）	收集周期	单箱固废中核素活度（Bq）	衰变周期	衰变后固废中核素活度（Bq）	固废重量（kg）	废物中的活度浓度（Bq/g）
^{131}I	8.04d	1.54×10^{11}	1 月	1.54×10^{9}	3 月	6.6×10^{6}	20	32.9

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）附录B所示放射性废物清洁解控水平推荐值（^{131}I为1×10^{2}Bq/g），本项目含^{131}I核素放射性固废中的活度浓度为32.9Bq/g，满足清洁解控水平，作为免管废物（医疗垃圾）处理。经计算，年排放量为7.90×10^{6}Bq。

综上所述，本项目核医学工作场所产生的放射性废物在设定周期存放后可达到解控水平，经审管部门确认或批准，作为免管废物（医疗垃圾）处理。本次评价要求医院在存放废物衰变桶、衰变槽的显著位置标明废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等信息，以满足《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）对放射性固体废物的管理要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险事故识别

⑴在取放射性药物及注射过程中，因辐射工作人员违反操作规程、误操作，引起放射性药物倾洒，造成放射性表面污染。

⑵由于管理不善，发生放射性药物失窃，导致公众受照和环境受到辐射污染。

⑶由于对注（服）药患者管理不当，患者体内放射性活度尚未衰减到较低水平而到公共场所活动，造成公众受照。

⑷放射性废水未经足够的时间衰变进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害。

⑸放射性固体废物未经足够的时间衰变进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

⑹辐射工作人员未按要求穿戴个人防护用品，造成超剂量照射。

11.3.2 风险防范措施

⑴医院须制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物洒漏事故的发生，发生事故后，应及时用棉布或者吸水纸等擦拭，擦拭物收集放到放射性废物衰变箱中。

⑵医院须制定完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。放射性废物间、分装室设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

⑶医院须加强对有药患者的管理，在不影响诊断和治疗的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公共场所去活动，并避免与家人近距离密切接触。

⑷医院须加强放射性废水处理系统日常维护，严格控制放射性废水衰变时间，放射性废水经充分衰变满足GB18871-2002 规定值后方可排放。

⑸医院须加强放射性废物的管理，做好登记记录，对于放射性废物间储存的放射性固废在其衰变桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录，经充分衰变达到解控水平后方可作为免管废物（医疗垃圾）处理。

⑹医院须要求职业人员进入控制区必须穿戴放射防护用品，个人剂量剂佩戴于铅衣内部左胸前，在进行配制和注射放射性药物时穿铅衣、戴口罩、手套，必要时佩戴防护眼镜，尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物距离。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、机构的设置

医院成立了以王新生为主任委员的放射防护安全管理委员会，管理委员会组织机构如下：

主 任 委员：王新生

副主任委员：唐立岷　宁险峰　张国庆

委　　员：（以姓氏笔画为序）

孔心涓　牛　珉　王叙馥　张仲义　杜双龙 赵园园　秦彦文　徐子森　徐文坚　陶　昊　蔡　霞

秘　　书：刘　晶

办公室设在医学设备部放射防护与计量管理办公室，联系电话：0532-82911857

办公室主任：徐子森（兼）

工作职责：

一、负责医院放射诊疗工作的质量保证和安全防护。

二、负责向医院各放射科室传达国家放射防护有关法律法规和政策并督促落实。

三、负责制定医院放射诊疗和放射防护管理制度并督促落实。

四、负责制定医院内各放射科室放射事件应急预案并组织演练。

五、负责定期组织全院内各放射科室放射诊疗场所、设备和人员的放射防护监测和检查，组织放射诊疗工作人员健康查体。

六、负责组织医院放射诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训。

七、负责向政府有关部门定期申请更换个人剂量测试卡，并记录接受剂量。

八、负责建立医院放射设备档案、个人剂量档案和职业健康监护档案。

九、负责定期巡查、维护各放射科室的联动报警装置和病人、工作人员放射防护用品。

十、负责对医院放射性同位素、射线装置的安全和防护状况进行年度评估。如发现安全隐患，及时整改。

工作制度：

一、组织全院的放射性同位素与射线装置工作人员岗位培训。

二、定期检查放射性同位素与射线装置工作人员是否按规定参加培训。

三、定期组织全院的放射性同位素与射线装置工作人员健康体检。

四、做好个人剂量监测工作，建立放射性同位素与射线装置工作人员的个人剂量档案和健康档案，并定期检查科室对放射性同位素与射线装置工作人员健康体检的结果处理。

五、不定期检查各科室执行放射防护等规章制度情况及工作人员个人防护工作。

六、建立健全医院辐射管理档案，配合做好各级卫生、环保部门的检查监督工作。

七、每半年召开一次放射防护安全管理委员会会议，放射防护安全管理委员会会议应在 2/3 以上委员出席的情况下召开。

八、放射防护安全管理委员会会议的决议应经参加会议的 2/3 以上有投票权的委员同意方可通过，颁布执行。

2、人员配备

本项目核医学工作场所辐射工作人员 7 人（医生 3 人、技师 2 人、护士 2 人，不分组），拟按照《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）的有关要求派遣相关人员参加培训，考核合格后方可上岗，并每四年接受一次再培训。

3、健康管理

本项目辐射工作人员拟配个人剂量计（人手一支），依照《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号）的要求每 3 个月定期送有资质单位进行监测，建立个人剂量档案（每人一档）；医院定期对辐射工作人员进行健康查体，建立健康查体档案。

以上个人剂量档案和健康查体档案须详细记录，并妥善保管，存档备案。

12.2 辐射安全管理规章制度

医院已制定《岗位职责》、《安全操作规程》、《放射工作人员放射防护培训制度》、《辐射安全保卫制度》、《青岛大学附属医院放射防护安全管理制度》、《医疗设备维修保障制度》、《医院辐射监测计划》、《台账管理制度》、《放射工作人员健康档案管理制度》、《放射工作人员个人剂量档案管理制度》、《辐射安全防护自行检查和评估制度》及《放射事故应急预案》等制度。

以上制度基本合理可行，仍需根据实际情况补充完善。医院拟根据本项目制定如下辐射管理制度：

《核医学科安全操作规程》、《核医学科岗位职责》、《放射性同位素使用登记制度》、《辐射工作人员培训计划》等，并在后续工作中根据实际情况补充完善。

12.3 辐射监测

医院已制定《监测计划》，建议根据以下内容进行补充完善：

1、**核医学工作场所**

⑴配备监测设备：辐射监测仪1台、表面污染监测仪1台及核素活度计1台。

⑵监测项目：辐射剂量率、表面污染水平、放射性废水和放射性固废活度监测。

⑶监测频率：正常工况时，辐射剂量率及表面污染水平在每次操作核素后，监测1次；医院污水处理站废水排放口水质监测在放射性废水外排期间，每天监测1次；放射性固废处置时，监测1次。如发生污染事故或怀疑有污染时，应及时进行监测。

2、**个人剂量检测**

辐射工作人员拟佩戴个人剂量计（人手一支），委托有资质的检测机构每三个月检测 1 次，检测数据填入个人剂量档案。个人剂量档案应符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）的要求，做到人手一册，由专人负责管理，长期保存。

12.4 辐射事故应急预案

医院已设置辐射事故应急处理机构，制定了《放射防护应急处理预案》，建议根据如下内容补充完善：

⑴事故应急措施的基本任务为：①立即组织营救受害人员，组织撤离或者采取其他措施保护危害区域的其他人员；②迅速控制事态，并对事故造成的危害进行监测，确定事故的危害区域、危害性质及危害程度；③消除危害后果，做好现场恢复；④查清事故原因，评估危害程度。

⑵发生事故后，立即启动辐射事故应急方案。发生一般事故后，立即封锁现场，迅速查明事故原因，凡能通过切断事故源等处理措施而消除事故的，则以自救为主；发生严重事故后，立即封锁现场，迅速安排受照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治；组织有关人员携带仪器设备赶赴现场进行监测，核实事故情况，估算受照剂量、污染范围和程度，判定事故类型级别，提出控制措施和方案。

⑶发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要的应急措施，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门、公安部门和卫生主管部门报告。视事故具体情况，向上级相关管理部门报告。具体辐射事故分级处理和报告制度应严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《突发环境事件信息报告办法》（环境保护部令第 17 号）及《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145 号）的相关要求，此处不再赘述。

⑷在事故处理过程中，处理事故的应急人员应佩带个人剂量计。为制止事故的扩大或进行抢救、抢修处理事故的应急人员接受超过正常剂量当量限值的应急照射，按照 GB 18871-2002 的规定，一次应急事件全身照射的剂量不应超过职业人员最大单一年份剂量限值的 2 倍。

⑸定期进行事故应急演练，对演练效果作出评价，提交演练报告，详细说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，进行整改。

表 13　结论与建议

结论

1、青岛大学附属医院始建于1898年，是一所省属综合性教学医院，现持有《辐射安全许可证》（鲁环辐证〔02048〕，有效期至2023年8月16日），涉源部门为市南院区、崂山院区和市北院区。本次新建核医学工作场所项目位于青岛市黄岛区五台山路1677号的西海岸院区辐射安全许可证手续正在办理过程中，办理后西海岸院区与市南区、崂山区及市北区共用一项辐射安全许可证。

青岛大学附属医院西海岸院区拟在院内医疗门诊楼的负一层新建核医学工作场所一处，主要利用核素^{99m}Tc开展临床医学诊断，拟配置1台SPECT/CT，利用^{131}I开展甲亢治疗。核医学工作场所日等效最大操作量为8.066×10^{8}Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所；拟配置的SPECT/CT属III类射线装置。本项目拟建核医学工作场所应用于放射诊疗的实践，对社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合实践的正当性。

2、本项目新建核医学工作场所位于门诊楼负一层，项目选址充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，项目选址基本合理。

3、监测表明，拟建项目周围环境γ辐射空气吸收剂量率变化范围为（6.0~8.0）×10^{-8}Gy/h，与当地天然放射性本底水平处于同一水平。

4、核医学工作场所评价结论

（1）核医学各房间墙体结构采用铅板、混凝土等实体防护材料，主要房间设置不同铅当量厚度的防护门、观察窗。

（2）放射性核素 ^{99m}Tc 由 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器制取，^{99}Mo-^{99m}Tc、^{131}I 拟由原子高科股份公司供应，由供源厂家负责运输，分别送至标记分装室通风橱和服碘室碘全自动分装仪内临时贮存。

（3）核医学工作场所属乙级非密封放射性物质工作场所，参照II类放射源安全管理。根据 GB18871-2002 及 GBZ120-2006 的有关规定，工作场所划分为“控制区”和“监督区”两区进行管理。

（4）经估算，在操作核素 ^{99m}Tc 过程中房间区域外监督区辐射剂量率最大为0.56μSv/h，能够满足本评价采用的2.5μSv/h作为核医学工作场所墙体、防护门及室顶外30cm

处屏蔽剂量率目标控制值；控制区辐射剂量率最大为 1.73μSv/h，能够满足本评价核医学工作场所控制区内采用的 10μGy/h 剂量率目标控制值。

在操作核素^{131}I的各房间外监督区辐射剂量率最大为2.40μSv/h，能够满足本评价采用的2.5μSv/h作为核医学工作场所墙体、防护门及室顶外30cm处屏蔽剂量率目标控制值；控制区辐射剂量率最大为9.60μSv/h，能够满足本评价核医学工作场所控制区内采用的10μGy/h剂量率目标控制值。

（5）人员所受辐射剂量估算

①职业人员所受剂量：核医学工作场所辐射工作人员人均身体躯干年有效剂量率最大值为 4.58mSv/a、手部年剂量当量最大值为 48.52mSv/a，分别低于本评价采用辐射工作人员躯干、四肢（手和脚）年管理剂量约束值分别不超过 5mSv/a、125mSv/a 的要求。

②慰问者所受剂量：在与注射核素 ^{99m}Tc 患者接触过程中，慰问者受照射的年有效剂量为 0.24mSv/a；在与口服核素 ^{131}I 甲亢患者接触过程中，慰问者受照射的年有效剂量为 2.88mSv/a；均低于本评价提出的 5mSv/a 慰问者年管理剂量约束值。

③公众成员所受剂量：在注射及服碘过程中，核医学工作场所周围公众人员所受辐射剂量为 0.21mSv/a，在与注射 ^{99m}Tc 患者接触（外出 8 小时）过程中，公众成员受照射的年有效剂量为 0.005mSv/a；在与口服 ^{131}I 甲亢患者接触（外出 8 小时）过程中，公众成员受照射的年有效剂量为 0.06mSv/a，均低于本评价提出的 0.25mSv/a 公众成员年管理剂量约束值。

（6）本项目核医学科放射性废水在放射性废水处理系统衰变池内经设定周期静态存放后排放，一次排放放射性废水中 ^{99m}Tc 含量忽略不计、^{131}I 含量为 4854Bq，均低于《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB18871-2002）规定的放射性废液月排放限值和一次排放限值。

（7）放射性固废：项目产生的放射性固废可分为三类。第一类为剩余放射性药物、废旧 ^{99}Mo-^{99m}Tc 发生器，由供源厂家回收；第二类为被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品和病人使用的一次性杯子，设置放射性废物衰变桶 6 个对放射性固废进行分类储存，放射性废物衰变槽 2 处对放射性废物进行贮存衰变，经设定周期衰变后含 ^{99m}Tc 核素放射性固废中的活度浓度可忽略不计、含 ^{131}I 核素放射性固废中的活度浓度为 32.9Bq/g，均达到解控水平，作为免管废物，按一般固废

进行处理。废气收集系统过滤装置定期更换产生的废活性炭，放置于衰变槽内衰变十个半衰期以上后，经检测达到解控水平后委托有资质单位进行处置。

6、辐射环境风险评价表明，本项目在实际工作中存在一定的辐射环境风险，如果防护设施、规章制度和辐射事故应急预案不完善，可对辐射工作人员、公众和周围环境造成辐射危害和放射性污染。本项目在操作过程中严格执行操作规程，严格按照GB18871-2002、GBZ120-2006等要求进行管理，定期演习辐射事故应急方案，对发现的问题及时进行整改，可使项目环境风险影响降至最低。

7、从事辐射活动能力

①医院成立了放射防护安全管理委员会，拟编制相关辐射规章制度，拟购一定数量的铅衣、铅帽等个人防护用品及个人剂量计。

②本项目核医学工作场所辐射工作人员7人拟按照《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）的有关要求派遣相关人员参加培训，考核合格后方可上岗，并每四年接受一次再培训。

③医院拟对核医学工作场所辐射工作人员的个人剂量进行定期监测，对相关人员进行定期查体，建立个人剂量档案和健康档案。

④医院拟在核医学科工作场所配备辐射监测仪、表面污染检测仪各及核素活度计各1台，个人剂量测量报警仪2台。

综上所述，青岛大学附属医院（西海岸院区）新建核医学工作场所项目在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，正常情况下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，项目建设可行。

建议

1、建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

2、加强对注射 ^{99m}Tc 和服用 ^{131}I 患者的管理，对出院的患者必须提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导。

3、核医学工作场所辐射工作人员在工作过程中须穿戴好铅衣、铅帽、铅眼镜、铅护颈等个人辐射防护用品，尽量降低受照剂量。

4、严格执行辐射监测计划，发现问题及时处理。

5、做好辐射工作人员和再培训，建立健全辐射防护工作档案，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分开保管并长期保存

6、建立健全放射性同位素使用登记制度和台账，并结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善。

7、按照辐射事故应急方案和报告制度的要求，定期进行熟练演习。

8. 若该项目的性质、规模、地点、采用的辐射安全与防护措施等发生重大变动，应及时向环保部门汇报，经同意后方可继续建设或运行。

9、项目建成后，应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的要求开展竣工环境保护验收。

表 14 审　批

下一级环保部门意见 经办人　　公　章 年　月　日
审批意见 经办人　　公　章 年　月　日

附件 1

委　托　书

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、国务院《建设项目环境保护管理条例》和环保部《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，我单位“**新建核医学工作场所项目**”须填报“核技术利用项目环境影响报告表”。现委托山东蓝城分析测试有限公司进行编制工作。望公司接到委托后，抓紧时间完成，以便我单位进行下步工作。

青岛大学附属医院

2018 年 7 月

附件 2

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： 青岛大学附属医院

地　　址： 山东省青岛市市南区江苏路 16 号

法定代表人： 王新生

种类和范围： 使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源，使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所

证书编号： 鲁环辐证[02048]

有效期至： 2023 年 08 月 16 日

发证机关：山东省环境保护厅

发证日期：2018 年 08 月 17 日

山东省环境保护厅制

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	青岛大学附属医院			
地　　址	山东省青岛市市南区江苏路 16 号			
法定代表人	王新生	电话	17853298909	
证件类型	身份证	号码	370204196309271819	
涉源部门	名　称	地　址		负责人
	市南院区	市南区江苏路 16 号		徐子森
	崂山院区	崂山区海尔路 59 号		杨青
	市北院区	市北区嘉兴路 7 号		周启鸿
种类和范围	使用III类、V类射线源，使用II类、III类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所			
许可证条件				
证书编号	鲁环辐证[02048]			
有效期至	2023 年 08 月16 日			
发证日期	2018 年 08 月17 日（发证机关章）			

活动种类和范围

（一）放射源

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	Sr-90	V	2.22E+9*5	使用
2	Ge-68	V	5.5E+7*1	使用
3	Ir-192	III	3.7E+11*1	使用
	以	下	空	白

活动种类和范围

（二）非密封放射性物质

证书编号：　　鲁环辐证[02048]

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类
1	市南院区核医学科	乙	Tc-99m	1.85E+8	4.625E+12	使用
2	市南院区核医学科病房	乙	I-131	3.87E+9	5.85E+12	使用
3	市南院区核医学科病房	乙	Sr-89	1.48E+7	7.4E+9	使用
4	市南院区核医学科病房	乙	P-32	3.7E+7	1.85E+10	使用
5	市南院区核医学科病房	乙	I-125	7.1E+8	1.065E+12	使用
6	崂山院区 PET 中心	乙	F-18	3.7E+8	1.11E+13	使用
	以		下	空	白	

活动种类和范围

（三）射线装置

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	回旋加速器	II	1	使用
2	直线加速器	II	3	使用
3	DSA	II	6	使用
4	CT	III	12	使用
5	数字胃肠机	III	4	使用
6	DR	III	8	使用
7	移动 DR	III	4	使用
8	乳腺机	III	3	使用
9	口腔全景 X 射线机	III	2	使用
10	牙科 X 射线机	III	2	使用
11	移动 X 射线机	III	3	使用
12	模拟定位机	III	1	使用
13	SPECT	III	2	使用
14	骨密度仪	III	2	使用
15	C 型臂	III	4	使用
16	PET-CT	III	1	使用
17	CT 模拟机	III	2	使用
18	X 射线模拟机	III	1	使用
19	C 臂 X 线机	III	1	使用
20	G 型臂 X 线机	III	1	使用

活动种类和范围

（三）射线装置

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
19	C 臂 X 线机	Ⅲ	1	使用
20	G 型臂 X 线机	Ⅲ	1	使用
	以	下	空	白

台账明细登记

（一）放射源

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	核素	出厂日期	出厂活度（贝可）	标号	编码	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
1	Sr-90	1975.07.22	3.7E+7		US75SR576515	V	敷贴器	市南院区核医学科	来源	德国西诺德	高 峰	2016.08.05
									去向	美国	高 峰	2016.08.05
2	Sr-90	1975.07.18	7.4E+8		US75SR576505	V	敷贴器	市南院区核医学科	来源			
									去向	中国原子能科学研究院	高 峰	2016.08.05
3	Sr-90	1970.01.01	2.22E+9	Sr-907016	0470SR576495	V	敷贴器	市南院区核医学科	来源			
									去向	中国原子能科学研究院	高 峰	2016.08.05
4	Sr-90	2002.05.20	1.82E+9	Sr-9002-402	0402SR576525	V	敷贴器	市南院区核医学科	来源			
									去向	中国原子能科学研究院	高 峰	2016.08.05
5	Sr-90	2002.08.27	7.4E+8	Sr-9002-402	0402SR576535	V	敷贴器	市南院区核医学科	来源			
									去向	美国	高 峰	2016.08.05
6	Ge-68	2012.08	5.5E+7	J7-417	US12GE000715	V	校正源	崂山院区 PET/CT	来源			
									去向	美国. 刘怀鑫 2017.10.16	高 峰	2016.08.05
7	Ir-192	2015.10.05	3.7E+11	D36F6733	NL15IR001193	III	后装机	市南院区肿瘤放疗部	来源			
									去向	荷兰 Nucletron B.V.	于弘路	2016.09.12
8	Ir-192	2016.03.30	3.7E+11	D36F8907	NL16IR000503	III	后装机	市南院区	来源	荷兰 Nucletron B.V.	于弘路	2016.09.12
									去向	荷兰 Nucletron B.V.	刘怀鑫	2017.02.16

台账明细登记

（一）放射源

证书编号：

序号	核素	出厂日期	出厂活度（贝可）	标号	编码	类别	用途	场所	来源／去向		审核人	审核日期
9	IR-192	2016.11.23	3.700E+11	D36P4062	NL16IR001803	II	后装治疗机		来源	荷兰 Nucletron B.V.	刘怀鑫	2017.02.15
									去向	同上	[redacted]	2017.11.14
10	Ge-68	2017.09.07	5.55E+7	J106	US17GE002145	V	刻度/校准源		来源	美国	刘怀鑫	2017.10.16
									去向			
11	Ir-192	2018.02.06	3.7E+11	NLF0124-003-5873	NL18IR000063	III	后装治疗机		来源	荷兰 Mallinckrodt B.V 公司	于弘路	2018.03.19
									去向	荷兰	宋毅倩	20180919
12	Ir-192	20180731	3.7E+11	NLF0124-003-6599	NL18IR001223	III	后装治疗机		来源	德国	宋毅倩	20180919
									去向			
									来源			
									去向			
									来源			
									去向			
									来源			
									去向			
									来源			
									去向			

台账明细登记

（三）射线装置

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
1	CT	DiscoveryCT750 HD	III	放射诊断	市南院区影像楼1楼110室	来源	GE	高峰	2016.08.05
						去向			
2	CT	SOMATOMSensation64	III	放射诊断	市南院区影像楼1楼116室	来源	西门子	高峰	2016.08.05
						去向			
3	CT	Brightspeed16	III	放射诊断	市南院区影像楼1楼106室	来源	GE	高峰	2016.08.05
						去向			
4	CT	Definition Flash	III	放射诊断	市南院区影像楼1楼103室	来源	西门子	高峰	2016.08.05
						去向			
5	CT	Highspeed NX/I	III	放射诊断	市南院区查体中心一楼	来源	GE	高峰	2016.08.05
						去向			
6	CT扫描仪	Highspeed NX/I+S	III	放射诊断	市南院区外科楼地下2层	来源	GE	高峰	2016.08.05
						去向			
7	数字胃肠机	EX 8	III	放射诊断	市南院区影像楼2楼212	来源	日本东芝	高峰	2016.08.05
						去向			
8	数字胃肠机	FLEXAVISION	III	放射诊断	市南院区查体中心一楼	来源	日本岛津	高峰	2016.08.05
						去向			

台账明细登记

（三）射线装置

证书编号鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	规格型号	类别	用　途	场　所	来源／去向			审核人	审核日期
9	数字胃肠机	SonialvisionSafire 17	III	放射诊断	江苏路16号影像楼2楼206	来源	日本岛津	高峰	2016.08.05	
						去向				
10	DR	Digital DiagnostDH	III	放射诊断	江苏路16号门诊楼负一层103室	来源	荷兰Pillips	高峰	2016.08.05	
						去向				
11	DR	Digital Diagnost	III	放射诊断	江苏路查体中心	来源	荷兰Pillips	高峰	2016.08.05	
						去向				
12	DR	AxiomaristosFX	III	放射诊断	江苏路16号门诊楼负一层104	来源	德国Simens	高峰	2016.08.05	
						去向				
13	DR	AxiomaristosMX	III	放射诊断	江苏路16号门诊楼负1层109	来源	德国Simens	高峰	2016.08.05	
						去向				
14	移动DR	MOBLLE DART	III	放射诊断	江苏路16号第一住院部	来源	日本岛津	高峰	2016.08.05	
						去向				
15	移动DR	Mobile DaRt	III	放射诊断	江苏路16号第二住院部	来源	日本岛津	高峰	2016.08.05	
						去向				
16	数字乳腺机	Senographe Essential	III	放射诊断	江苏路16号门诊楼负1层12室	来源	美国GE	高峰	2016.08.05	
						去向				

台账明细登记

（三）射线装置

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	规格型号	类别	用　途	场　所	来源／去向		审核人	审核日期
17	数字口腔全景X射线机	ORTHOPHOSX G5	Ⅲ	放射诊断	江苏路16号门诊楼负1层10室	来源	日本岛津	高峰	2016.08.05
						去向			
18	牙科X射线机	INTR	Ⅲ	放射诊断	江苏路16号门诊楼5楼口腔科牙片室	来源	芬兰	高峰	2016.08.05
						去向			
19	移动式X线机	OEC-9800+	Ⅲ	放射诊断	江苏路16号同位素2楼	来源	美国GE	高峰	2016.08.05
						去向			
20	移动式X线机	OEC-9800	Ⅲ	放射诊断	江苏路16号第二住院部手术室	来源	美国GE	高峰	2016.08.05
						去向			
21	加速器	Clinac23EX	Ⅱ	放射治疗	江苏路16号第二住院部负2层	来源	美国Varian	高峰	2016.08.05
						去向			
22	加速器	Clinac23EX	Ⅱ	放射治疗	江苏路16号第二住院部负2层	来源	美国Varian	高峰	2016.08.05
						去向			
23	模拟定位机	Acuity	Ⅲ	放射诊断	江苏路16号第二住院部负2层	来源	美国Varian	高峰	2016.08.05
						去向			
24	SPECT	Millennium VG	Ⅱ	放射诊断	江苏路16号同位素1楼	来源	美国GE	高峰	2016.08.05
						去向			

台账明细登记

（三）射线装置

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	规格型号	类别	用　途	场　所	来源/去向		审核人	审核日期
25	SPECT	PHILIPS AXIS DET	II	放射诊断	江苏路 16 号同位素 1 楼	来源	荷兰飞利浦	高峰	2016.08.05
						去向			
26	骨密度仪	LUNAR DPX	III	放射诊断	江苏路 16 号同位素 1 楼	来源	美国 GE	高峰	2016.08.05
						去向			
27	DSA	Infinix-I -INFX-8000	II	放射治疗	江苏路 16 号急诊导管室	来源	日本东芝	高峰	2016.08.05
						去向			
28	DSA	FD-20	II	放射治疗	江苏路 16 号第一住院部 1 楼 1 号	来源	荷兰飞利浦	高峰	2016.08.05
						去向			
29	DSA	INOVOVA 2100	II	放射治疗	江苏路 16 号第一住院部 1 楼 3 号	来源	美国 GE	高峰	2016.08.05
						去向			
30	DSA	ARTIS ZEE FLOOR	II	放射治疗	江苏路 16 号第一住院部 1 楼 2 号	来源	德国西门子	高峰	2016.08.05
						去向			
31	DSA	INNOVA IGS 530 型	II	放射治疗	江苏路 16 号第一住院部 1 楼 4 号	来源	美国 GE	高峰	2016.08.05
						去向			
32	CT 扫描仪	东芝 640	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	日本东芝	高峰	2016.08.05
						去向			

台账明细登记

（三）射线装置

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	规格型号	类别	用　途	场　所	来源／去向		审核人	审核日期
33	CT 扫描仪	Brilliance 16	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	荷兰飞利浦	高峰	2016.08.05
						去向			
34	数字胃肠机	DAR8000F	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	日本岛津	高峰	2016.08.05
						去向			
35	DR X 线机	Digital Diagovs	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	飞利浦公司	高峰	2016.08.05
						去向			
36	DR	MRAD-D50S	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	日本东芝	高峰	2016.08.05
						去向			
37	移动式 DR	Mobile DART	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	日本岛津	高峰	2016.08.05
						去向			
38	移动数字 X 线机	DRXR-1	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	美国锐珂	高峰	2016.08.05
						去向			
39	数字乳腺 X 线摄影系统	Multicare Platinum	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼乳腺诊疗中心	来源	美国 Hologic	高峰	2016.08.05
						去向			
40	数字乳腺 X 线摄影系统	Selenia Dimensions	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼乳腺诊疗中心	来源	美国 Hologic	高峰	2016.08.05
						去向			

台账明细登记

（三）射线装置

证书编号:鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	规格型号	类别	用　途	场　所	来源／去向		审核人	审核日期
41	数字全景X射线机	柯达 9000C	III	放射诊断	海尔路 59 号 1 楼放射科	来源	美国柯达	高峰	2016.08.05
						去向			
42	牙科 X 射线机	柯达 2200	III	放射诊断	海尔路 59 号 2 楼口腔科	来源	美国柯达	高峰	2016.08.05
						去向			
43	直线加速器	Trilogy	II	放射治疗	海尔路 59 号 1 楼放疗室	来源	美国瓦里安	高峰	2016.08.05
						去向			
44	C 臂 X 线机	Brivo OEC785	III	放射诊断	海尔路 59 号 4 楼手术室	来源	美国 GE	高峰	2016.08.05
						去向			
45	C 臂 X 线机	Brivo OEC785	III	放射诊断	海尔路 59 号 4 楼手术室	来源	美国 GE	高峰	2016.08.05
						去向			
46	C 臂 X 线机	OEC7900	III	放射诊断	海尔路 59 号 4 楼手术室	来源	美国 GE	高峰	2016.08.05
						去向			
47	C 臂 X 线机	OEC7900	III	放射诊断	海尔路 59 号 4 楼手术室	来源	美国 GE	高峰	2016.08.05
						去向			
48	DSA	Allura FD20	II	放射治疗	青岛海尔路 59 号 1 楼介入放射科	来源	荷兰飞利浦	高峰	2016.08.05
						去向			

台账明细登记

（三）射线装置

证书编号：鲁环辐证[02048]

序号	装置名称	规格型号	类别	用　途	场　所	来源/去向		审核人	审核日期
49	PET-CT	Discovery VCT	II	放射诊断	青岛海尔路59号2楼PET-CT室	来源	美国GE	高峰	2016.08.05
						去向			
50	回旋加速器	HM-10HC	II	放射诊断	青岛海尔路59号2楼PET-CT室	来源	日本住友	高峰	2016.08.05
						去向			
51	16层螺旋CT	Optima CT520Pro	III	放射诊断	嘉兴路7号1楼放射科	来源	美国GE	高峰	2016.08.05
						去向			
52	DR	IMIX 2000	III	放射诊断	嘉兴路7号1楼放射科	来源	德国	高峰	2016.08.05
						去向			
53	CT	Optima660	III	放射诊断	海尔路59号1楼放射科	来源	美国GE	刘怀鑫	2017.02.15
						去向			
54	大孔径CT模拟机	DISCOVERY CT590RT	III	放射诊断	海尔路59号1楼放射科	来源	美国GE	刘怀鑫	2017.02.15
						去向			
55	X线模拟机	ACUITY	III	放射诊断	海尔路59号1楼放射科	来源	美国瓦里安	刘怀鑫	2017.02.15
						去向			
56	口腔CT	CARESTREAM CS9300C	III	放射诊断	海尔路59号2楼口腔CT室	来源	锐柯医疗	刘怀鑫	2017.02.15
						去向			

建设项目环评审批基础信息表

建设单位（盖章）：	青岛大学附属医院	填表人（签字）：		建设单位联系人（签字）：	

建设项目	项目名称	新建核医学工作场所项目				建设内容、规模	建设内容：__拟在院内医疗门诊楼的负一层的西南角新建核医学工作场所一处，利用核素^{99m}Tc开展临床医学诊断，拟配置1台SPECT/CT；利用^{131}I开展甲功测定及甲亢治疗___			
	项目代码[1]									
	建设地点	青岛大学附属医院（西海岸院区）门诊楼负一层								
	项目建设周期（月）					计划开工时间				
	环境影响评价行业类别	191核技术利用建设项目				预计投产时间	2019年5月			
	建设性质	新 建（迁 建）				国民经济行业类型[2]	Q8411综合医院			
	现有工程排污许可证编号（改、扩建项目）					项目申请类别	新申项目			
	规划环评开展情况					规划环评文件名				
	规划环评审查机关					规划环评审查意见文号				
	建设地点中心坐标[3]（非线性工程）	经度	120.151000	纬度	35.987000	环境影响评价文件类别	环境影响报告表			
	建设地点坐标（线性工程）	起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度（千米）
	总投资（万元）	480.00				环保投资（万元）	237.00		环保投资比例	49.38%

建设单位	单位名称	青岛大学附属医院	法人代表	王新生	评价单位	单位名称	山东蓝城分析测试有限公司	证书编号	国环评证乙字第2048号
	统一社会信用代码（组织机构代码）		技术负责人	徐子森		环评文件项目负责人	张培	联系电话	0531-66772990
	通讯地址	青岛市市南区江苏路16号	联系电话	18661808986		通讯地址	济南市高新区港兴一路齐鲁外包城第四层		

污染物排放量	污染物		现有工程（已建+在建）①实际排放量（吨/年）	现有工程（已建+在建）②许可排放量（吨/年）	本工程（拟建或调整变更）③预测排放量（吨/年）	总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）④“以新带老”削减量（吨/年）	总体工程⑤区域平衡替代本工程削减量[4]（吨/年）	总体工程⑥预测排放总量（吨/年）[5]	总体工程⑦排放增减量（吨/年）[5]	排放方式
	废水	废水量(万吨/年)						0.000	0.000	◉不排放
		COD						0.000	0.000	○间接排放：☐ 市政管网
		氨氮						0.000	0.000	☐ 集中式工业污水处理厂
		总磷						0.000	0.000	○直接排放：受纳水体_____
		总氮						0.000	0.000	
	废气	废气量（万标立方米/年）						0.000	0.000	/
		二氧化硫						0.000	0.000	/
		氮氧化物						0.000	0.000	/
		颗粒物						0.000	0.000	/
		挥发性有机物						0.000	0.000	/

项目涉及保护区与风景名胜区的情况	影响及主要措施 / 生态保护目标	名称	级别	主要保护对象（目标）	工程影响情况	是否占用	占用面积（公顷）	生态防护措施
	自然保护区							☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建（多选）
	饮用水水源保护区（地表）			/				☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建（多选）
	饮用水水源保护区（地下）			/				☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建（多选）
	风景名胜区			/				☐ 避让 ☐ 减缓 ☐ 补偿 ☐ 重建（多选）

注：1、同级经济部门审批核发的唯一项目代码
2、分类依据：国民经济行业分类(GB/T 4754-2017)
3、对多点项目仅提供主体工程的中心坐标
4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量
5、⑦=③－④－⑤；⑥=②－④+③，当②=**0** 时，⑥=①－④+③