2024-F-087

核技术利用建设项目

核工业总医院

新建放射诊疗项目环境影响报告表

核工业总医院

2024 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

核工业总医院

新建放射诊疗项目环境影响报告表

建设单位名称：核工业总医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省苏州市姑苏区三香路 1055 号

邮政编码：215008　　联系人：

电子邮箱：　　联系电话：

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">新建放射诊疗项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">核工业总医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td></td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">江苏省苏州市姑苏区三香路 1055 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">江苏省苏州市姑苏区三香路 1055 号</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="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>3000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>600</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>20%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□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="5">□制备 PET 用放射性物质</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述

1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

核工业总医院又名苏州大学附属第二医院，是一所集医疗、教学、科研、预防、核应急等为一体的三级甲等医院，是苏州大学第二临床学院，设有临床医学博士后流动站、临床医学一级学科博士、硕士学位授予点，住院医师规范化培训基地，国家药物临床试验基地。医院现由三香院区和浒关院区组成，共设床位 2000 多张。医院设有临床科室 32 个，医技科室 8 个，职能科室 20 个。

为了完善疾病预防控制体系和重大疫情防控救治体系，全面提高应对突发重大公共卫生事件、平战结合的能力和水平，同时为满足地方百姓日益增长的健康需求，医院拟投资 9.78 亿元，实施应急急救与危重症救治中心大楼(B 楼)项目，项目

（非辐射类）已于 2021 年 12 月取得环评批复（见附件 3）。B 楼地上 14 层，地下 3 层，计划竣工日期为 2025 年 12 月。

1.2 项目建设规模及任务由来

1.2.1 ^{131}I 核素治疗项目

医院计划在 B 楼地下三层新建 ^{131}I 核素治疗中心，新建 8 间房间，其中 6 间为病房，2 间为活动室，每个病房设置一张病床。^{131}I 用于甲癌及甲亢治疗，每次最多预约 6 名甲癌患者和 10 名甲亢患者，甲癌单人服药活度平均为 5.55E+09Bq（150mCi），甲亢单人服药活度不超过 3.70E+08Bq（10mCi）。^{131}I 核素治疗中心核素使用情况见下表 1-1。

表 1-1 核素使用情况一览表

场所	核素	日最大使用活度（Bq）	活动种类	操作方式修正因子	毒性修正因子	日等效最大操作量（Bq)
B 楼 ^{131}I 核素治疗中心	^{131}I（甲癌）	3.33E+10	使用	1	0.1	3.33E+09
	^{131}I（甲亢）	3.70E+09	使用	1	0.1	3.70E+08

根据上表可知，^{131}I 核素治疗中心日等效最大操作量为 3.70E+09Bq，为乙级非密封放射性物质工作场所。

1.2.2 DSA 项目

医院计划在 B 楼一层介入科内新建三间 DSA 手术室，计划在 B 楼二层手术中心内新建一间 DSA 复合手术室，计划配备 4 台 DSA（型号未定），用于介入治疗和诊断。DSA 项目基本情况一览表见下表 1-2：

表 1-2 DSA 项目基本情况一览表

序号	射线装置名称及型号	数量	管电压（kV）	管电流（mA）	类别	场所名称	活动种类	环评情况	许可情况
1	DSA	1	≤125	≤1000	II	B 楼 DSA1 室	使用	新建项目本次环评	未许可
2	DSA	1	≤125	≤1000	II	B 楼 DSA2 室	使用	新建项目本次环评	未许可
3	DSA	1	≤125	≤1000	II	B 楼 DSA3 室	使用	新建项目本次环评	未许可
4	DSA	1	≤125	≤1000	II	B 楼 DSA 复合手术室	使用	新建项目本次环评	未许可

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条

例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目涉及使用II类射线装置及乙级非密封放射性物质工作场所应编制核技术利用项目环境影响评价报告表。受核工业总医院委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于核工业总医院三香院区内，三香院区位于苏州市姑苏区三香路 1055 号，地理位置见附图 1。三香院区东侧为彩虹新村、非矿大厦和苏州市急救中心（A 楼），南侧为里双河，西侧为白莲莠，北侧为三香路。三香院区平面布局及周围环境见附图 2。

2.1 ^{131}I 核素治疗项目

^{131}I 核素治疗中心位于 B 楼地下三层，B 楼地下三层~地下一层平面布局见附图 3~附图 5。^{131}I 核素治疗中心东侧为其办公区域、停车场和土层，南侧为土层和彩虹新村 25 幢和 26 幢，西侧为土层，北侧为停车场，上方为停车场、电梯间，下方为衰变池和土层。^{131}I 核素治疗中心场址不邻接产科、儿科、食堂等部门，集中设置在地下三层，出口即为停车场，不与门诊大厅相通，未邻接人群稠密区域。

2.2 DSA 项目

DSA 项目位于 B 楼一层介入科和二层手术中心，B 楼一层~三层平面布局见附图 6~附图 8。介入科（DSA1 室~DSA3 室）东侧为急诊区域和院内道路，南侧为放射科区域和院内道路，西侧为院内道路、门急诊楼（1#楼）、外科楼（2#楼），北侧为住院办公区域、院内道路和非矿大厦停车场，下方为设备机房及值班室，上方为手术前换床、准备区。DSA 复合手术室（二层手术中心）东侧为手术中心区域和院内道路，南侧为手术中心区域和院内道路，西侧为手术中心区域、院内道路和外科楼（2#楼），北侧为手术中心区域和院内道路，下方为核磁机房及其控制室、复苏室，上方为净化设备区域。

根据本项目特点，结合《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》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以本项目拟建址周围 50m 的范围作为评价范围，如附图 2 所示。根据现场调查分析可知，评价范围内除南侧彩虹新村 25 幢和 26 幢和北侧非矿大厦停车场外，其它区域均为医院内区域。因此本项

目保护目标主要为辐射工作人员、评价范围内院内医护人员、患者、患者家属和南侧彩虹新村 25 幢和 26 幢内居民、北侧非矿大厦停车场内人员等。

3 建设单位已有核技术利用项目许可情况

核工业总医院已取得辐射安全许可证编号为苏环辐证[00333]，见附件 4。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；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 2027 年 12 月 25 日。其中III类放射源为 Ir-192，加速器 2 台，DSA 共 5 台，乙级场所 2 个（核医学和 Y-90 树脂微球治疗）丙级 2 个（I-125 粒籽和 C-14 项目）、CT、DR 等III类射线装装置共 42 台，上述项目均已履行了均已履行了环保手续。Ir-192、加速器、DSA、非密封放射性物质工作场所环保手续履行见附件 7。

4 实践正当性分析

本项目的建设可更好地满足患者多层次、多方位、高质量和便利的放射治疗和诊断需求，提高患者治疗能力。本项目的开展可达到一般非放射性治疗和诊断方法所不能及的治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院通过采取相应的辐射防护措施和管理措施，产生的辐射影响很小。因此，本项目所带来的利益是大于付出的代价的，符合辐射防护“实践的正当性”原则。

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	^{131}I（甲癌）	液态/中毒	使用	3.33E+10	3.33E+09	1.67E+12	核素治疗	简单操作	B 楼 ^{131}I 核素治疗中心	自动分装仪
2	^{131}I（甲亢）	液态/中毒	使用	3.70E+09	3.70E+08	1.85E+11		简单操作		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	DSA	II	1	待定	≤125	≤1000	放射诊断与介入治疗	B 楼 DSA1 室	新增
2	DSA	II	1	待定	≤125	≤1000	放射诊断与介入治疗	B 楼 DSA2 室	新增
3	DSA	II	1	待定	≤125	≤1000	放射诊断与介入治疗	B 楼 DSA3 室	新增
4	DSA	II	1	待定	≤125	≤1000	放射诊断与介入治疗	B 楼 DSA 复合手术室	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
患者住院产生的废水及医护人员清洗废水	液态	^{131}I	/	/	约 185m^3	总 α＜1Bq/L 总 β<10Bq/L	由专用管道统一排入衰变池。	暂存于衰变池内 180 天后排入医院污水处理系统。
服药杯、擦拭纸等	固态	^{131}I	/	/	约 50kg	/	收集于各场所的放射性废物桶内，送至固废间暂存	暂存于固体废物间内不少于 180 天，经监测满足清洁解控要求后，作为医疗废物处理。
废活性炭	固态	^{131}I	/	/	约 25kg	/	更换的废活性炭作为放射性固体废物处理，送至固废间暂存。	暂存于固体废物间内不少于 180 天，经监测满足清洁解控要求后，作为医疗废物处理。
放射性药物操作时挥发的微量气溶胶	气体	^{131}I	/	/	微量	/	不暂存	通过自动分装仪排放至室外，经分装管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放
臭氧、 氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	不暂存	直接排入大气，臭氧的有效化学分解时间约为 50 分钟
医用器具、纱布手套等医疗废物	固态	/	/	/	/	/	放于污物暂存室	由医院统一作为医疗废物处理

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.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度用比活度(Bq/l，或 Bq/kg，或 Bq/m^3)，年排放总量分别用 Bq 和 kg。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 修正版），中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日修订，2018 年 12 月 29 起施行 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行 （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日公布施行 （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日实施 （7）《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，2018 年 1 月 1 日起施行 （8）《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行 （9）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日施行 （10）《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，2011 年 5 月 1 日起施行 （11）《放射性废物安全管理条例》国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行 （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》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行 （13）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （14）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行

	（15）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》生态环境部公告第 39 号，2019 年 10 月 25 日印发 （16）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），江苏省第十三届人民代表大会常委会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行 （17）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （18）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日 （19）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日 （20）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日 （21）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 11 月 9 日
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） （2）《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》（HJ 10.1-2016） （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） （5）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021） （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） （7）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020） （8）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010） （9）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020） （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128- 2019） （11）《职业性内照射个人监测规范》（GBZ129-2016） （12）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号 （13）《表面污染测定第 1 部分β发射体（$E_{\beta max}$>0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）

	（14）《医用电气设备第 1 部分：安全通用要求三.并列标准诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》(GB9706. 12-1997)
其它	**与本项目相关附件：** （1）项目委托书（附件 1） （2）射线装置、非密封放射性核素使用承诺书（附件 2） （3）B 楼建设项目（非辐射类）环评批复（附件 3） （4）辐射安全许可证（附件 4） （5）辐射环境现状检测报告（附件 5） （6）建设项目环境影响登记表（附件 6） （7）原有核技术来源项目环保手续履行情况（附件 7） （8）拟采购 DSA 技术参数要求（附件 8）

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目 ^{131}I 核素治疗项目为乙级非密封放射性物质工作场所，DSA 属于II类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中 1.5 的规定，本项目评价范围确定为乙级工作场所（B 楼 ^{131}I 核素治疗中心）取其半径 50m 的范围，DSA 机房取其机房边界外 50m 的范围，评价范围见附图 2。

环境保护目标

本项目位于核工业总医院三香院区内，不涉及自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）及《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域（详见附图 9）。本项目使用为医用核技术利用项目，不会降低管控区的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。根据现场调查，本项目保护目标主要为辐射工作人员、评价范围内院内医护人员、患者、患者家属和南侧彩虹新村 25 幢和 26 幢内居民等。本项目评价范围内环境保护目标详细情况见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

项目	保护目标名称	方位	最近距离	规模	保护要求
^{131}I 核素治疗项目	辐射工作人员	工作场所内	紧邻	6 人	年剂量不超过 5mSv
	B 楼内医护人员	东侧、北侧、上方	约 5m	150~200 人	年剂量不超过 0.1mSv
	B 楼内患者及家属	东侧、北侧、上方	约 5m	流动人群	
	外科楼内医护人员	西侧	约 25m	150~200 人	
	院内道路行人	东侧、南侧、西侧和北侧	约 20m	流动人群	
	彩虹新村 25 幢和 26 幢内居民	南侧	约 30m	约 40 户	
DSA 项目	辐射工作人员	工作场所内	紧邻	16 人	年剂量不超过 5mSv
	B 楼内医护人员	东侧、南侧、西侧、北侧、上方和下方	约 5m	150~200 人	年剂量不超过 0.1mSv
	B 楼内患者及家属		约 5m	流动人群	
	外科楼、门急诊楼内医护人员	西侧	约 30m	100~150 人	
	外科楼、门急诊楼内患者及家属	西侧	约 30m	流动人群	
	院内道路行人	东侧、南侧、西侧、北侧	约 20m	流动人群	

	非矿大厦停车场	北侧	约 40m	流动人群	

注：DSA 保护目标考虑了本项目中所有 DSA 机房评价范围最大边界后统一进行统计。

评价标准

1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

11.4.3.2剂量约束值通常在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限（见4.3.4）。

表7-3 表面污染控制水平（单位 Bq/cm^2）

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 1)	4	4×10	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服 手套、工作鞋	控制区、监督区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}
1）该区内的高污染子区除外。				

表 7-4 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4E+09
乙	2E+7~4E+09
丙	豁免活度值以上~2E+7

表 7-5 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	核素名称	毒性组别修正因子
中毒	^{131}I	0.1

8.5 放射性废物管理

8.5.1 注册者和许可证持有者应确保在现实可行的条件下，使其所负责实践和源所产生的放射性废物的活度与体积达到并保持最小。

8.5.2 注册者和许可证持有者应按照本标准和国家其他有关法规与标准的要求，对其所负责实践和源所产生的放射性废物实施良好的管理，进行分类收集、处理、整备、运输、贮存和处置，

确保：

a）使放射性废物对工作人员与公众的健康及环境可能造成的危害降低到可以接受的水平；

b）使放射性废物对后代健康的预计影响不大于当前可以接受的水平；

c）不给后代增加不适当的负担。

8.5.3 注册者和许可证持有者进行放射性废物管理时，应充分考虑废物的产生与管理各步骤之间的相互关系，并应根据所产生废物中放射性核素的种类、含量、半衰期、浓度以及废物的体积和其他物理与化学性质的差别，对不同类型的放射性废物进行分类收集和分别处理，以利于废物管理的优化。

8.6 放射性物质向环境排放的控制

8.6.1 注册者和许可证持有者应保证，由其获准的实践和源向环境排放放射性物质时符合下列所有条件，并已获得审管部门的批准：

a）排放不超过审管部门认可的排放限值，包括排放总量限值和浓度限值；

b）有适当的流量和浓度监控设备，排放是受控的；

c）含放射性物质的废液是采用槽式排放的；

d）排放所致的公众照射符合本标准附录 B（标准的附录）所规定的剂量限制要求；

e）已按本标准的有关要求使排放的控制最优化。

8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a）每月排放的总活度不超过 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 条的规定获得）

b）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。

2《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）

5.3.1 辐射工作人员应熟练掌握安全与防护技能，取得相应资质。

5.3.2 辐射工作人员应根据实际需要配备适用、足够和符合标准的个人防护用具（器械、衣具），并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份，均应妥善保管，并应对其性能进行检验。

5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施，做好个人防护工作。

5.3.4 在伴有外照射的工作场所，应做好个人外照射防护，包括 β 外照射防护。

5.3.5 在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

3《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；

b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；

c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；

d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下：

a) 对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室(根据放射性核素防护特性分别设置)、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；

b) 对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房；

c) 诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；

d) 对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利用；

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB 18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区(病房)的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。

5.2 放射防护措施要求

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管

理，把工作场所分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1，核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录 G。

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式，^{131}I 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

8 医用放射性废物的放射防护管理要求

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。核医学常用放射性核素的物理特性参见附录 H。

8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，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，装满后的废物袋应密封，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 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。

8.9 储存场所应具有通风设施，出入处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：β＜0.4Bq/cm^2。

4《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

4.2 辐射工作场所分级

应按照 GB18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A。

4.3 辐射工作场所分区

4.3.1 应按照 GB18871 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区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，监督区入口应设置标明监督区的标志。

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。

4.5 服药患者出院要求

4.5.1 为确保放射性核素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，出院患者体内放射性核素活度应符合附录 B 的相关规定。

4.5.2 接受碘-131 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 以下或距离患者体表 1 米处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 方可出院。

5 选址和布局

5.1 选址

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分解隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

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

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

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从

事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

6.3 密闭和通风要求

6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

7 放射性废物的管理

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测满足清洁解控要求后，α 表面污染小于 0.08 Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

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；

c）含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

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 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 4Bq/cm^2、其他 α 发射体应小于 0.4Bq/cm^2。

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

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），经监测达到排放标准后，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 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10 Bq/L。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

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。

5《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号

一、关于槽式衰变池中含碘-131 放射性废水排放

含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

（一）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1ALImin（9E+5 贝可)，每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALImin(9E+6 贝可)。

（二）暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。

（三）暂存不满 180 天但监测结果表明碘-131 活度浓度已降至不高于 10 贝可/升水平，也可直接排放。

医院应做好相关排放记录。

二、关于控制区剂量率

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021，以下称核医学标准）第 6.1.5 节规定，距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。本条规定的具体含义为：

1.控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2），周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。

2.控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子＜1/2），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

三、关于独立通风要求

核医学标准第 6.3.4 节规定，手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统。单独的排风系统意为手套箱、通风橱等设备的排风管道在汇入“主排风管道前”的部分，应独立设置，防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求。

6《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

本项目 X 射线设备，机房最小有效使用面积、最小单边长度需要满足下表的要求。

表 7-6 不同 X 射线设备机房使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 d（m^2）	机房内最小单边长度 e（m）
双管头或多管头 X 射线机 a（含 C 形臂）	30	4.5
单管头 X 射线机 b（含 C 形臂）	20	3.5
a 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。b 单管头 、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

本项目为 X 射线设备机房，机房的屏蔽防护铅当量需要满足下表的要求。

表 7-7 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 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 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受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施； 工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 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。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、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橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备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小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

本项目个人防护用品和辅助防护设施需要满足下表的要求。

表 7-8 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套选配：铅橡胶帽子	—
注 1：“—”表示不做要求。 注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。 鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

a 工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。

7 项目管理目标

（1）本项目辐射工作人员及公众的辐射剂量约束值：其中职业人员年有效剂量不超过**5mSv**，公众年有效剂量不超过**0.1mSv**。

（2）^{131}I核素治疗项目控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2），周围剂量当量率应小于2.5μSv/h；控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子＜1/2），周围剂量当量率应小于10μSv/h。控制区外周围剂量当量率应小于2.5μSv/h。

表面污染控制水平控制值：本项目表面污染为β放射性物质，控制区内的工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于40Bq/cm^2，监督区的工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于4Bq/cm^2，工作人员的工作服、手套、工作鞋等工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于4Bq/cm^2，工作人员的手、皮肤、内衣、工作袜等工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于0.4Bq/cm^2。

（3）DSA机房外30cm周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h。

8 参考资料

（1）《辐射防护导论》，方杰主编；

（2）《辐射防护手册（第一分册）》、《辐射防护手册（第三分册）》，李德平、潘自强著

（3）《医用外照射源的辐射防护》，国际放射防护委员会第 33 号出版物

（4）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

表 7-9 江苏省室内、室外天然贯穿辐射所致（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	室外剂量率	室内剂量率
范围	62.6～101.9	77.2～152.4
均值	79.5	115.1
标准差（s）	7.0	16.3

*：评价时采用“均值±3s”作为辐射现状评价的参考标准。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

本项目位于核工业总医院三香院区内，三香院区位于苏州市姑苏区三香路 1055 号，地理位置见附图 1。三香院区东侧为彩虹新村、非矿大厦和苏州市急救中心（A 楼），南侧为里双河，西侧为白莲莠，北侧为三香路。三香院区平面布局及周围环境见附图 2。^{131}I 核素治疗中心位于 B 楼地下三层，DSA 项目位于 B 楼地上一层和地上二层。本项目周围环境现状图见图 8-1。

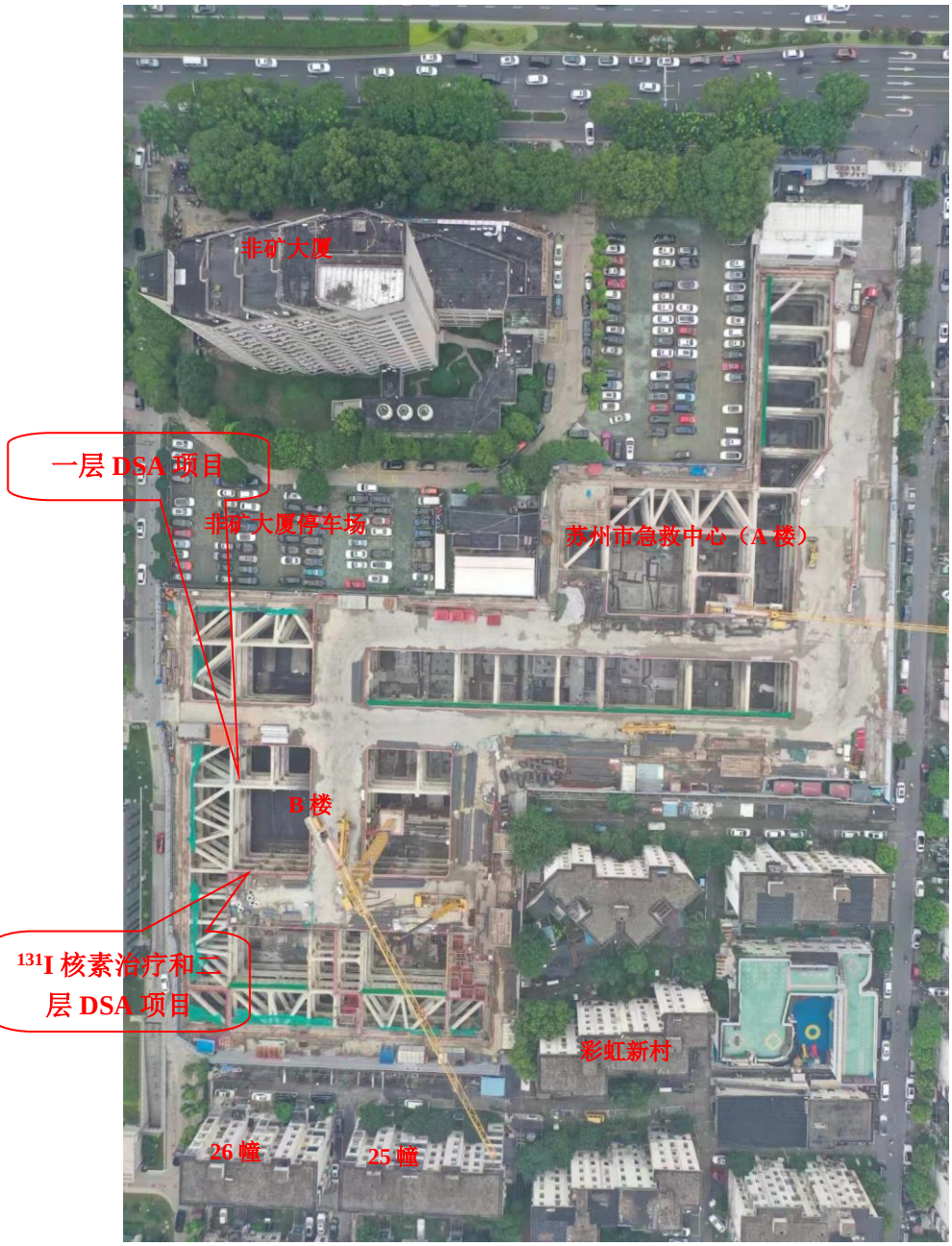


图 8-1 本项目周围环境现状图

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目周围辐射环境。

监测因子：γ辐射空气吸收剂量率和β表面污染。

监测点位：γ辐射空气吸收剂量率布点10个，β表面污染布点7个。

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司。

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（编号：J2718，检定有效期：2023年05月08日-2024年11月21日）；

Como170高灵敏α/β/γ便携式沾污检测仪（编号：J0417，2023年10月27日-2024年10月26日）。

监测项目：γ辐射空气吸收剂量率、β表面污染水平。

监测布点：项目周围进行布点，具体点位见图8-2和图8-3。

监测时间：2024年07月25日

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《表面污染测定第1部分β发射体（$E_{\beta mAx}$>0.15MeV）和α发射体》（GB/T14056.1-2008）。

数据记录及处理：γ辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393-2018，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。表面污染水平每个点位读取 5 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

3.2 质量保证措施

监测单位：公司已通过检验检测机构资质认定。

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗

证，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：监测结果见表 8-1~表 8-2，γ 辐射空气吸收剂量率参照江苏省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 项目拟建址及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率

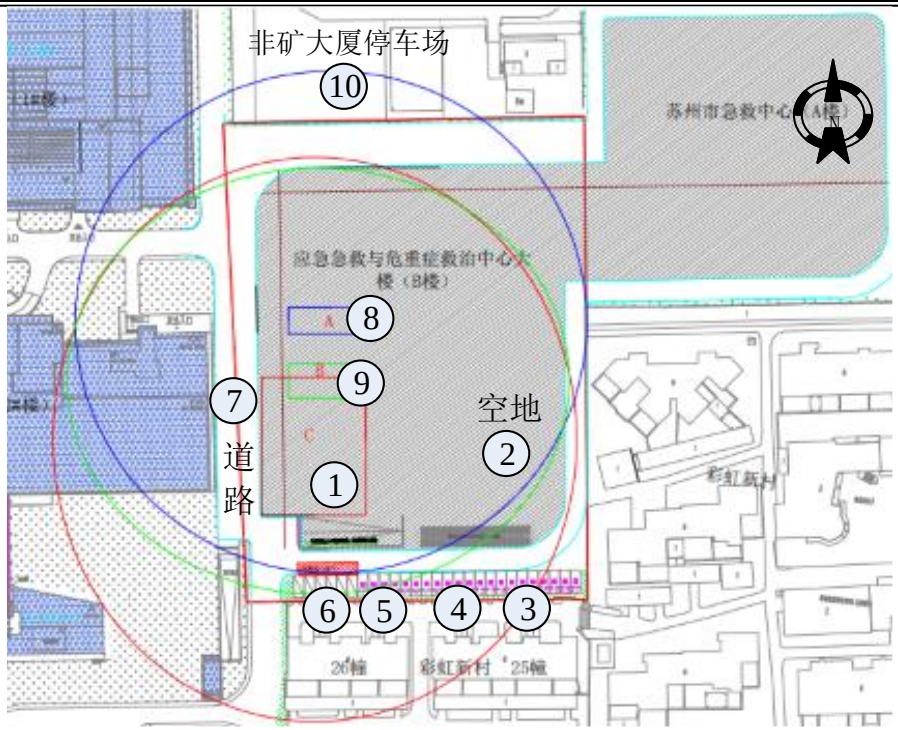
测点号	点位描述	测量结果 (nGy/h)	标准偏差	备注
1	项目拟建场址（^{131}I 核素治疗项目上方空地）	81.5	0.20	检测环境：天气：晴、温度：33.5℃、湿度：45.8%RH 检测点位见图 8-2
2	项目拟建场址东侧院内空地	81.6	0.17	
3	南侧彩虹新村二区 25 幢一单元门口	91.2	0.21	
4	南侧彩虹新村二区 25 幢二单元门口	92.2	0.23	
5	南侧彩虹新村二区 26 幢一单元门口	97.3	0.18	
6	南侧彩虹新村二区 26 幢二单元门口	103	0.22	
7	项目拟建场址西侧院内道路	77.4	0.22	
8	项目拟建场址（一层 DSA 空地）	85.6	0.19	
9	项目拟建场址（二层 DSA 下方空地）	83.5	0.21	
10	项目拟建场址北侧非矿大厦停车场	84.5	0.20	

*1.表中结果扣除仪器宇宙响应值；
2.楼房对宇宙射线的屏蔽修正因子取 0.8，平房对宇宙射线的屏蔽修正因子取 0.9，原野、道路对宇宙射线的屏蔽修正因子取 1；
3.根据 HJ 1157-2021，使用 ^{137}Cs 作为检定校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

表 8-2 项目拟建址及周围 β 表面污染检测结果

测点号	点位描述	测量结果 (Bq/cm²)	备注
1	项目拟建场址（^{131}I 核素治疗项目上方空地）地面	＜MDL	检测环境：天气：晴、温度：33.5℃、湿度：45.8%RH 检测点位见图 8-3
2	项目拟建场址东侧院内空地地面	＜MDL	
3	南侧彩虹新村二区 25 幢一单元门口地面	＜MDL	
4	南侧彩虹新村二区 25 幢二单元门口地面	＜MDL	
5	南侧彩虹新村二区 26 幢一单元门口地面	＜MDL	
6	南侧彩虹新村二区 26 幢二单元门口地面	＜MDL	
7	项目拟建场址西侧院内道路地面	＜MDL	

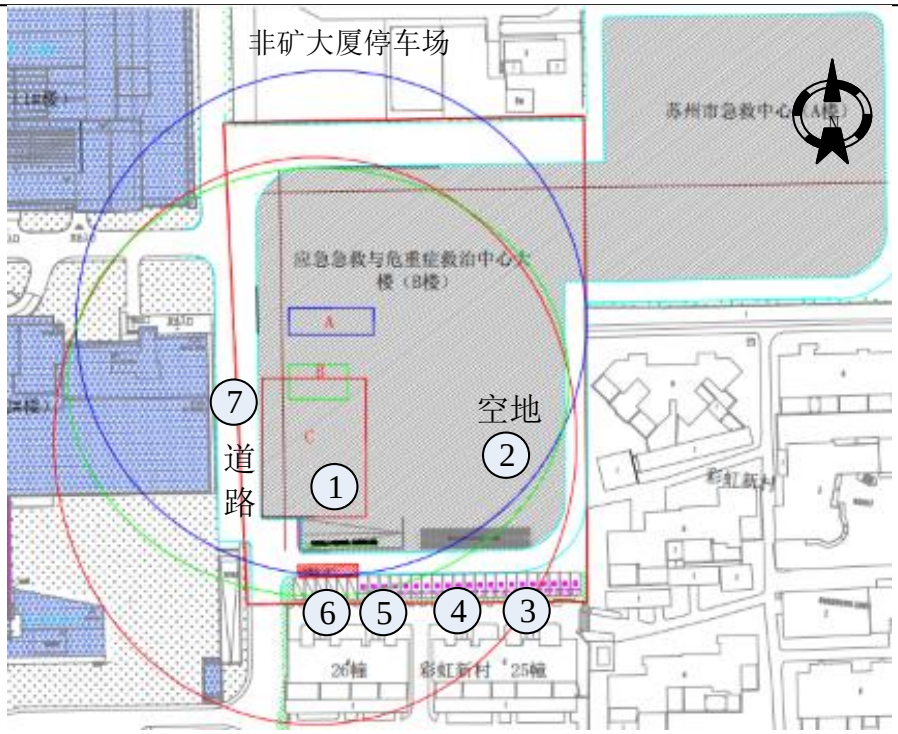
*MDL=0.014Bq/cm²。



图例：A：一层DSA项目
B：二层DSA项目
C：I-131核素治疗中心项目

图例
n：γ辐射空气吸收剂量率检测点位

图 8-2 γ辐射空气吸收剂量率检测点位图



图例：A：一层DSA项目
B：二层DSA项目
C：I-131核素治疗中心项目

图例
n：β表面污染检测点位

图 8-2 β表面污染检测点位图

4 环境现状调查结果评价

根据监测结果可知，本项目拟建址及周围的环境 γ 辐射空气吸收剂量率为(81.5~103)nGy/h，处于江苏省环境天然 γ 辐射水平涨落范围；拟建址周围表面污染监测结果均＜MDL。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 ^{131}I 核素治疗项目

1.1 工作场所分级

^{131}I 核素治疗项目位于三香院区应急急救与危重症救治中心大楼(B 楼)地下三层，采用预约治疗，甲亢治疗和甲癌治疗每周开展一次，甲亢治疗在甲癌治疗之前开展。拟使用的放射性药物使用量见表 9-1，日等效最大操作量核算见表 9-2。

表 9-1 放射性药物日使用量及年使用量

^{131}I（甲亢）	日最大用量	单次平均使用量 10mCi×日最高峰人数 10 人=100mCi=3.7E+9Bq
	年总量	单次平均用量 10mCi×年门诊量 500 人=5Ci=1.85E+11Bq
^{131}I（甲癌）	日最大用量	单次平均用量 150mCi×日最高峰人数 6 人=900mCi=3.33E+10Bq
	年总量	单次平均用量 150mCi×年门诊量 300 人=45Ci=1.67E+12Bq

表 9-2 放射性药物日等效最大操作量核算

核素	状态/毒性组别	操作方式	日等效最大操作量
^{131}I（甲亢）	液态/中毒	简单操作	日最大操作量 3.7E+9Bq×0.1（中毒）/1（液态/简单操作）=3.7E+8Bq
^{131}I（甲癌）	液态/中毒	简单操作	日最大操作量 3.33E+10Bq×0.1（中毒）/1（液态/简单操作）=3.33E+9Bq

由上述表 9-2 可知，^{131}I 核素治疗项目日等效最大操作量为 3.7E+9Bq，属于 GB18871 中乙级非密封放射性物质工作场所范围（2E+7Bq~4E+9Bq）。因此本项目为乙级非密封放射性物质工作场所。

1.2 工作原理

^{131}I 主要用于甲状腺方面疾病的治疗。I 是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转因子克服电化学梯度从血循环中浓聚 ^{131}I。因此，甲状腺疾病患者口服的 ^{131}I 药剂大都聚集在甲状腺内；^{131}I 衰变发射的 β 射线在组织内平均射程仅为 1mm，因此 β 粒子/射线的能量几乎全部释放在甲状腺组织内，对甲状腺周围的组织和器官影响较小。甲亢患者，如给予适当剂量的 ^{131}I，则可利用其放射性“切除”部分甲状腺组织而又保留一定量的甲状腺组织，达到治疗目的，使甲状腺功能恢复正常。对于甲癌患者，给予大剂量 ^{131}I，能够消除手术残留的甲状腺组织，减少复发和转移； ^{131}I 治疗后，随访变得十分容易和灵敏可靠，测量血里的甲状腺球蛋白（Tg）及 B 超、X 线检查就可以监测有无复发和转移；^{131}I 治疗甲状腺癌转移灶具有高度的靶向性，副作

用小，效果好。^{131}I 核素特性见表 9-3。

表 9-3 放射性核素性质一览表

核素种类	半衰期	衰变模式和分支比	α/β 最大能量 MeV	光子能量（MeV）	周围剂量当量率常数（裸源）μSv·m²/MBq·h
^{131}I	8.02d	β^-（100%）	0.602	0.284,0.365, 0.637	0.0595

1.3 工作流程

医院采取预约登记方式开展 ^{131}I 核素治疗，先开展甲亢患者的治疗，待全部结束离开后，再开展甲癌患者的给药和住院治疗，有甲癌患者住院期间不开展甲亢治疗。本项目甲亢治疗的单次口服剂量不超过 3.70E+08Bq，小于 GBZ120-2020 要求的 400MBq 住院剂量，病人在服药窗口口服 ^{131}I 药物后直接离开。本项目甲癌病人日收治量为 6 人，医院计划每周集中预约甲癌病人在给药区服药。供货商将药物送至高活室自动分装仪内，医务人员远程操控自动分装仪对药物进行分装，患者在服药窗口服药后进入病房住院，住院治疗期间活动仅限于甲癌病房、卫生间、活动室及患者走廊，医院拟在备餐室内设置递窗口用于配餐。

。病人住院期间，保洁人员不对病房内进行清扫，待病人出院后再对房间进行清扫，清扫的被服等物品收集后放入北侧的被服间贮存衰变。

本项目 ^{131}I 药液购自有资质的专业供货商并由其运输至高活室自动分装仪内。到货时为装入铅套内的整罐药液。为进一步减少大剂量 ^{131}I 对医护人员的辐射影响，医院拟采用放射性药物自动分装仪进行分装，工作流程如下：

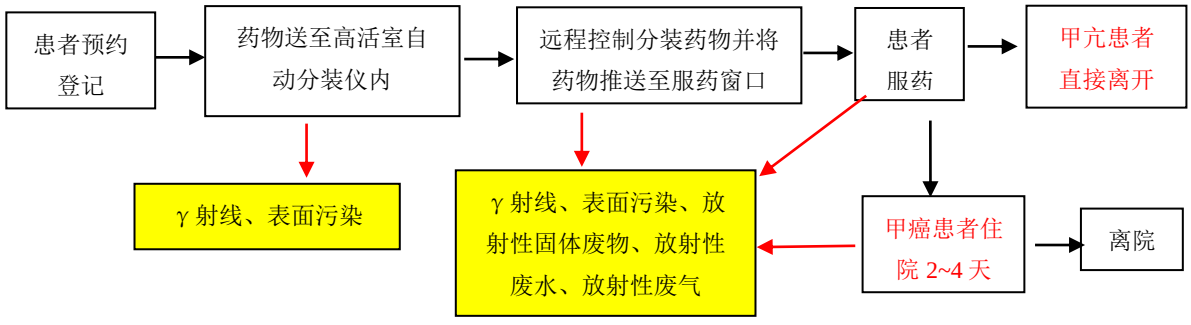


图9-1 ^{131}I核素治疗工作流程及产污环节图

2 DSA 项目

2.1 设备组成

医院在 B 楼一层介入科内新建三间 DSA 手术室，在 B 楼二层手术中心内新建一间 DSA 复合手术室，计划配备 4 台 DSA（型号未定，管电压≤125kV，管电流≤1000mA），用于介入治疗和诊断。DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像增强接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统、防护屏及防护铅帘等构成，DSA 外观见下图。

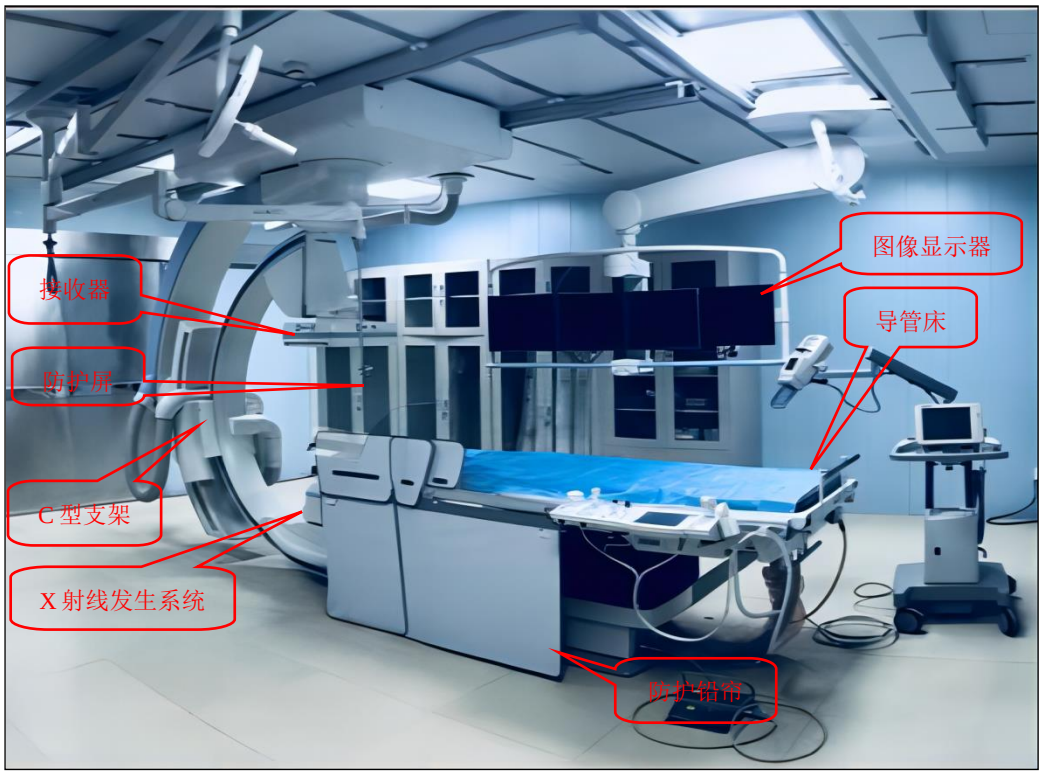


图 9-2 数字减影血管造影机外观图

表 9-4 DSA 技术参数

型号	待定（单球管）
最大管电压	≤125kV
最大管电流	≤1000mA
主射线方向	主射线朝上照射
滤过	固有滤过≥2.5mmAl、附加滤过≥0.5mmCu
照射野	最大照射野：30cm×30cm
焦皮距	＞20cm

DSA 配套设备配置情况见表 9-5。

表 9-5 DSA 配套设备一览表

序号	名称	数量	用途	位置
1	电源柜	4 套	DSA 配电	设备间
2	高压发生柜	4 套	DSA 高压装置	设备间
3	系统控制柜	4 套	设备控制	设备间
4	控制系统	4 套	DSA 设备操作	控制室

2.2 工作原理介绍

数字减影血管造影（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是 70 年代以来用于临床的一种崭新的 X 射线检查技术，是应用计算机程序两次成像完成的。DSA 的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。DSA 系统结构图见图 9-3。

介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

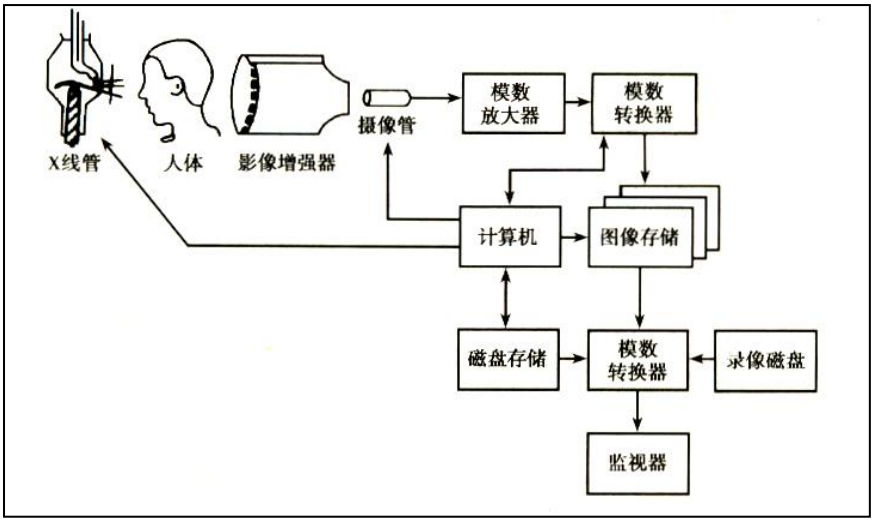


图 9-3 DSA 系统结构图

2.3 工作流程及产污环节分析

患者进行 DSA 诊断和在 DSA 引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况（摄影）：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察手术室内患者情况，并通过对讲系统与患者交流。

第二种情况（透视）：医生需进行手术治疗时，为更清楚地了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅屏风后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对患者进行直接的手术操作。注射造影剂时射线装置处于出束状态，产生 X 射线。

本项目 DSA 工作流程及产污环节（医疗废物无放射性）如下图：

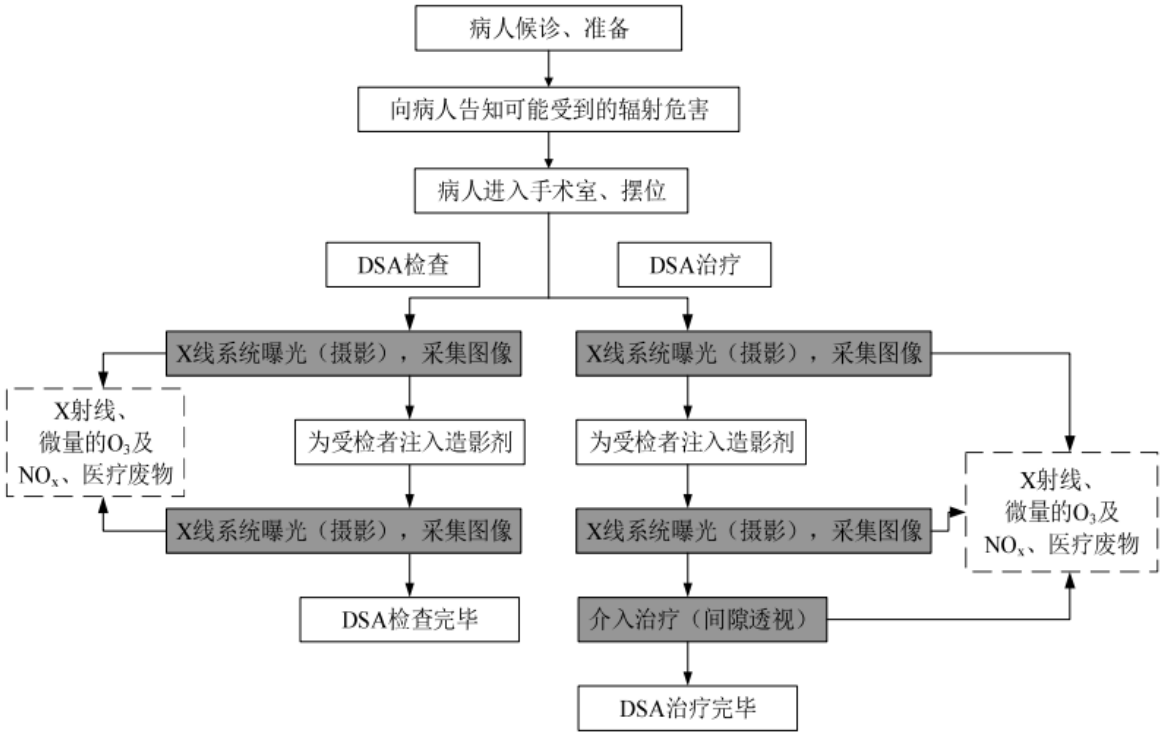


图 9-4 DSA 工作流程及产污环节示意图

2.4 工作负荷

本项目单台 DSA 的最大工作负荷情况见下表。

表 9-6 本项目单台 DSA 最大工作负荷

透视	手术类别	年开展工作量		每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间
	心脏介入	200 台		约 15min		约 50.0h
	神经介入	50 台		约 20min		约 16.7h
	综合介入	100 台		约 20min		约 33.3h
	小计	/		/		约 100.0h
拍片	手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
	心脏介入	200 台	3～4s	6～10 次	约 0.7min	约 2.3h
	神经介入	50 台	6～10s	4～10 次	约 1.7min	约 1.4h
	综合介入	100 台	3～8s	7～15 次	约 2min	约 3.3h
	小计	/	/	/	/	约 7.0h
总 计						约 107.0h

医院拟为本项目配备 16 名辐射工作人员，所配备人员满足医院介入放射学日常工作需要。其中放射影像医师和放射影像技师在设备使用过程中不进入手术室，受到透

视与拍片模式经手术室屏蔽体后的散射线、漏射线的照射；相关内外科专业技术人员在设备透视条件下会进入手术室进行操作，受到透视模式下手术室内散射线、漏射线照射。

污染源项描述

1 ^{131}I 核素治疗项目污染源项分析

1.1 放射性污染

^{131}I 核素治疗工作场所拟使用的放射性药物在分装、给药等过程中，以及给药后患者在住院过程中，由于核素的持续衰变产生的 γ 射线和（或）β 射线，将会造成医务人员及公众的外照射。

1.2 放射性废水

^{131}I 核素治疗场所产生放射性废水的主要来源是医务人员操作过程手部受到微量污染、清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废液以及病人冲洗排便用水。甲亢为门诊治疗，病人在服药后无异常状况即可离开，无放射性废水产生。因此 ^{131}I 核素治疗场所主要考虑甲癌患者住院过程中产生的废水。

（1）病人排泄废水

甲癌治疗日最大病人数量为 6 人，年最大病人数量为 300 人，该部分病人需要进行住院，住院时间平均取 4 天，病人平均每天废水产生量以 150L 计，主要来源于淋浴、排泄废水，所以甲癌治疗的病人产生的废水量为 900L/d，则年产生的废水量为 180m^3（300 人*150L*4d=180m^3）

（2）工作场所清洗废水

^{131}I 核素治疗场所医务人员每周的清洗用水量约为 100L，年工作 50 周，则年产生量为 5000L。

综上所述，核医学科 ^{131}I 核素治疗场所产生的放射废水量见下表：

表 9-7 本项目放射性废水产生量

工作场所	核素名称	来源	年产生量（m^3）	
B 楼 ^{131}I 核素治疗中心	^{131}I	病人住院废水	180	185
		清洗废水	5	

1.3 放射性固废

本项目药物使用过程中产生的一次性服药杯、擦拭纸等，及通风系统更换产生的含

放射性核素的废活性炭。产生放射性固废见下表：

表 9-8 放射性固废产生量

工作场所	核素名称	来源	日产生量（kg）	年生产天数（天）	年产生量（kg）
核素治疗	^{131}I	一次性服药杯、擦拭纸	0.2	250	50
通风系统	^{131}I	废活性炭：25kg/a			

1.4 放射性废气

核医学科 ^{131}I 核素治疗场所拟设置单独的通风系统，监督区拟设为正压通风，控制区域均拟设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。

放射性药物分装等操作在自动分装仪内进行，自动分装仪内均拟设计独立的通风系统，风速不小于 0.5m/s，通风系统设置活性炭过滤装置，能起到对放射性气溶胶的吸附作用，并定期拆卸更换作为放射性固体废物处置，排放口位于 B 楼北侧区域屋顶，位置见附图 15。屋顶距离地面约 66.1m，排风口高于屋顶约 1m，排风口距离南侧彩虹新村约为 80m，彩虹新村为 6 层，高约为 21m。综上排风口高于彩虹新村居民楼及距离达到 80m，并在排风口设有活性炭过滤装置。因此其运行后产生的放射性气体不会对南侧彩虹新村及周围环境带来明显影响。放射性气体对放射工作人员的影响可以忽略。

2 DSA 污染源项分析

2.1 放射性污染

DSA 产生的 X 射线随机器的开、关而产生、消失，因此在设备使用期间，X 射线是主要污染因子。

2.1.1 有用线束

本项目 DSA 的有用线束方向为由下至上，有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），摄影时，如果患者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果患者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的裕量。DSA 正常运行时，透视模式的工况为（70~80kV/1~20mA），摄影模式的工况为（70~80kV/100~500mA）。

本项目数字减影血管造影设备的过滤材料按照 DSA 总过滤 2.5mmAl 进行剂量预

测，查《辐射防护导论》附图 3，本项目正常运行时最大电压为 80kV，离靶 1 米处的发射率约为 5.0mGy·m^2 /mA·min，即 300000μGy·m^2 /mA·h。

2.1.2 泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量），以及《医用电气设备 第 1 部分：安全通用要求三并列标准诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.103-2020）中 12.4 的相应要求，取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

2.1.3 散射线

本项目 DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到患者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

2.2 非放射性污染

DSA 在工作状态时，会使手术室内的空气产生电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。本项目 DSA 在投入使用后，还会产生一定量的医疗垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 ^{131}I 核素治疗项目

1.1 项目选址

^{131}I 核素治疗中心位于 B 楼地下三层，地下三层~地下一层见附图 3~附图 5，^{131}I 核素治疗中心平面布局见附图 10，东侧为其办公区域、停车场和土层，南侧为土层，西侧为土层，北侧为停车场，上方为停车场、电梯间，下方为衰变池和土层。^{131}I 核素治疗中心场址不邻接产科、儿科、食堂等部门，集中设置在地下三层，出口即为停车场，不与门诊大厅相通，未邻接人群稠密区域。综上所述本项目选址合理。

1.2 工作场所分区

为便于辐射防护管理和职业照射控制，根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》要求，工作场所按其功能及放射性操作水平进行划分，实施分区管理，^{131}I 核素治疗工作场所控制区与监督区划分见附图 10。医院将病房、活动室、抢救室、给药室、高活室、清洗间、固废间、污物暂存间和衰变池等区域作为控制区进行管理，严禁无关人员进入；将卫生通过间、护士站、备餐室、清洁物品库、库房、配电间等作为监督区进行管理，无关人员不得随意进入该区域。综上所述核医学科控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

1.3 工作场所布局

核医学科应设有人流和物流路线，人流路线主要包括工作人员路线和患者路线，物流路线主要放射性药物路线和放射性固废路线。放射性药物由药物供应商在医护上班之前送达，放射性固废在患者出院后进入控制区清理和送至固废间。本项目设有人流路线（见附图 11）和物流路线（见附图 12）。

工作人员路线：如蓝色箭头所示，工作人员乘坐医护专梯至地下三层 B 楼 ^{131}I 核素治疗中心。通过门 D1 进入医护人员办公区域、更衣区域，更衣后经门 D2 进入护士站对患者进行登记，经门 D3、门 D4 进入高活室内对药物基本信息进行核实，然后再至护士站处远程操控自动分装仪对药物进行分装；经门 D5、D6 进入抢救室进行抢救，经门 D7 将配合的餐放入备餐间的传递窗上。

患者路线：如红色箭头所示，患者乘坐病人电梯至地下三层 B 楼 ^{131}I 核素治疗中心。经门 M1 至护士站进行登记，再经门 M2 进入控制区内，经门 M3 进入给药室服

药。甲癌患者服药后经门 M4 进入病房区域，并经病房防护门进入病房，住院期间经活动室防护门进入活动室内活动；出院前经 M6、M7 进入出院防护检测 1 区域检测，检测防护要求再经 M8 进入出院防护检测 2 区域检测，检测符合要求后经 M9~M11 离开。甲亢患者服药后直接经门 M4、M13 离开。

^{131}I 核素治疗项目设有放射性药物运输、放射性固废运输路线见附图 12。

放射性药物运输路线：如绿色箭头所示，放射性药物由药物供应商在医护上班之前送达。供应商乘坐病人专梯至地下三层 B 楼 ^{131}I 核素治疗中心，经 M1、M2 进入控制区，再经 M3 进入给药区，再经服药窗口将药物放入自动分装仪内，供应商在放射性药物送达后原路返回。

放射性固废运输路线：如青色箭头所示，病房、活动室内产生的放射性废物首先暂时放置在本房间的放射性废物桶内，然后统一收集送至高活室内固废间内存储。患者出院更换的被服统一暂存至污物暂存间内暂存。

综上所述，^{131}I 核素治疗项目工作人员与患者不交叉，放射性药物运输在工作人员上班前完成，避免与工作人员的交叉，该工作场所的布局符合《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 和《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 的要求。

1.4工作场所分级和分类

根据表 9-2 可知，本项目工作场所的日等效最大操作量为 3.70E+09Bq，属于 GB18871-2002 中乙级非密封放射性物质工作场所范围（2E+7Bq~4E+9Bq）。根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求，对工作场所进行分类，加权活度等于计划的日操作最大活度与该核素毒性组别修正因子的乘积除以与操作性质修正因子所得的商。计算结果见下表。

表10-1工作场所分类一览表

房间	核素	日操作最大活度（Bq）	毒性权重因子	操作性质修正因子	操作最大量的加权活度（Bq）	场所类别
高活室、给药室	^{131}I	3.70E+10	100	1	3.70E+12	I
病房、抢救室、活动室	^{131}I	5.55E+09	100	1	5.55E+11	I

根据上表可知，高活室、给药室、病房和抢救室为I类临床核医学工作场所。医院应根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“表 1 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求”进行设计和施工。

1.5工作场所屏蔽设计

^{131}I 核素治疗工作场所的屏蔽防护设计见下表。

表 10-2 工作场所辐射防护屏蔽设计参数

房间	墙面	顶面	地面	防护门
1#~3#病房	西墙混凝土墙+土层，东、南、北墙 24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	6mmPb
4#病房	北墙 24cm 混凝土砖墙+2mmPb，西墙混凝土墙+土层，东、南墙 24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	6mmPb
5#病房	北墙 24cm 混凝土砖墙+2mmPb，东、南、北墙 24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	6mmPb
6#病房	北墙 24cm 混凝土砖墙+2mmPb，东、南、西墙 24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	35cm 混凝土	6mmPb
1#活动室	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	6mmPb
2#活动室	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	35cm 混凝土	6mmPb
高活室	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	6mmPb
抢救室	南、西墙混凝土墙+土层，东、北墙 24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	6mmPb
给药室	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	2mmPb
固废间	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	2mmPb
备餐室	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	2mmPb
污物暂存间	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	2mmPb
清洗间	24cm 混凝土砖墙	20cm 混凝土	土层	2mmPb
衰变池	四周和底部墙体均为 70cm 厚混凝土浇筑，顶部为 35cm 厚混凝土浇筑，并在衰变池顶部东北角设有 1 个尺寸为 1.2m*1.2m 检修口，检修口采用 4mm 铅板防护。			
放射性废水管道	排水管道均采用顶板下敷设，并使用 3mm 铅皮包裹。			
其它	自动分装仪：40mmPb；服药窗口：15mmPb；控制区进出口防护门：4mmPb；服药室传递窗：3mmPb；备餐室传递窗：3mmPb			
注：混凝土和混凝土砖墙密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^3。				

1.6 辐射安全措施设计

（1）医院拟在控制区出入口、控制区内各房间门口、自动分装仪等核素操作场所表面、放射性废物桶表面等醒目位置均拟设置电离辐射警告标志，用于提醒无关人员不要靠近和逗留。

（2）医院拟在控制区病患出入口处设带门禁系统的单向门，实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线，加强对控制区带药患者的管理，并防止无关人员入

内。同时医务人员应告知病人离开路线，防止其对其他公众造成不必要照射。

（3）医院拟在控制区内安装监控及对讲设备，通过监控及对讲设备对控制区内用药后患者进行有序管理，使患者有序进入场所内用药就诊。同时，除了使用监控及对讲设备对患者进行逐个叫号服药，并在地面设置指示箭头以及指示牌指示患者进行有序服药，通过加强管理的方式减少患者的直接交叉辐射影响。

（4）工作场所内不得安排与放射性无关的工作。

（5）放射性药物的操作在高活室的分装内进行。放射性药物操作时均应在衬有吸水纸的托盘内进行，药物在使用前有铅盒和铅套屏蔽。

（6）在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物件。辐射工作人员操作后离开工作室前洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

（7）使用操作应在指定的工作台或搪瓷盘内进行，操作人员需配戴个人防护用品，应避免皮肤直接接触放射性物质。

（8）场所内门窗及内部结构应尽量简单，墙面、地面应采用易于去污的材料或涂料，并平整光滑；地面与墙面交接应做成圆角，且应有一定的坡度朝向地漏（如设地漏）。

（9）医院计划给工作人员配备放射性污染防护服。

（10）医院计划为配备应急及去污用品，主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨） 、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。

（11）甲癌患者出院前，需要通过患者出院防护检测 1 和检测 2 区域，距离患者体表 1 米处的周围剂量当量率不大于 25 μSv/h 方可出院。

本项目拟设置的辐射安全装置和保护措施符合《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 和《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 的要求。

2 DSA 项目

2.1 项目工作场所布局合理性分析

一层介入科 DSA：工作场所主要由 3 间 DSA 室、控制廊、设备间、患者/污物走

廊、缓冲区、苏醒区、库房等组成。介入中心出入口设有门禁系统，除科室人员刷门禁卡可以进入外，其他人员一般不允许进入。医院将 3 间 DSA 室划为控制区，将手术室相邻的控制廊、设备间、库房划为监督区，同时将 DSA 室北侧防护门外 30cm 纳入监督区管理。控制区与监督区划分见图 10-1，其中红色表示控制区，蓝色表示监督区。

二层手术室中心 DSA：工作场所主要由 DSA 复合手术室、控制室、设备间、污物走廊、洁净走廊、库房等组成。手术中心出入口设有门禁系统，除科室人员刷门禁卡可以进入外，其他人员一般不允许进入。医院将 DSA 复合手术室划为控制区，将手术室相邻的控制室、设备间、库房划为监督区，同时将 DSA 室南北侧防护门外 30cm 纳入监督区管理。控制区与监督区划分见图 10-2，其中红色表示控制区，蓝色表示监督区。

综上所示，DSA 项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的规定，将辐射工作区域进行分区，同时对控制区和监督区采取相应的措施，可以有效避免人员误闯入而造成的误照。

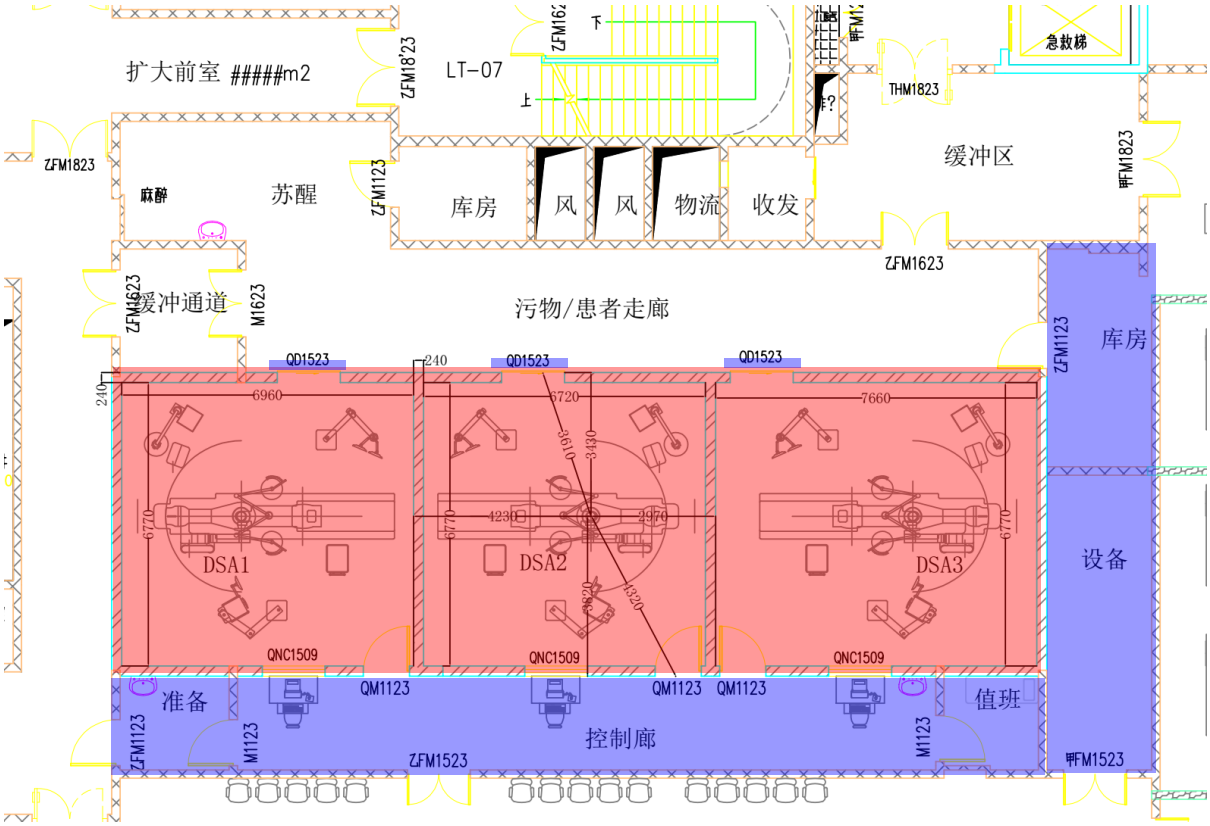


图 10-1 一层介入科 DSA 手术室布局及分区图

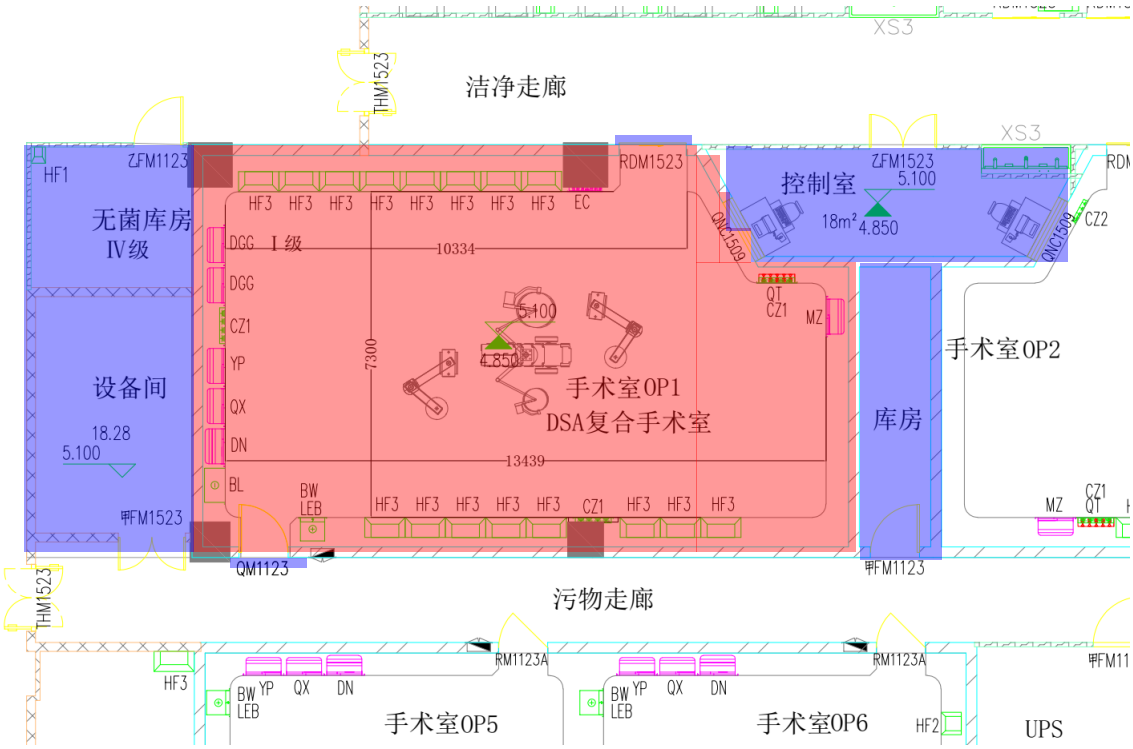


图 10-2 二层手术室中心 DSA 手术室布局及分区图

2.2 辐射防护屏蔽设计

本项目 4 间 DSA 室除机房尺寸不一致外，其它屏蔽防护设计一致。因此选取其中机房单边长度和有效面积最小的一层介入科 DSA2 室进行屏蔽防护分析。DSA2 室尺寸、最小单边长度、有效使用面积及屏蔽参数见下表。

表 10-3 DSA2 室辐射防护屏蔽参数一览表

机房	设计参数		GBZ130-2020 要求	评价
DSA 室	最小单边长度	DSA1 室：6.77m；DSA2 室：6.72m； DSA3 室：6.77m；DSA 复合手术室：7.3m	3.5m	满足
	有效使用面积	DSA1 室：6.96×6.77≈47.12m² DSA2 室：6.72×6.77≈45.49m² DSA3 室：7.66×6.77≈51.86m² DSA 复合手术室：7.3×10.33≈75.41m²	20m²	满足
	四周墙面：24cm 混凝土砖墙（3.24mmPb） 顶部和底部： 24cm 混凝土（总等效铅当量 3.24mmPb） 防护门：内衬 3mm 铅板；观察窗：3mmPb 铅玻璃		2mmPb	满足
注：混凝土和混凝土砖墙密度均为 2.35g/cm³，铅板密度为 11.35g/cm³。				

2.3 辐射安全措施

DSA 设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）医院拟在控制台处设计有观察窗，可通过观察窗观察手术室内患者状态；

（2）医院拟在电动防护门设置工作状态指示灯，且与防护有效联动，警示灯箱处设置警示语句，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；电动防护门入口设置红外装置，防护门关闭过程中，有人员闯入防护门自动弹开。

（3）医院拟在手动防护门处设置自动闭门装置；

（4）医院拟为 DSA 工作人员配备双个人剂量计；

（5）医院拟为参与介入手术的辐射工作人员配备一系列的个人防护用品，具体配备情况见下表。

表 10-4 拟配备的个人防护用品一览表

<table>
<tr><td colspan="3">标准要求</td><td colspan="2">拟配备的防护用品</td><td rowspan="2">数量</td></tr>
<tr><td>使用人员</td><td>防护用品名称</td><td>标准铅当量</td><td>防护用品名称</td><td>标准铅当量</td></tr>
<tr><td rowspan="3">受检者</td><td rowspan="2">铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套</td><td rowspan="2">≥0.50mmPb</td><td>铅橡胶性腺防护方巾</td><td rowspan="3">0.5mmPb</td><td>4</td></tr>
<tr><td>铅橡胶颈套</td><td>4</td></tr>
<tr><td>选配：铅橡胶帽子</td><td>成人≥0.25mmPb；儿童≥0.50mmPb</td><td>铅橡胶帽子</td><td>4</td></tr>
<tr><td rowspan="5">工作人员</td><td rowspan="4">铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套</td><td rowspan="5">介入防护手套≥0.025mmPb、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套≥0.50mmPb、其它≥0.25mmPb</td><td>铅橡胶围裙</td><td>0.5mmPb</td><td>12</td></tr>
<tr><td>铅橡胶颈套</td><td>0.5mmPb</td><td>12</td></tr>
<tr><td>铅防护眼镜</td><td>0.25mmPb</td><td>12</td></tr>
<tr><td>介入防护手套</td><td>0.025mmPb</td><td>若干</td></tr>
<tr><td>选配：铅橡胶帽子</td><td>铅橡胶帽子</td><td>0.25mmPb</td><td>12</td></tr>
<tr><td colspan="6">注：四个 DSA 手术室即 DSA1~DSA3 室和 DSA 复合手术室，受检者防护用品每个手术室 1 套，工作人员防护用品每个手术室 3 套。</td></tr>
</table>

表 10-5 拟配置的辅助防护用品一览表

<table>
<tr><td colspan="2">标准要求</td><td colspan="2">拟配备防护用品</td><td rowspan="2">数量</td></tr>
<tr><td>防护用品名称</td><td>标准铅当量</td><td>防护用品名称</td><td>标准铅当量</td></tr>
<tr><td>铅悬挂防护屏</td><td rowspan="2">≥0.25mmPb</td><td>铅悬挂防护屏</td><td rowspan="2">0.25mmPb</td><td>4</td></tr>
<tr><td>床侧防护帘</td><td>床侧防护帘</td><td>4</td></tr>
<tr><td>选配：移动铅防护屏风</td><td>≥2.0mmPb</td><td>移动铅防护屏风</td><td>2.0mmPb</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="5">注：四个 DSA 手术室即 DSA1~DSA3 室和 DSA 复合手术室，辅助防护用品每个手术室 1 套。</td></tr>
</table>

（6）医院向符合要求的供应商采购设备，且能够提供设备验收合格证明。介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

（7）其他辐射安全措施

介入手术需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入放射的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X 射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

a）操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

b）一般说来，降低病人的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少病人和介入人员的剂量。

c）所有在 DSA 机房内的工作人员，并不仅限于介入手术医生，而包括周围护理人员，都应开展个人剂量监测，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

d）引入的 DSA 及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量。

e）介入人员应该结合 DSA 设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如采用小照射野、低频率脉冲透视等方法。

f）加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与高压发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。

g）临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，仅依赖于医务人员身着铅衣、机器自带的铅吊帘等防护设备被动防护。一般来说，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅衣、铅围脖、铅帽及铅眼镜等）外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的，且能消毒。如：床侧立地防护屏、防护手术手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下吊帘、床侧吊帘、床上防护覆盖板等。以上组合屏蔽防护措施的使用，能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量，尤其是胸部以下部位屏蔽效果在 80%以上。

三废的治理

1 核医学科项目

1.1 放射性废水处理措施

医院在 B 楼 ^{131}I 核素治疗场所下方设置一个衰变池，位置见附图 10（图中红色线框所示，位于 6#病房、2#活动室等区域下方）。衰变池四周和底部墙体均为 70cm 厚混凝土浇筑，顶部为 35cm 厚混凝土浇筑，并在衰变池顶部东北角设有 1 个尺寸为 1.2m*1.2m 检修口，检修口采用 4mm 铅板防护，衰变池设计见附图 13。衰变池内包括 4 个不锈钢槽体组成，其构造、容积及工作流程见下表：

表 10-6 衰变池内槽体构造、容积及工艺流程

名称	基本信息
槽体	构造：四周、顶部和底部均采用不锈钢制作。 容积：由 4 个不锈钢槽体组成，采用 304 不锈钢拼接，其中槽体容积均为 36m^3（槽体 1：长 5m×宽 6m×高 1.2m；槽体 2、槽体 3、槽体 4：长 4m×宽 6m×高 1.5m）。
处理单元说明	（1）槽体之间采用并联设计，当第一个槽体注满后，自动关闭（开始计算衰变期），开启第二个槽体，当第二个槽体注满后，自动关闭，开启第三个槽体，依此类推，在第四个槽体未注满前第一个槽体达到 180 天排放标准开始排放，当第四个槽体注满后，自动关闭，开启第一个槽体，依次循环；整体运行由废液排放检测系统进行监控管理。 （2）程控式 PLC 控制，液晶触摸屏可显示各槽体液位高度、电动阀和管道泵状态，实现对设备的所有工况监视及控制。 （3）多样化传感器，可使系统实现精确到“位”执行单元的故障报警，方便判断故障，减少不必要的损失及照射。 （4）末端 IP45 级防水及带自屏蔽的自动取样监测单元，可远程控制取样或每次排放自动取样测量，系统自动保存测量值；当浓度高于设定则报警提示。每次排放废液均自动替换上次腔体内液体并保留到下次排放；当刻度后的探头监测到排放不达标会自动报警以便认为确定是否排放或再次留存一段时间。如长时间无人确认，此时探头默认连续开启，当废液一旦监测达标即马上排出。如当衰变池内部废液到达极限液位还未达标，系统自动触发报警并通过网络下发高级提示（如无网络功能时会自动排出）。 （5）配置区域报警功能，包括环境辐射剂量监测报警、重点区域漏水报警。 （6）可自动保存排放剂量、取样记录、异常记录、操作记录等，可方便的调取、查看。 （7）采用上送下排原则，可切换自动/手动排放模式，同时配置人工取样口，方便生态环境部门取样分析。 （8）具有远程协助功能，可通过互联网实现远程监控等功能。

根据表 9-7 可知，本项目年产生的废水量约为 185m^3，则月产生的废水量约为 15.42m^3，衰变池中单个槽体容积约为 36m^3，当其中一个槽体内废水储满开始至其它三个槽体储满时间约为 210 天（108/15.42*30≈210），满足暂存时间超过 180 天的要求，可直接排入医院污水处理系统。

综上所述，医院采取的放射性废水处置措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

1.2 放射性固体废物处理措施

根据表 9-8 可知，年产生的放射性固体废物量约为 50kg，废活性炭年产生量约为 25kg，固废年总体积不超过 3m^3，放射性固体废物间体积约为 17.5m^3，能够满足其暂存容积要求。医院拟将该部分放射性固体废物暂存于核素治疗场所固体废物间内不少于 180 天，并经监测辐射剂量率满足所处环境本底辐射水平后可作为医疗废物处理，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

根据标准要求，医院拟对放射性废物的管理措施主要有：

（1）各场所设置的放射性废物桶均拟采用 5mm 铅当量的铅屏蔽，并拟在废物桶外明显位置设置电离辐射警示标志。废物桶的放置于房间角落，避开工作人员工作和经常走动的区域。

（2）废物桶内拟放置专用塑料袋直接收纳废物，拟对装满后的废物袋进行密封，不破漏，并再标记相应信息后及时送放射性废物间专用容器中贮存。

（3）放射性废物贮存间拟设通风设施，出入口设电离辐射警告标志。

（4）放射性废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并拟在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

（5）各放射性废物包装体外表面的污染控制水平：β＜0.4Bq/cm^2。

1.3 放射性废气处理措施

^{131}I 核素治疗场所内设有套单独的通风系统（见附图 14），监督区拟设为正压通风，控制区域均拟设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。本项目放射性药物在自动分装仪内操作，自动分装仪拟设计独立的排风系统，风速不小于 0.5m/s，外排口由专用管道延伸至屋顶，排风口高于本建筑的屋顶，设有活性炭吸附箱对放射性气溶胶进行吸附，定期更换的废活性炭作为放射性固体废物处理。医院采取的放射性废气处理措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

2 DSA 项目

DSA 运行时不产生放射性废水、放射性废气及放射性固体废物，但其在开机并处于出束状态时，会使机房内的空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，产生的臭氧和氮氧化物可通过机房的机械通风系统排出，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响很小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目属于新建项目，项目建设施工时对环境会产生如下影响：

（1）大气：根据《江苏省大气污染防治条例》等有关规定，本项目施工期拟采取以下环保措施：1）施工工地主要道路和操作场地应当用混凝土进行硬化，场内硬化地面、出入口道路无明显积尘；2）工地出口应设置车辆冲洗平台，确保车辆驶离建筑工地前车厢及厢盖外部、底盘、轮胎等处不得粘有污物和泥土；3）进场施工前建设安装智慧工地系统和围挡喷淋系统，配备洒水车、雾炮等降尘设备；4）建筑垃圾、工程渣土在四十八小时内完成清运，未及时清运的在施工工地内临时堆放并采取围挡、遮盖等防尘措施；5）挖掘机加装喷淋装置，配备小型雾炮等洒水设备，挖掘和拆除过程中进行全程跟随洒水或者喷淋；6）使用商品混凝土及成品砂浆，严禁露天搅拌砂浆、混凝土，砂浆罐应当用硬质材料密封，并在顶部加装喷淋；7）设置钢筋加工焊接作业棚，禁止露天焊接作业，配备焊烟回收处理装置，禁止焊烟直排；8）施工所用非道路移动机械应张贴环保标识，尾气排放应符合达标排放要求；9）制作并张贴扬尘控制承诺书，制定施工期环境保护制度。

（2）噪声：在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，尽量使用噪声低的设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

（3）固体废物：施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（4）废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1 DSA 项目

介入科 DSA1 室、DSA2 室、DSA3 室和手术中心 DSA 复合手术室除机房尺寸不一致外，其它屏蔽防护设计一致、拟配备的 DSA 最大管电压、最大管电流限值均一致。因此选取其中机房单边长度、有效面积最小的 DSA2 室进行分析。

1.1 评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 规定，C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

1.2 各屏蔽部位的铅当量厚度核算

DSA2 室使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及混凝土。按额定管电压 125kV 的极端条件核算各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

混凝土的等效铅当量厚度核算：

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b)给出的计算公式进行计算：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma}\ln\left(\frac{B^{-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}}\right) \quad \cdots\cdots（1）$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α、β、γ——相应屏蔽物质对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a）相应要求采用给出的计算公式进行计算：

$$B = \left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \cdots\cdots（2）$$

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α、β、γ——铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

由 GBZ 130-2020 中表 C.2 查取 125kV 管电压工况下 X 射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数，列于表 11-1：

表 11-1 125kV 管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

DSA2 室屏蔽部位涉及的 240mm 混凝土，分别按公式（2）、公式（1）计算其屏蔽透射因子 B、铅当量厚度，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 屏蔽透射因子 B 值、铅当量厚度计算结果

屏蔽体	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度（mm）
240mm 混凝土砖	4.58E-05	3.24

1.3 辐射环境影响分析

1.3.1 与标准对照预测

DSA2 室辐射防护屏蔽设计参数与标准对比见表 11-3：

表 11-3 屏蔽设计参数

/		DSA2 室	标准要求（DSA）	评价
设计尺寸	最小有效使用面积	45.49m^2	单管头 X 射线设备，最小单边长度不少于 3.5m，有效使用面积不少于 20m^2	满足
	最小单边长度	6.72m		满足
屏蔽设计	四周墙体	24cm 混凝土砖墙（等效铅当量 3.24mmPb）	C 形臂 X 射线设备机房的相关要求：有用线束方向和非有用线束方向铅当量不少于 2mm	满足
	顶部、地板	24cm 混凝土砖墙（等效铅当量 3.24mmPb）		满足
	防护门	内衬 3mm 铅板		满足
	观察窗	3mmPb 铅防护玻璃		满足

根据表 11-3 可知，DSA2 室屏蔽设计均不低于 2mmPb，有效使用面积、最小单边长度及屏蔽防护均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 C 形臂 X 射线设备机房的相关要求。因此可推断 DSA2 室周围环境辐射水平能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

1.3.2 理论计算

本项目 DSA 辐射影响构成情况见表 11-4。

表 11-4 本项目 DSA 设备有用线束及非有用线束的辐射影响构成情况

/	操作模式	正常运行时最大工况	射线种类	辐射影响对象
有用线束	摄影模式	80kV/500mA	有用线束	DSA2 室顶部外公众
	透视模式	80kV/20mA	有用线束	DSA2 室顶部外公众
非有用线束	摄影模式	80kV/500mA	散射线、泄漏射线	DSA2 室外公众、操作人员
	透视模式	80kV/20mA	散射线、泄漏射线	DSA2 室外公众、操作人员；DSA2 室内介入治疗操作人员

依照医院提供资料，本次评价的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为

1000mA。实际使用时，透视模式下最大管电压约为 80kV，最大管电流约为 20mA，摄影模式下最大管电压约为 80kV，最大管电流约为 500mA。

关注点处有用线束辐射空气比释动能率计算:

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的 X 射线机散射线在关注点处的辐射剂量率计算公式（公式 10.8）进行推导，得到有用线束在关注点处的辐射剂量率 H 的计算公式（推导中，原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot B \cdot K}{d^2}$$

……（3）

式中：H_0—X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、滤过为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护导论》附图 3 查得本项目取 $5mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，即 $300000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

I—管电流，mA；本项目透视、摄影模式下正常使用的最大管电流分取 20mA、500mA；

d—受照体至关注点的距离，本项目受照体至关注点的距离列于表 11-5；

B—屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见公式（2）；

K—从《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表 B2 查取；对于本项目 DSA 运行管电压 80kV 时，查取 K 值为 1.67。

表 11-5 受照体至关注点的距离

关注点位置		受照体至关注点的距离 *ds*（m）
DSA2 室	顶部	5.2
$ds_{顶部}$=受照体到顶部屏蔽体的距离 4m+顶棚厚度 0.24m+参考点 1.0m=5.24m		

本项目 DSA 正常运行最大管电压 80kV，由 NCRP147 报告 TABLE A.1 查取 80kV 管电压工况下 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，具体见表 11-6。

表 11-6 铅对 80kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	α	β	γ
80kV	4.040	21.69	0.7187

利用公式（2）对 DSA2 室顶部屏蔽透射因子进行计算，列于表 11-7。

表 11-7 DSA2 室屏蔽体屏蔽透射因子计算结果

屏蔽体（设施）		等效铅当量（mm）	B_S
DSA2 室屏蔽体	顶部	3.24	1.57E-07

将前述有关参数代入公式（3），计算透视及摄影模式 DSA2 室顶部外公众辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-8。

表 11-8 关注点处有用线束辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置	扫描模式	H_0	I	B	d	Hs	
		μGy•m²/（mA•h）	mA	/	m	μGy/h	μSv/h
顶部	透视模式	300000	20	1.57E-07	5.24	3.44E-02	5.75E-02
	摄影模式	300000	500	1.57E-07	5.24	8.60E-01	1.44E
备注：80kV 时 Gy 与 Sv 转换系数 K，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表 B2，K 取 1.67							

关注点处散射辐射空气比释动能率计算:

1）散射辐射空气比释动能率计算公式

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的 X 射线机散射线在关注点处的辐射剂量率计算公式（公式 10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的辐射剂量率 H_S 的计算公式（原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s \cdot K}{d_0^2 \cdot d_s^2} \quad \cdots\cdots（4）$$

式中：H_0—X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1 m 处由主束产生的比释动能率），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、滤过为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护导论》附图 3 查得本项目取 $300000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

I—管电流，mA；本项目透视、摄影模式下正常使用的最大管电流分别取 20mA、500mA；

a—人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，查《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1，本项目常用最大管电压为 80kV，对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，从《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中采用内插法查取散射角 90°时 80kV 对应的 a 值为 0.0008（该取值适用于机房四侧关注点相应预测计算）；

S—主束在受照人体上的散射面积，考虑手术需要的常用最大照射面积，本项目

取 256cm^2；

d_0—源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目取 d_0 最小值 0.45m（根据《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020 中 5.2.1、5.8.3 中介入放射学用 X 射线设备最小焦皮距应不小于 20 cm）；

d_s—受照体至关注点的距离，本项目受照体至关注点的距离列于表 11-9；

K—从《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表 B2 查取；按前述 90°方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV，K 值取 1.60。

B_S——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，按公式（2）计算（原公式见 GBZ130-2020.公 C.1）。此处散射线是指本项目最大常用管电压（80kV，即 0.08MV）下有用线束（初级 X 射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角 θ=90º）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律计算一次散射线能量 E 与入射的初级 X 射线能量 E_0 之比值 $E/E_0=1/[1+ E_0(1-\cos\theta)/0.511]= 1/[1+ 0.08*(1-\cos90º)/0.511]=0.865$,继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 80kV×0.865=69.2 kV，近似取为 70kV，再从 NCRP147 报告 TABLE C.1 查取对应于 70kV 的 α、β、γ 数值（具体见表 11-10）。

表 11-9 受照体至关注点的距离

关注点位置		受照体至关注点的距离 ds（m）
DSA2 室外	东墙	3.27
	南墙	4.12
	西墙	4.53
	北墙	3.73
	北侧防护门	3.91
	南侧防护门	4.62
	观察窗	4.12
	楼下	4.5
DSA2 室内	第一术者位置	0.5
	第二术者位置	1

表 11-10 铅对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	α	β	γ
70kV	5.369	23.49	0.5883

将 DSA2 室屏蔽体和介入操作人员防护用屏蔽物的铅当量厚度、表 11-10 中有关的拟合参数 α、β、γ 值代入公式（2），计算相应的散射辐射屏蔽透射因子值，列于表 11-11。

表 11-11 DSA2 室屏蔽体、介入操作人员防护用品屏蔽透射因子计算结果

屏蔽体（设施）			等效铅当量（mm）	B_S
DSA2 室屏蔽体		东墙	3.24	1.60E-09
		南墙	3.24	1.60E-09
		西墙	3.24	1.60E-09
		北墙	3.24	1.60E-09
		北侧防护门	3	5.81E-09
		南侧防护门	3	5.81E-09
		观察窗	3	5.81E-09
		楼下	3.24	1.60E-09
DSA2 室内介入操作人员防护用品与辅助防护设施	第一术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	2.84E-04
		铅帘	0.5	5.35E-03
	第二术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	2.84E-04
		铅帘	0.5	5.35E-03

2）关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果：

将前述有关参数代入公式（4），计算透视模式下 DSA2 室外公众、控制室操作人员、DSA2 室内介入操作人员处散射辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-12。

表 11-12 关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置		H_0	I	a	S	Bs	d_0	ds	Hs	
		μGy•m²/(mA•h)	mA	/	cm²	/	m	m	μGy/h	μSv/h
DSA2 室	东墙	300000	20	0.0008	256	1.60E-09	0.45	3.27	2.27E-06	3.64E-06
			500						5.68E-05	9.09E-05
	南墙	300000	20	0.0008	256	1.60E-09	0.45	4.12	1.43E-06	2.29E-06
			500						3.58E-05	5.72E-05
	西墙	300000	20	0.0008	256	1.60E-09	0.45	4.53	1.18E-06	1.89E-06
			500						2.96E-05	4.74E-05
	北墙	300000	20	0.0008	256	1.60E-09	0.45	3.73	1.75E-06	2.79E-06
			500						4.37E-05	6.98E-05
	北侧防护门	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	3.91	5.76E-06	9.22E-06
			500						1.44E-04	2.31E-04

	南侧防护门	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	4.62	4.13E-06	6.61E-06
			500						1.03E-04	1.65E-04
	观察窗	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	4.12	5.19E-06	8.31E-06
			500						1.30E-04	2.08E-04
	楼下	300000	20	0.0008	256	1.60E-09	0.45	4.5	1.20E-06	1.92E-06
			500						3.00E-05	4.80E-05
第一术者	铅衣内	300000	20	0.0008	256	2.84E-04	0.45	0.5	1.72E+01	2.76E+01
	铅衣外	300000	20	0.0008	256	5.35E-03	0.45	0.5	3.25E+02	5.19E+02
第二术者	铅衣内	300000	20	0.0008	256	2.84E-04	0.45	1.0	4.31E+00	6.89E+00
	铅衣外	300000	20	0.0008	256	5.35E-03	0.45	1.0	8.12E+01	1.30E+02

关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算:

1）泄漏辐射空气比释动能率计算公式:

DSA 泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ 采用下式计算：

$$\dot{H}_L = \frac{H_1 \cdot B \cdot K}{r^2} \quad \cdots\cdots（5）$$

式中：

H_1——距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h；本项目 1m 处泄漏射线的空气比释动能率取 1.0mGy/h。

B——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式（1）（原公式见 GBZ130-2020.公 C.1）；

K—从《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表 B2 查取；对于本项目 DSA 运行管电压 80kV 时，查取 K 值为 1.67。

本项目 DSA 正常运行最大管电压 80kV 从 NCRP147 报告 TABLE A.1 查取铅的 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数 a、β、γ，具体见表 11-6。

将屏蔽体的铅厚度 X、有关的拟合参数 α、β、γ 值（表 11-6）代入公式（2），计算室内介入操作人员防护用品与辅助防护设施的散射辐射屏蔽透射因子，列于表 11-13。

表 11-13 DSA2 室屏蔽体、介入操作人员防护用品屏蔽透射因子计算结果

屏蔽体（设施）		等效铅当量（mm）	B_S
DSA2 室屏蔽体	东墙	3.24	1.57E-07
	南墙	3.24	1.57E-07
	西墙	3.24	1.57E-07
	北墙	3.24	1.57E-07
	北侧防护门	3	4.15E-07

		南侧防护门	3	4.15E-07
		观察窗	3	4.15E-07
		楼下	3.24	1.57E-07
DSA2 室内介入操作人员防护用品与辅助防护设施	第一术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	1.43E-03
		铅帘	0.5	1.37E-02
	第二术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	1.43E-03
		铅帘	0.5	1.37E-02

2）泄漏辐射空气比释动能率计算结果：

将有关参数代入公式（5），计算 DSA2 室周围关注点处、DSA2 室内介入操作人员操作位关注点处的泄漏辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-14。

表 11-14 关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算结果

屏蔽体		H_1	r	B_S	$\dot{H}_L$	
		mGy/h	m	/	μGy/h	μSv/h
DSA2 室	东墙	1	3.27	1.57E-07	1.47E-05	2.46E-05
	南墙	1	4.12	1.57E-07	9.28E-06	1.55E-05
	西墙	1	4.53	1.57E-07	7.67E-06	1.28E-05
	北墙	1	3.73	1.57E-07	1.13E-05	1.89E-05
	北侧防护门	1	3.91	4.15E-07	2.72E-05	4.53E-05
	南侧防护门	1	4.62	4.15E-07	1.95E-05	3.25E-05
	观察窗	1	4.12	4.15E-07	2.45E-05	4.08E-05
	楼下	1	4.5	1.57E-07	7.77E-06	1.30E-05
第一术者	铅衣内	1	0.5	1.43E-03	5.72E+00	9.56E+00
	铅衣外	1	0.5	1.37E-02	5.48E+01	9.16E+01
第二术者	铅衣内	1	1	1.43E-03	1.43E+00	2.39E+00
	铅衣外	1	1	1.37E-02	1.37E+01	2.29E+01

表 11-15 DSA2 室散射辐射和泄漏辐射关注点处叠加剂量

关注点		操作模式	剂量当量率(μSv/h)			
			有用线束	散射辐射	泄漏辐射	总剂量率
DSA2 室	东墙	透视模式	/	3.64E-06	2.46E-05	2.82E-05
		摄影模式	/	9.09E-05		1.15E-04
	南墙	透视模式	/	2.29E-06	1.55E-05	1.78E-05
		摄影模式	/	5.72E-05		7.27E-05
	西墙	透视模式	/	1.89E-06	1.28E-05	1.47E-05
		摄影模式	/	4.74E-05		6.02E-05
	北墙	透视模式	/	2.79E-06	1.89E-05	2.17E-05
		摄影模式	/	6.98E-05		8.87E-05
	北侧防	透视模式	/	9.22E-06	4.53E-05	5.46E-05

	护门	摄影模式	/	2.31E-04		2.76E-04
	南侧防护门	透视模式	/	6.61E-06	3.25E-05	3.91E-05
		摄影模式	/	1.65E-04		1.98E-04
	观察窗	透视模式	/	8.31E-06	4.08E-05	4.92E-05
		摄影模式	/	2.08E-04		2.48E-04
	楼下	透视模式	/	1.92E-06	1.30E-05	1.49E-05
		摄影模式	/	4.80E-05		6.10E-05
	楼上	透视模式	5.75E-02	/	/	5.75E-02
		摄影模式	1.44E+00	/		1.44E+00

从表 11-15 可知，DSA2 室顶部外和其它屏蔽体外关注点的周围剂量当量率最大值分别为 1.44μSv/h 和 2.76E-04μSv/h，能够满足“周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

1.4 周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算

手术室外采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

H_{Er}——X 射线外照射年有效剂量,mSv/a；

D_r——关注点处剂量当量率，μSv/h；

T——居留因子；

t—— 年照射时间，h；

手术室周围公众、控制室辐射工作人员年有效剂量估算结果：

保守取顶部外周围剂量当量率 1.44μSv/h，四周墙体外周围剂量当量率 2.76E-04μSv/h，控制室内居留因子取 1，手术室周围场所居留因子取 1/4，估算手术室四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量，见下表。

表 11-16 手术室四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量

关注点	射线类型	T（h）	T	D_r（μSv/h）	年有效剂量 H_{Er}[1]（mSv/a）	
控制室内（工作人员）	散射线、漏射线（透视）	100.0	1	2.76E-04	2.76E-05	2.95E-05
	散射线、漏射线（拍片）	7.0	1	2.76E-04	1.93E-06	
非控制室内	散射线、漏射	100.0	1/4	2.76E-04	2.76E-05	7.38E-06

（公众）	线（透视）					
	散射线、漏射线（拍片）	7.0	1/4	2.76E-04	1.93E-06	
	有用线束	100.0	1/4	1.44	0.036	0.046
		7.0	1/4	1.44	0.01	

由上表可知，DSA2 室四周公众的年附加剂量最大为 0.046mSv，满足公众项目剂量约束值 0.1mSv 的要求；控制室辐射工作人员的年附加剂量最大为 2.95E-05mSv，满足工作人员项目剂量约束值 5mSv 的要求。

手术室内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量计算借鉴《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_{\mu} + \beta H_{O} \quad \cdots\cdots（7）$$

式中：

E—有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特(mSv)；

α—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

H_{μ}—铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 H(10)，单位为毫希沃特(mSv)；

β—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

H_O—铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 H(10)，单位为毫希沃特(mSv)。

将有关参数代入公式（7），计算第一术者、第二术者年有效剂量，见下表。

表 11-17 介入操作人员年有效剂量估算结果

/	α	β	剂量当量率（μSv/h）				年照射时间（h）	年有效剂量 E（mSv）
			部位	散射线	漏射线	合计		
第一术者	0.79	0.051	铅衣内	27.6	9.56	37.16	100.0	6.05
			铅衣外	519	91.6	610.6		
第二术者			铅衣内	6.89	2.39	9.28		1.51
			铅衣外	130	22.9	152.9		

由上表可知，单台 DSA 介入操作第一、第二术者操作位的年有效剂量分别为 6.05mSv、1.51mSv。医院计划为本项目配备 16 人，其中手术医师 8 人，护师 4 人，DSA 技师 4 人。第一、第二术者操作位由 2 名医师轮流承担，则术者操作位（手术医生）年有效剂量不超过 3.78mSv（（6.05+1.51）/2=3.78）。DSA 手术室内护士参考第二术者操作位估算年有效剂量，均能满足工作人员项目管理目标 5mSv 的要求。

医院根据手术量合理安排每名辐射工作人员手术量，确保辐射工作人员年受照剂量不超过项目剂量约束值 5mSv/a 的要求。对于介入手术，由于实际工作中透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）要求佩戴个人剂量计进行跟踪性监测，才能准确地测定其受照剂量。医院应加强对辐射工作人员的个人剂量监测管理，发现剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到检测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫健委调查处理。辐射工作人员应按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并利用铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

2 ^{131}I 核素治疗项目

2.1 场所辐射环境影响分析

根据医院提供资料，本项目甲亢治疗的单次口服剂量不超过 10mCi，小于 GBZ120 要求的 400MBq 住院剂量，病人可以在口服药物后直接出院。对于甲癌治疗项目，本项目采用自动分装仪进行分装，辐射工作人员不需进行分装。场所内设有监控系统和对讲系统，患者住院过程中工作人员通过监控和对讲与患者进行交流，患者住院过程中工作人员一般不进入病房。因此，该项目过程中辐射工作人员几乎不会受到辐射影响。

根据表 10-2 可知，

。根据 GBZ120-2020 中公式 I.1 推导公式计算，推导公式见下：

$$H_p = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{\frac{-x}{TVL}} \quad \cdots\cdots（8）$$

上式中：

H_p—屏蔽体外关注点剂量率控制值，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

x—屏蔽厚度,单位为毫米（mm）；

TVL—γ 射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm），^{131}I 铅 TVL=11mm，混凝土 TVL=17cm；

A—放射源的最大活度，单位为兆贝可（MBq）；

Γ—距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为 μSv·m^2/MBq·h；

r—参考点与放射源间的距离，单位为米（m）。

将相关参数带入公式进行计算，预测结果见下表。

表 11-18 甲癌治疗项目周围参考点辐射水平估算结果

			Γ						

根据理论估算结果可知，场所屏蔽防护能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中剂量当量率限值的要求。

2.2 排水管道辐射环境影响分析

^{131}I 核素治疗项目设有 1 个衰变池，排水管道均采用顶板下敷设，并使用 3mm 铅皮包裹，放射性废水管道见附图 16。

本项目计算放射性废水管道对外环境的辐射影响时，参照辐射防护导论 P78 公式（c）：其参考点处的辐射水平计算结果见下表。

$$\dot{K} = \frac{2A\Gamma_K}{Lr} tg^{-1}\frac{L}{2r} \quad \cdots\cdots（9）$$

式中：$\dot{K}$ —比释动能率，$Gy \cdot s^{-1}$；

L —线源长度，m，

r —参考点至线源的垂直距离，m，

A —线源活度，Bq；

Γ_K —距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为 $Gy \cdot m^2 \cdot Bq^{-1} \cdot s^{-1}$；

表 11-19 排水管道外辐射水平估算结果

					Γ_K		

由上表可知，本项目放射性废水管道外周围辐射剂量率约为 0.20μSv/h，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中剂量当量率限值的要求。

2.3 衰变池辐射环境影响分析

衰变池四周和底部墙体均为 70cm 厚混凝土浇筑，顶部为 35cm 厚混凝土浇筑，在衰变池顶部东北角设有 1 个尺寸为 1.2m*1.2m 检修口，检修口采用 4mm 铅板防护。衰变池内包括 4 个不锈钢槽体，槽体容积均为 $36m^3$（槽体 1：长 5m×宽 6m×高 1.2m；槽体 2、槽体 3、槽体 4：长 4m×宽 6m×高 1.5m）。

衰变池为地下，顶部为核素治疗场所，四周和底部均为土层，因此衰变池计算仅需要考虑顶部外辐射影响。根据衰变池设计可知，槽体 1 高度最小，因此衰变池顶部选取槽体 1 进行计算。将相关参数带入公式（8）得到衰变池外辐射水平，见下表：

表 11-20 衰变池外辐射水平估算结果

				Γ		H_p

由上表可知，衰变池外周围辐射剂量率最大值为 0.19μSv/h，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中剂量当量率限值的要求。

2.4 β 放射性表面污染影响分析

β 放射性表面污染的影响主要来自于辐射工作人员操作时，放射性物质溢出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面，对辐射工作人员和周围公众造成辐射影响。因此为了使本项目 β 放射性表面污染水平达到 GB18871-2002 规定的要求，环评要求医院做到以下防护措施：

（1）配备表面污染监测仪器，工作人员每天工作结束完成后，对操作台、地板、墙壁、个人防护用品及工作人员的手、皮肤、工作袜等进行表面污染检查、清洗、去污等。

（2）辐射工作人员应经过专业学习并持证上岗，具备相应的技能与防护知识。

（3）放射性核素操作应在负压的手套箱内操作。

（4）操作放射性核素应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并辅以吸水性好的材料。

（5）不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物操作。

（6）做好就诊患者的管理，特别使用放射性药品的患者管理工作，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动。

（7）如 β 放射性表面污染水平超过 GB18871-2002 规定值，医院应暂停开展核

医学科的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务，同时辐射工作人员的手、皮肤、工作袜等出现污染情况需及时进行去污操作并暂停放射性物质操作，评估其受照剂量，并根据评估结果采取下一步措施，如调整工作或接受治疗等。

2.5 辐射工作人员和公众剂量估算

对于甲癌治疗项目，本项目采用自动分装仪进行分装，辐射工作人员不需进行分装；患者住院过程中医护人员主要通过对讲和监控与患者沟通。因此，该项目过程中辐射工作人员受到辐射影响很小。

医院开展 ^{131}I 甲癌治疗项目时，保守取项目年运行约 250 天。根据场所布局可知，主要考虑东侧走廊、北侧和顶部停车场内公众。根据公式（6）和（10），可估算得到其周围保护目标年剂量，见下表。

表 11-21 甲癌治疗项目周围保护目所受年剂量值

由上表可知，本项目周围公众的年有效剂量最大为 0.034mSv，能满足公众项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

^{131}I 核素治疗中心位于 B 楼地下三层，其南侧为土层，南侧彩虹新村 25 幢和 26 幢位于地上，因此本项目运行后其对彩虹新村内居民辐射影响可忽略不计。

事故影响分析

1 潜在事故分析

1.1 ^{131}I 核素治疗项目潜在事故分析

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，在放射性同位素的使用过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触非密封源的人员造成超剂量照射。主要事故风险为：

（1）人员违反操作规程或误操作导致操作台面、地面或仪器设备受到表面沾污；

（2）服药纸杯被意外碰翻，导致放射性药物漏洒；

（3）放射性药物被盗、丢失等；

（4）用药后病人脱离控制区，导致公众遭受较大外照射；

（5）患者服药期间呕吐物沾染地面等，造成其他患者或工作人员外照射影响或表面沾污形成内照射。

本项目事故工况产生的污染物及污染途径为 γ 外照射及表面沾污，还可能因吸入或食入造成内照射。

1.2 DSA 潜在事故分析

本项目使用的 DSA 为II类射线装置，在射线装置开展医疗诊断和介入治疗过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对误入机房的受照人员产生较严重放射损伤。本项目 DSA 主要事故风险为：

（1）DSA 正常工作时，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

（2）操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。 针对上述可能发生的辐射事故。

2 辐射事故处置方法及预防措施

辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度等进行防范。医院拟在以下几个方面采取一系列预防措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响：

（1）建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，在实际工作过程中严格执行。

（2）加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识。

（3）定期检查各辐射工作场所的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终

保持良好的工作状态。

（4）发生误照射，应立即切断电源，确保加速器停止工作。

（5）发生辐射事故立即向单位领导汇报，控制现场区域，防止无关人员进入。

（6）对可能受到大剂量照射的人员，应及时送医院检查和治疗。

（7）依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。发生辐射事故时，应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生部门报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《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 47 号）要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

根据上述要求，核工业总医院目前已成立专门的辐射安全管理机构，由其负责医院的辐射安全管理工作。本项目工作人员由现有辐射工作人员和新配备工作人员组成，医院现有辐射工作人员均已取得了辐射安全合格证书，对于医院后期计划增配辐射工作人员以及后续辐射安全培训证书到期人员，须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，考核合格后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

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

核工业总医院已根据相关标准要求制定了一系列辐射安全管理规章制度，包括辐射防护和安全保卫制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、使用登记制度、辐射工作人员培训计划、监测方案及事故应急制度等，医院应在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对各项制度提出相应的建议如下：

操作规程：针对本项目建立和完善现有操作规程。重点是明确辐射工作人员的资质条件要求、放射性药物的分装、给药流程中应采取的具体防护措施。

岗位职责：明确辐射工作人员、台帐管理人员、操作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关工作人员明确自己所在岗位具体责任。

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况完善辐射防护和安全保卫制

度。重点是：①定期检查相关的辐射安全检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保个人剂量报警仪、表面沾污仪保持良好工作状态；②辐射工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

放射性同位素使用登记制度：建立放射性同位素台帐，重点是对使用情况进行登记和跟踪记录，由专人负责登记、形成台帐、每月核对，确保帐物相符。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。

监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报环境保护行政主管部门。为了确保辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：①配备表面沾污仪，用于核素治疗场所每天工作完成后分别对场所进行表污监测；配备辐射巡测仪，定期对各个辐射工作 X-γ 剂量当量率进行巡测；②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案；③委托有资质监测单位对本项目辐射工作场所的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

放射性同位素和射线装置台账管理制度：针对本项目所有放射性同位素、射线装置等完善现有台帐和使用登记制度，规范放射性核素台帐和核素使用登记记录，对使用的放射性核素的使用情况进行登记和跟踪记录。

放射性废物管理制度：针对本项目产生的放射性固废和放射性废水，明确收集流程及登记信息，建立放射性废物及废液分类收集、登记管理制度，根据放射性固废及放射性废水的登记制度，规范放射性固废及放射性废水的解控程序，对满足解控要求的放射性固废及放射性废水进行解控并登记。

^{131}I 核素治疗交叉使用控制措施：（1）医院采取预约登记方式开展 ^{131}I 核素治疗医院采取预约登记方式开展 ^{131}I 核素治疗，先开展甲亢患者的治疗，待全部结束离开后，再开展甲癌患者的给药和住院治疗，有甲癌患者住院期间不开展甲亢治疗；（2）治疗前医护人员对患者预约单基本信息进行核实，核实无误后按要求分装药物，通过语音广播装置通知患者至服药室内窗口服药，进入服药室之前护士在护士站对患者信息再进一步核实，防止甲亢和甲癌同时开展；（3）甲亢治疗完成后，医护人员对场所内进行清查，确认甲亢患者全部离开后才可开展甲癌治疗。

综上医院在落实上述制度后，能够满足国家相关的管理及技术层面要求。

辐射监测

1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器；用于对辐射工作场所周围的辐射水平进行巡测。

医院计划为本项目相应的监测仪器，配备计划如下：

（1）为 ^{131}I 核素治疗项目配备一台表面沾污仪、一台辐射巡测仪和两台个人剂量报警仪。

（2）为 DSA 项目配备一台辐射巡测仪和每个 DSA 机房各配备 2 台个人剂量报警仪（共 8 台）。

2 监测方案

医院已定期（1 次/年）请有资质的单位对已有辐射工作场所周围的辐射水平进行监测；已定期对已有辐射工作场所及周围的辐射水平进行监测，并做相关记录。

医院已委托有资质的单位对已有辐射工作人员进行个人剂量监测，定期（每 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立了个人剂量档案。同时医院已定期安排已有辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。医院每年对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告。

医院还应根据辐射管理要求，针对本项目完善现有监测方案：

（1）医院应委托有资质的单位定期对本项目各辐射工作场所周围的辐射水平进行监测，周期为 1 次/年。监测结果连同单位的年度辐射安全评估报告一起，在次年的 1 月 31 日前，在全国核技术利用辐射安全申报系统提交；

（2）医院应定期对本项目辐射工作场所及周围的辐射水平进行监测，每年 1～2 次，并对监测结果进行记录。

（3）本项目新增辐射工作人员均应佩戴个人剂量计，并定期（一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案。

（4）医院应定期组织本项目新增辐射工作人员进行职业健康体检（体检周期不超过 2 年），并建立职业健康监护档案。

医院为本项目辐射工作场所监测计划一览表见表 12-1。

表 12-1 工作场所监测计划一览表

监测对象	监测项目	监测点	监测周期	监测方式
^{131}I 核素治疗项目	β 表面沾污	放射性核素操作台面、设备表面、手套箱表面、墙壁、地面、辐射工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束/出现放射性物质污染时	自主监测 β 表面沾污仪
			1 次/年	委托有资质单位监测
	X-γ 辐射剂量率	控制区防护墙外、控制区房间顶棚区域、控制区房间下方人员可达处、防护门缝隙和中央、操作位、手套箱表面等	不超过 3 个月/次	自主监测 便携式辐射剂量率仪
			1 次/年	委托有资质单位监测
DSA 项目	X-γ 辐射剂量率	DSA 机房四周、顶部及底部墙体外、防护门缝隙和中央、操作位、通风口外、电缆口外等	不超过 3 个月/次	自主监测 便携式辐射剂量率仪
			1 次/年	委托有资质单位监测

落实以上措施后，医院新建放射诊疗项目的管理措施能满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，核工业总医院应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

（1）应急机构和职责分工；（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（3）辐射事故分级与应急响应措施；（4）辐射事故调查、报告和处理程序；（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

核工业总医院目前已制定有辐射事故应急预案，医院还应依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，补充完善辐射事故应急预案，在预案中明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，医院应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地环境保护和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生部门报告。事故发生后医院应积极配合环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

本项目位于核工业总医院三香院区新建的应急急救与危重症救治中心大楼(B 楼)内，三香院区位于苏州市姑苏区三香路 1055 号，三香院区东侧为彩虹新村、非矿大厦和苏州市急救中心（A 楼），南侧为里双河，西侧为白莲莠，北侧为三香路。

本项目包括 ^{131}I 核素治疗项目和 DSA 项目，其中 ^{131}I 核素治疗项目位于 B 楼地下三层，DSA 项目位于 B 楼一层介入科和 B 楼二层手术中心。根据现场调查可知，本项目周围 50m 范围内除南侧彩虹新村 25 幢和 26 幢外，无其它居民区、学校等敏感点。

1.2 项目分区及布局

^{131}I 核素治疗项目工作场所控制区和监督区划分明显，设计有患者进出路线、医务人员进出路线，可有效避免带有放射性的患者对其它人员造成不必要照射，项目布局合理。

医院在 B 楼一层介入科和二层手术室中心开展 DSA 项目。医院将 3 间 DSA 室划为控制区，将手术室相邻的控制廊、设备间、库房划为监督区，同时将 DSA 室北侧防护门外 30cm 纳入监督区管理。医院将 DSA 复合手术室划为控制区，将手术室相邻的控制室、设备间、库房划为监督区，同时将 DSA 室南北侧防护门外 30cm 纳入监督区管理。综上所述 DSA 项目布局合理。

1.3 辐射安全措施

^{131}I 核素治疗项目：（1）医院拟在控制区出入口、控制区内各房间门口、自动分装仪等核素操作场所表面、放射性废物桶表面等醒目位置均拟设置电离辐射警告标志；（2）在核医学科扫描机房门口设置工作状态指示灯；（3）在控制区病患出入口处设带门禁系统的单向门，实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线；（4）在控制区内安装监控及对讲设备；（5）在地面设置指示箭头以及指示牌指示患者进行有序服药，通过加强管理的方式减少患者的直接交叉辐射影响；（6）工作场所内不得安排与放射性无关的工作；（7）所有放射性药物的操作均应在高活室的自动分装仪内进行；（8）在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行

无关工作及存放无关物件；（9）使用操作应在指定的工作台或搪瓷盘内进行，操作人员需配戴个人防护用品，应避免皮肤直接接触放射性物质。

DSA 项目：（1）控制台处设置观察窗；（2）在 DSA 机房入口处均设置工作警示灯，警示灯箱处设置警示语句，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；（3）机房防护门均设置闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动；（4）为 DSA 工作人员配备双个人剂量计；（5）配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅悬挂防护屏、床侧防护帘等。

1.4 辐射安全管理

医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，由其负责医院的辐射安全管理工作。医院已根据相关法律条例制定有辐射安全管理制度，还应在实际工作中根据本报告提出的要求进行补充和完善。

本项目工作人员由现有辐射工作人员和新配备工作人员组成，医院现有辐射工作人员均已取得了辐射安全合格证书，对于医院后期计划增配辐射工作人员以及后续辐射安全培训证书到期人员，医院应安排其参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。

医院按要求为本项目配备相应的监测仪器，主要包括辐射巡测仪、表面污染仪及个人剂量报警仪，用于对所内日常运行时辐射场所周围的辐射水平进行监测；医院还应定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并委托资质的单位对本项目所有辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立完整的个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

2 环境影响分析结论

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

3 三废处理

3.1 ^{131}I 核素治疗项目

3.1.1 放射性废水

本项目年产生的废水量约为 185m^3，则月产生的废水量约为 15.42m^3，衰变池共

设有 4 个槽体，单个槽体容积均约为 36m^3，当其中一个槽体内废水储满开始至其它三个槽体储满时间约为 210 天（108/15.42*30≈210），满足暂存时间超过 180 天的要求，可直接排入医院污水处理系统。

3.1.2 放射性固体废物处理措施

本项目控制区房间内均拟设置放射性废物收集桶，分别用于收集放射性物质操作过程中各场所产生的放射性固废。^{131}I 核素治疗场所年产生的放射性固体废物量约为 50kg，废活性炭年产生量约为 25kg，固废年总体积不超过 3m^3，放射性固体废物间体积约为 17.5m^3，能够满足其暂存容积要求。医院拟将该部分放射性固体废物暂存于核素治疗场所固体废物间内不少于 180 天，并经监测辐射剂量率满足所处环境本底辐射水平后可作为医疗废物处理。

3.1.3 放射性废气处理措施

^{131}I 核素治疗场所内设有套单独的通风系统（见附图 14），监督区拟设为正压通风，控制区域均拟设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。本项目放射性药物在自动分装仪内操作，自动分装仪拟设计独立的排风系统，风速不小于 0.5m/s，外排口由专用管道延伸至屋顶，排风口高于本建筑的屋顶，设有活性炭吸附箱对放射性气溶胶进行吸附，定期更换的废活性炭作为放射性固体废物处理。

综上所述医院采取的放射性三废处置措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

3.2 DSA

DSA 装置运行时不产生放射性废水、放射性废气及放射性固体废物，但其在开机并处于出束状态时，会使机房内的空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，产生的臭氧和氮氧化物可通过机房的机械通风系统排出，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响很小。

4 可行性分析结论

综上所述，核工业总医院新建放射诊疗项目在落实本报告提出的各项辐射安全措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

1、该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对辐射工作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2、各项辐射安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3、按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

附表：本项目“三同时”措施一览表

以上措施必须在项目试运行前落实。

表 14 审批

审批意见：   <