

顺义院区新建核医学科病房项目

竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：首都医科大学附属北京友谊医院

编制单位：北京辐环科技有限公司

2026 年 08 月

建设单位法人代表:

(签字)

编制单位法人代表:

(签字)

项目负责人:

(签字)

填表人:

(签字)

建设单位:首都医科大学附属北京友谊
医院 (盖章)

电 话: 13522599863

传 真: /

邮 编: 100050

地 址: 北京市西城区永安路 95 号

编制单位: 北京辐环科技有限公司
(盖章)

电 话: 010-57851588

传 真: /

邮 编: 100142

地 址: 北京市海淀区西四环北路
160 号玲珑天地 A 座 331 室

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 项目建设情况	11
表 3 辐射安全与防护设施及措施.....	26
表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定.....	46
表 5 验收监测质量保证及质量控制.....	51
表 6 验收监测内容	52
表 7 验收监测	53
表 8 验收监测结论	77
附图 1 医院地理位置示意图.....	78
附图 2 医院（顺义院区）总平面布局示意图.....	79
附图 3 顺义院区核医学治疗区（含病房）平面布局及分区示意图.....	80
附图 4 顺义院区核医学治疗区（含病房）人流物流示意图.....	81
附图 5 北京友谊医院核医学科地下一层人流物流图.....	82
附图 6 顺义院区核医学治疗区（含病房）地下 2 层周围关系示意图.....	83
附图 7 顺义院区地下一层周围关系图（核医学治疗区楼上）	84
附图 8 本项目地下三层周围关系图（核医学治疗区楼下）	85
附图 9 地下二层（核医学科治疗区）排风图.....	86
附图 10 地下三层（衰变池）排风图.....	87
附图 11 地下二层（核医学科治疗区）放射性废水排放图.....	88
附图 12 地下三层（衰变池）放射性废水排放图.....	88
附图 13 顺义院区核医学科病房衰变池平面图和剖面图.....	89
附件 1 辐射安全许可证（略）	
附件 2 环评批复文件	
附件 3 2025 年度个人剂量检测报告（略）	
附件 4 本项目辐射工作人员信息表（略）	
附件 5 验收检测报告（略）	
附件 6 规章制度文件（略）	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		顺义院区新建核医学科病房项目			
建设单位名称		首都医科大学附属北京友谊医院			
项目性质		√新建 □改建 □扩建			
建设地点		北京市顺义区后沙峪镇友谊南街 1 号院			
源项		放射源		/	
		非密封放射性物质		I-131、Sr-89、Ra-223、Lu-177	
		射线装置		/	
建设项目环评批复时间		2024.07.26	开工建设时间		2024.08.01
取得辐射安全许可证时间		2024.11.08	项目投入运行时间		2024.11.09
辐射安全与防护设施投入运行时间		2024.11.09	验收现场监测时间		2025.06.04
环评报告表审批部门		北京市生态环境局	环评报告编制单位		北京辐环科技有限公司
辐射安全与防护设施设计单位		/	辐射安全与防护设施施工单位		/
投资总概算（万元）	1000	辐射安全与防护设施投资总概算（万元）	300	比例	30%
实际总概算（万元）	1000	辐射安全与防护设施实际总概算（万元）	300	比例	30%
验收依据	1.1 环境保护相关法律、法规和规章制度 （1）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行）。 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订并施行）。 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行）。 （4）《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订并施行）。 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订并施行）。				

	(6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部令 第 20 号), 2021 年 1 月 4 日起实施)。 (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令, 2011 年 5 月 1 日起施行)。 (8)《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》(国环规环评[2017]4 号, 2017 年 11 月 20 日)。 (9)《北京市环境保护局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》(京环办[2018]24 号, 2018 年 1 月 25 日)。 (10)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部 公告 2019 年第 57 号, 2019 年 12 月 24 日)。 (11)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号, 2021 年 3 月 11 日)。 (12)《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法(试行)》(原北京市环境保护局文件, 京环发(2011) 347 号)。 (13)《北京市生态环境局办公室关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》, 京环办[2018]13 号, 2018 年 12 月 6 日。 (14)《辐射安全与防护监督检查技术程序》, 生态环境部, 2020 年 2 月。 (15)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》, 原环保部, 环办辐射函(2016) 430 号。 (16)《核技术利用建设项目重大变动清单》(试行), 生态环境部办公厅, 环办辐射函(2025) 313 号, 2025 年 8 月 29 日。 1.2 验收技术规范及其它标准 (1)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)。 (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。 (3)《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)。 (4)《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)。
--	---

	(5)《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)。 (6)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。 (7)《职业性内照射个人监测规范》(GBZ129-2016)。 (8)《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)。 (9)《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。 (10)《北京市水污染物综合排放标准》(DB11/307-2013)。 (11)《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA1002-2012)。 (12)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。 (13)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。 (14)《表面污染测定 第一部分 β发射体 ($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$) 和 α发射体》(GB/T14056.1-2008)。 (15)《环境空气质量标准》(GB3095-2026)。 (16)《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019)。 (17)《空气中碘-131 的取样与测定》(GB/T14584-1993)。 1.3 环境影响报告表及其审批部门审批决定 (1)首都医科大学附属北京友谊医院《顺义院区新建核医学科病房项目环境影响报告表》(项目编号:辐审 A20240097)。 (2)北京市生态环境局关于《顺义院区新建核医学科病房项目环境影响报告表的批复》(京环审〔2024〕83号)。 1.4 其他相关文件 (1)原国家环境保护局监督管理司,《中国环境天然放射性水平》,1995年8月。 (2)国际放射防护委员会第94号出版物:非密封放射性核素治疗后的患者出院考虑,北京大学医学出版社,2007年7月。 (3)辐射安全手册,科学出版社,2011年。 (4)《I-131 治疗场所放射性废气排放源项调查与评价》,同位素杂志,2018年12月,第32卷第6期。 (5)医院提供的与建设项目相关的其他技术资料,2026年05月。
--	---

1.5 基本剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值列于表 1-1。

表 1-1 个人剂量限值（GB18871-2002）

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续五年平均有效剂量 20mSv，且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv；但连续五年平均值不超过 1mSv 时，某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

1.6 剂量约束值

GB18871-2002 规定了剂量约束值：对于职业照射，剂量约束是一种与源相关的个人剂量值，用于限制最优化过程所考虑的选择范围。对于公众照射，剂量约束是公众成员从一个受控源的计划运行中接受的年剂量的上界。剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1~0.3mSv/a）的范围之内。

职业照射，本项目辐射工作人员取 2mSv/a 作为剂量约束值；对公众，本项目取 0.1mSv/a 作为剂量约束值。

1.7 辐射工作场所边界周围剂量当量率控制水平

本项目周围公众除满足上述剂量约束要求外，周围剂量当量率还要满足以下要求，参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）和《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号），并结合本项目实际情况，本次验收核医学治疗区场所及设施的剂量率控制水平从严控制。

（1）核医学治疗区控制区边界外 30cm 处、楼上和楼下（人员可达位置）的剂量率应不大于 2.5μSv/h。辐射函〔2023〕20 号规定住院病房防护门外及患者走廊等位置（含病房门外）的剂量率水平不大于 10μSv/h，本项目控制区内（含病房门外）的剂量率水平取不大于 2.5μSv/h。

（2）手套箱外表面 30cm 处的周围剂量当量率不大于

	2.5μSv/h。 (3) 固体放射性废物收集桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。 (4) 患者使用过的被服应先进行存放衰变，暂存衰变时间不少于一个半衰期，经检测被服表面 γ 剂量率小于 1μSv/h 且 β 表面污染水平小于 0.8Bq/cm² 时，方可进行清洗并再次使用。 1.8 接受治疗的患者出院体内放射性活度或剂量率限值 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 规定：接受了 I-131 治疗的患者，其体内的放射性活度降至低于 400MBq 以下或距离患者体表 1 米处的周围剂量当率不大于 25μSv/h 方可出院。 用于甲癌治疗的 I-131 与 Lu-177 具有相近的物理半衰期和用药剂量，但对防护最重要的 γ 射线强度、能量及生物半衰期 I-131 都大于 Lu-177，故 Lu-177 离开院区的标准也按照 25μSv/h 来控制是保守的，距 Lu-177 患者 1m 处的周围剂量当率不大于 25μSv/h 方可出院，则 Lu-177 患者给药后 6h 就可达到出院要求。 1.9 放射性废水排放控制要求 (1) 水污染物排放标准 根据《北京市水污染物综合排放标准》(DB11/307-2013) 规定，排入公共污水处理系统的水污染物排放要求：总 α 排放限值为 1Bq/L，总 β 排放限值为 10Bq/L。 (2) 放射性废水排放管理要求 本项目放射性废水的排放管理依据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 和《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》(京环办[2018]13 号) 中对于 A 类(半衰期小于 24h) 和 B 类(半衰期大于 24h) 放射性废水的要求执行。 本项目放射性废水按 B 类的放射性废水管理收集。B 类放射性废水注满后，暂存时间超过 10 倍最长半衰期且不少于 30 天(其中 I-131 核素产生的废水至少暂存 180 天) 后，应委托有资
--	--

	质（CMA 或 CNAS）的检测机构对排放废水中 I-131 核素、最长半衰期核素的放射性活度浓度进行检测，活度浓度与单次排放总活度值均应满足 GB18871-2002 附录 A 表 A1 的规定。科室将在“放射性废水暂存、处置管理台帐”上详细记录解控排放废水所含核素、体积、废水暂存起始日期，处置人员和处置日期等信息。 衰变池（罐）显著位置应设置电离辐射警示标志，池（罐）底、壁应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性和具有防泄漏措施。不同存储池（罐）应进行编号标记，且具有液位显示、超限溢流、入口切换等装置。 医院规定含放射性废水必须经衰变池暂存，废水的总 α、总 β 监测结果还需满足分别小于 1Bq/L、10Bq/L，I-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L，监测结果经审管部门认可并办理相关手续后方可排入下水管道。 1.10 放射性废气排放管理 （1）《核医学科辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）通风要求： 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。 2）I-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，保持病房区域内的负压，病房区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。 3）放射性物质的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。 4）通风橱应有足够的通风能力。I-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。 (2)《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)关于通风的要求: 核医学工作场所通风系统独立设置,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。 1.11 放射性固体废物管理 由于本项目核医学治疗区使用的放射性核素都是 B 类(半衰期大于 24h)核素,因此可以将放射性废物分批收集暂存,待衰变至符合清洁解控水平时,再按医疗废物要求进行处理。 参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)和《关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》(京环办[2018]13 号),核医学科放射性固体废物须设置独立的暂存室。药物操作场所、废物暂存室应分别设置有屏蔽能力并有电离辐射警示标志的废物桶、废物箱,并按照 B 类废物进行标识。药物操作场所废物桶内应使用不易破损的塑料袋对固体废物进行收集,密封袋口后转移至暂存室废物箱中,并在塑料袋外表面注明废物类别(B 类)、重量(或体积)、所含核素名称、暂存起始日期等信息。 B 类固体废物暂存时间超过 10 倍最长半衰期且不少于 30 天(其中含碘-131 核素的废物至少暂存 180 天)后,使用经检定或校准合格的检测仪器对废物表面污染和辐射剂量率水平进行监测,辐射剂量率监测为所处环境本底水平且 α、β 表面污染水平分别小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 和 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$,可对废物解控作为医疗废物处置,并详细记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”,内容包括放射性固体废物分类、废物所含核素名称、重量(kg)、废物
--	---

暂存起始日期、废物暂存截止日期、表面污染自测结果、辐射剂量率自测结果、是/否符合解控要求、废物处置日期、废物处置操作人员、部门负责人审核、废物去向，每一袋放射性固体废物填写一行记录。

1.12 放射性工作场所分级

按照 GB18871-2002，非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级见表 1-3。

表 1-3 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

1.13 工作场所放射性表面污染控制水平

按照 GB18871-2002 标准要求，非密封放射性物质工作场所的放射性表面污染控制水平见表 1-4。

表 1-4 工作场所的放射性表面污染控制水平 (Bq/cm²)

类别		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒组	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区	1	4×10	4×10
	监督区	1×10^{-1}	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区	4×10^{-1}	1×10^{-1}	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		1×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}

上表中值包括固定污染和松散污染的总数。对于皮肤、内衣、工作袜的污染应及时清理，尽可能达到本底水平。对设备、墙、地面的污染，经适当去污后，残存的污染可适当放宽，但需有审管部门的同意，并不超过表中值的 5 倍。表面污染可按一定的面积计算平均值：工作服、皮肤取 100cm²，地板取 1000cm²。

GB18871-2002 附录 B2.2 条款规定：工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到上述表 1-4 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时，经审管部门或监管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用

1.14 操作放射性同位素通风橱及排风口设置要求

《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)第 5.2.3 条要求: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。

本项目核医学治疗区环评及批复要求:

本项目核医学治疗区放射性药物的分装等操作须在高活室专用防护手套箱内。放射性废气经 3 套(手套箱、病房控制区、衰变池房)排风系统排放,其中手套箱设置 1 套独立的排风系统,配备高效过滤器(过滤效率 $\geq 99.97\%$)和活性炭过滤器(过滤效率 $\geq 90\%$)。病房控制区、衰变池房分别设置 1 套排风系统,排风机出口处设置活性炭过滤装置(过滤效率 $\geq 90\%$),以上三套排放系统排风口均高于 1 号楼楼顶排放。过滤器(每套不小于 5kg)每年更换一次。

1.15 工作场所的放射性物质污染的防护要求

《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)第 5.2.2 款给出了核医学科工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求,具体见表 1-5。

表 1-5 核医学相关工作场所的室内表面及装备结构要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 ^a	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b
^a 下水道宜短,大水流管道应有标记以便维修检测。			
^b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。			

经核算,地下二层核医学治疗区,在按照最大工作量开展 I-131 治疗时,放射性核素的加权活度大于 50000MBq,属于 I 类

	场所。需按照表 1-5 要求，采取屏蔽措施，采用易清洗材料敷设地面，设分装柜和通风设施，设洗手盆和去污设备，核医学治疗区需设计排风。
--	---

表 2 项目建设情况

2.1 项目建设内容

2.1.1 建设单位情况

首都医科大学附属北京友谊医院（以下简称“北京友谊医院”或“医院”）始建于 1952 年，原名为北京苏联红十字医院，是新中国成立后，由党和政府建立的第一所大型综合性医院。1970 年，周总理亲自命名为“北京友谊医院”。

经过 70 余年的发展，首都医科大学附属北京友谊医院已发展为集医疗、教学、科研、预防为一体的北京市属三级甲等综合医院，是国家消化系统疾病临床医学研究中心和消化健康全国重点实验室依托单位，国家中西医结合“旗舰”医院试点单位，首都医科大学第二临床医学院。进入新时代，医院顺应首都发展变化，立足北京“四个中心”功能定位，落实北京城市总体规划，服务非首都功能疏解，形成了西城院区、通州院区、顺义院区和城市副中心行政办公区门诊部“三区一部”新发展格局，为医院高质量发展奠定基础。2023 年 12 月，西城院区二期项目开诊运行。2024 年 4 月 26 日，顺义院区开诊，成为顺义区首家三甲综合医院。

医院现有职工 5100 余人，其中中国工程院院士 1 人，北京学者 3 人，研究生导师 257 人，高级专业技术人员 825 人，国家级和北京市级专业委员会主委、副主委及核心期刊主编、副主编 95 人。目前三院区编制床位 3306 张。2023 年年门诊总量 336 万人次，出院患者 9.4 万人次。医院是北京市首批基本医疗保险 A 类定点医疗机构，已开通门诊、住院异地医保持卡结算服务，也是全国最早承担干部保健及外宾医疗任务的医院之一。

医院拥有北京临床医学研究所、北京热带医学研究所、北京市中西医结合研究所、北京市临床药学研究所和北京市卫生局泌尿外科研究所等 5 个研究机构，拥有国家临床重点专科 10 个，博士点 27 个，硕士点 32 个，国家住院医师规范化培训专业基地 17 个，国家专科医师规范化培训试点基地 4 个，全国重点实验室 1 个，北京市重点实验室 4 个，北京市临床质控中心 4 个，北京市转化中心 1 个，还拥有支撑临床研究发展的国家消化系统疾病临床医学研究中心、消化健康全国重点实验室、北京市首批示范研究型病房、北京临床研究质促中心、ISO9001 认证生物样本库、多中心互认医学伦理平台等。医院与海外及国内优秀医学院校长期保持学术交流合作，接待国内外专家学者和留学生短期交流及来院参观见习。

北京友谊医院已取得了北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》(京环辐证[B0353]),有效期至2027年09月14日,许可的种类和范围是:使用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。详见附件1。

2.1.2 项目建设内容及规模

本次验收项目位于顺义区后沙峪镇友谊南街1号院(与环评是一个地址)顺义院区1号楼(环评中该楼名为医疗综合体)地下二层西南侧,本项目在现有核医学显像区南侧新建1处核医学治疗区(含病房),日等效最大操作量 $2.84\text{E}+09\text{Bq}$,为乙级非密封放射性物质工作场所。具体内容:

(1) 新增I-131核素用于甲亢门诊治疗,新增Sr-89、Ra-223核素用于骨转移门诊治疗。

(2) 新建7间有独立卫生间的单人病房,其中1-6房间用于I-131核素甲癌住院治疗病房(南墙不可开启采光窗高于地面2米,用药量大的患者安排在中间病房。每周统一安排一批I-131甲癌患者入院治疗,每周二上午入院,甲癌患者住院时间不大于3.5天);7号房间用于Lu-177核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌的留观治疗(每周一统一安排1次,全年最多安排50批次,按照全年治疗50人,Lu-177留观时间不小于6h(患者给药小于 3.7GBq 时,无需留观)。8-9号预留房间封闭管理、10号房间为被服暂存间。两类病房不同时全部使用。

本次针对以上环评及批复内容办理竣工环保验收。

2.1.3 项目建设地点、总平面布置和周围环境敏感目标

(1) 项目建设地点、总平面布置

医院顺义院区位于北京市顺义区后沙峪镇友谊南街1号院。顺义院区东至天北路道路中线,西至裕泰路道路中线,南至规划路道路红线南边界,北至机场北线南侧绿化用地。顺义院区地理位置见附图1、总平面图见附图2。

本项目顺义院区核医学治疗区(含病房)位于1号楼地下二层西南侧,地下二层核医学治疗区东侧为机械停车库;南侧为室外庭院(平常无人);西侧为走廊、天井,之外为地下土层;北侧为核医学科显像区域,之外隔公共走廊外为放疗中心;楼上为血透辅助区示教室、值班室、办公室和新风机房等;楼下为1号衰变房、排风机房、车库等。

顺义院区核医学治疗区（含病房）平面布局及分区图见附图 3，治疗区（含病房）人物流见附图 4、附图 5，地下 2 层周围关系图见附图 6，地下 1 层（核医学治疗区楼上）周围关系图见附图 7，地下 3 层（核医学治疗区楼下）周围关系图见附图 8。

根据现场勘察，本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）的场所位置、布局、毗邻关系均与环评方案一致。

（2）环境敏感目标分布情况

根据项目评价范围以及周围毗邻关系，确定本项目环境保护目标为该院区从事本项目操作的辐射工作人员、核医学科周围其他公众成员。

核医学治疗区（含病房）控制区实体屏蔽外周界向外围扩展 50m 的区域作为评价范围。本项目相关场所控制区周围 50m 范围内，无学校、居民楼等敏感目标，都是医院内部，主要为医院 1 号楼内相关诊疗场所和院内区域等。顺义院区核医学治疗区（含病房）周围 50m 范围内敏感目标分布示意图 2-1，50m 范围内敏感人员情况见表 2-1 所示。

表 2-1 本项目核医学科场所周围 50m 范围内主要保护目标

项目	保护目标	距离 (m)	常居留人数 (人)	方位	周围 50m 范围内主要 场所或建筑物
地下 二层 核医 学治 疗区	核医学科工作人员	0~15	20	东侧	核医学科办公区
	公众	16~50	20		其他办公区和停车库
	患者或其他工作公众 人员	0~50	5	南侧	室外庭院和停车位
	患者或其他工作人员	0~10	2	西侧	患者走廊
	/	11~50	/		地下土层
	核医学科工作人员	0~25	10	北侧	核医学显像区
	患者或其他工作人员	26~30	2		公共走廊
	患者或其他工作人员	31~50	30		放疗中心
	工作人员和公众	5	8	楼下 (地下三层)	衰变池处理房、排风机 房、停车库
	其他工作人员	5	10	楼上 (地下一层)	血透辅助区示教室、值 班室、办公室等

备注：诊疗后的患者出口位于地下一层西侧室外庭院。

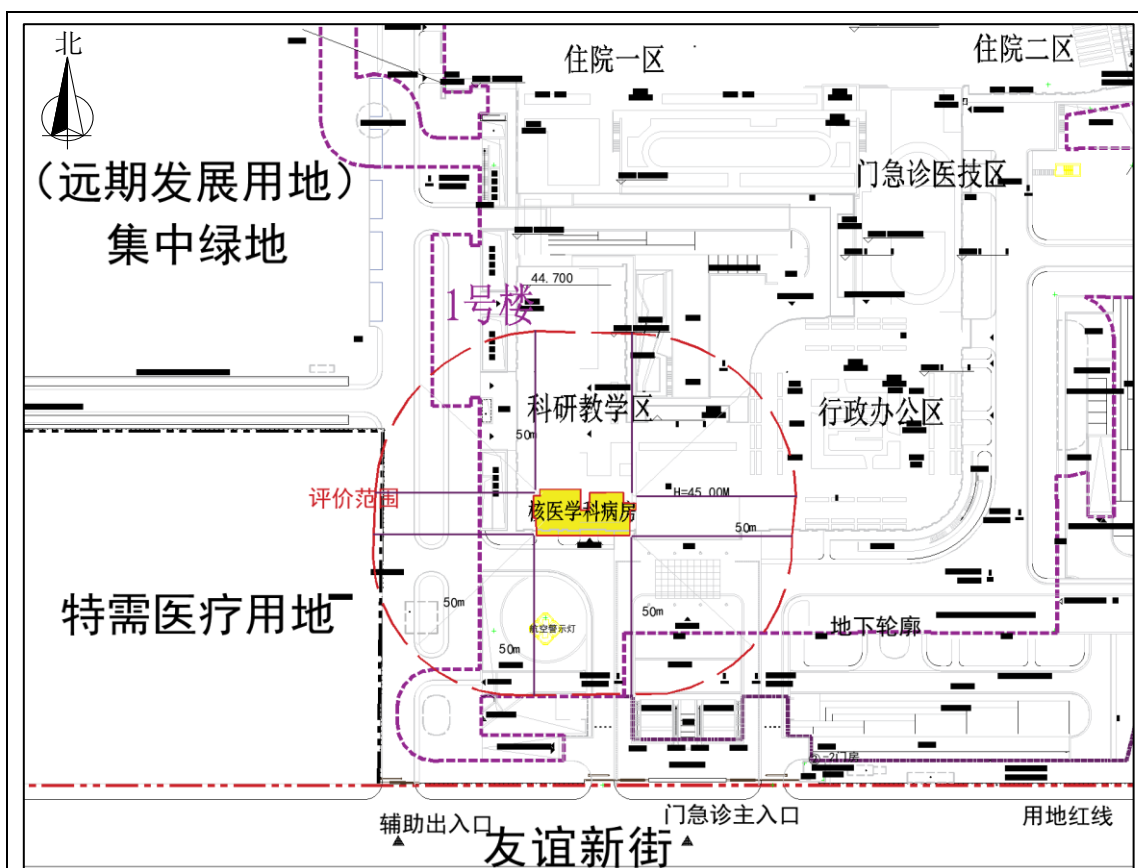


图 2-1 顺义院区核医学科周围 50m 范围内敏感目标示意图

2.1.4 环评及批复建设内容与实际建设内容对照情况

本项目环评及批复的建设内容与实际建设内容对照见表 2-2 所示。

表 2-2 环评及批复的建设内容与实际建设内容对照一览表

序号	环评及审批决定建设内容	实际建设内容
1	项目位于北京市顺义区后沙峪镇顺义院区医疗综合体地下二层西南侧，内容为在现有核医学显像区南侧新建 1 处核医学治疗区（含病房），日等效最大操作量 $2.84\text{E}+9\text{Bq}$，乙级非密封放射性物质工作场所： （1）新增 I-131 核素用于甲亢门诊治疗，新增 Sr-89、Ra-223 核素用于骨转移门诊治疗； （2）新建 7 间有独立卫生间的单人病房，其中 1-6 号房间用于 I-131 核素甲亢住院治疗（南墙不可开启采光窗高于地面 2 米，用药量大的患者安排在中间病房），7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗（8-9 号预留房间封闭管理、10 号房间为被服暂存间），两类病房不同时全部使用。	本项目位于北京市顺义区后沙峪镇友谊南街 1 号院（与环评一个地址），已在医院顺义院区 1 号楼（环评中楼名为医疗综合体，与环评是一栋楼）西南侧地下二层新建 1 处核医学治疗区（含病房），日等效最大操作量不超过 $2.84\text{E}+09\text{Bq}$，为乙级非密封放射性物质工作场所。 （1）新增 I-131 核素用于甲亢门诊治疗，新增 Sr-89、Ra-223 核素用于骨转移门诊治疗； （2）新建 7 间有独立卫生间的单人病房，其中 1-6 号房间用于 I-131 核素甲亢住院治疗（南墙采光窗不能开启，高于地面 2 米，用药量大的患者安排在中间病房），7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗（8-9 号预留房间封闭管理、10 号房间为被服暂存间），两类病房不同时全部使用。 本次验收内容已建成，且落实了辐射安全和防护内容，并已重新申领了辐射安全许可证。

经现场勘察，本项目实际建设地点、建设内容与环评及批复内容一致。

2.2 源项情况

(1) 本项目核素使用情况

本次验收项目位于北京市顺义区后沙峪镇友谊南街1号院顺义院区1号楼地下二层西南侧，新增 I-131 核素用于甲亢门诊治疗，新增 Sr-89、Ra-223 核素用于骨转移门诊治疗；新建 7 间有独立卫生间的单人病房，其中 1-6 号房间用于 I-131 核素甲癌住院治疗，7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗，两类病房不同时全部使用。8-9 号预留房间封闭管理、10 号房间为被服暂存间)。本项目核素使用情况见表 2-3。

表 2-3 本项目核素使用情况表

使用场所	核素	患者最大(平均)使用量(Bq)	每日最多诊疗人数(人)	年最大使用天数(天)	日最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	用途
核医学治疗区(含病房)	I-131(胶囊)	3.7E+08	5	100	1.85E+09	1.85E+11	甲亢治疗
	Sr-89	1.48E+08	2	50	2.96E+08	1.48E+10	骨转移治疗
	Ra-223	6.60E+06	2	50	1.32E+07	6.60E+08	骨转移治疗
	I-131(液体/胶囊)	4.44E+09(平均)	6	50	2.66E+10	1.32E+12	甲癌住院治疗
	Lu-177	7.40E+09	1	50	7.40E+09	3.70E+11	前列腺癌等留观治疗

(2) 核素使用量及场所分级

GB18871-2002 以及《关于明确核技术辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430 号)明确了常见的放射性药品生产、使用场所日等效操作量核算中操作因子的选取：放射性药品生产中分装、标记等活动视为“简单操作”；医疗机构使用 F-18、Tc-99m 相关活动视为“很简单的操作”，使用 I-131 核素相关活动视为“简单操作”。

依照上述通知精神，对本项目涉及核素的操作方式确定如下：

本项目治疗除使用 I-131 外，还使用 Lu-177、Sr-89 和 Ra-223 放射性药物。参照 I-131，将其它核素的治疗也视为“简单操作”。

核素的毒性组别修正因子和状态与操作方式修正因子根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)相关规定给出。核算后的各种核素的日等效最大操作量如表 1-8 所示，小于乙级非密封放射性物质工作场所的上限(乙级上限 $4 \times 10^9 \text{Bq}$)，即使病房这些患者同一天给药，各种核素日等效最大操作量的总和为 $3.58\text{E}+9\text{Bq}$ ，也小于乙级场所的上限(乙级上限 $4 \times 10^9 \text{Bq}$)。

表 2-4 核素日等效最大操作量

使用场所	核素种类	日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	场所等级	
核医学治疗区 (含病房)	I-131 (甲癌)	2.66E+10	0.1	简单操作 (液体, 1)	2.66E+09	乙级 (日等效最大操作量为 2.84E+09Bq)	乙级 (日等效最大操作量为 9.20E+8Bq)
	I-131 (甲亢)	1.85E+09	0.1	简单操作 (固体, 10)	1.85E+07		
	Sr-89	2.96E+08	0.1	简单操作 (液体, 1)	2.96E+07		
	Ra-223	1.32E+07	10	简单操作 (液体, 1)	1.32E+08		
	Lu-177	7.40E+09	0.1	简单操作 (液体, 1)	7.40E+8	/	

备注：根据环评内容，I-131（甲癌）操作方式修正因子保守都是按液态估算，待胶囊普及后实际日等效最大操作量将减少一个数量级；Lu-177患者给药时间在甲癌患者入院前一天给药，甲癌患者入院时，Lu-177患者已出院。

经现场勘察，上述本次验收内容使用的非密封放射性核素已重新申领了辐射安全许可证，实际建设内容（核素类别、操作量、级别、使用地点）均与环评及批复的建设内容一致，符合要求。

2.3 工程设备与工艺分析

2.3.1 工作原理

核医学治疗区涉及的放射性核素治疗包括：I-131 甲亢治疗（胶囊）、I-131 甲癌治疗（口服液或胶囊）、Lu-177、Sr-89 和 Ra-223 治疗核素。主要利用放射性核素参与人体代谢自动在特定组织内聚集，对其周围病变细胞造成杀伤。核素 Sr-89、Lu-177、I-131 和 Ra-223 治疗是利用机体内能高度选择地聚集在病变组织的化合物作为载体，将放射性核素运送到病变组织或细胞，使放射性核素与病变细胞紧密结合。

（1）甲状腺具有高度选择性摄取 I-131 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。I-131 在甲状腺内停留的时间较长，在甲亢病人甲状腺内的有效半衰期约 3~5 天。I-131 衰变时主要发射 β 粒子，且射程短，仅约 2~3mm， β 粒子对周围正常组织一般无影响。因此，大剂量 I-131 进入功能亢进的甲状腺组织，这些组织在粒子集中且较长时间的作用下将遭受部分抑制或破坏取得类似部分切除甲状腺的效果。采用 I-131 治疗甲状腺癌患者，绝大多数已经施行甲状腺全切手术，残余甲状腺组织很少，摄 I-131 率很低。口服 I-131 后 3 天，患者体内残余 I-131 量绝大多数低于 400MBq，故住院周期约 3.5 天。预计全年甲癌病人数量不大于 300 例（每批次最多收治 6 例，每年最多 50 批次）。

(2) Lu-177 是神经内分泌肿瘤和前列腺癌的治疗临床治疗的一个重要手段, 目前多肽受体放射性核素治疗 (Peptide Receptor Radionuclide Therapy, PRRT) 已成为核医学专业以及肿瘤临床的新宠。PRRT 目前应用最广泛的就是以治疗用的放射性核素 Lu-177 等标记生长抑素类似物奥曲肽来治疗神经内分泌肿瘤(NET), 多数神经内分泌肿瘤均过度表达生长抑素受体, 这是临床诊断和治疗的病理生理基础, 可利用核素的内照射对阳性原发灶和转移灶进行治疗。给药 Lu-177 后 1 天 (24h), 患者体内残余 Lu-177 量约为 1000MBq, 给药 7.4GBq 的 Lu-177 留观时间不小于 6h (患者给药小于 3.7GBq 时, 无需留观)。预计全年治疗病人数量不大于 50 人次 (每批次最多收治 1 例, 每年最多 50 批次)。厂家送来时每个 Lu-177 核西林瓶外还有不低于 10mmPb 铅罐进行辐射防护。

(3) Sr-89 是一种亲骨性放射性核素, 进入体内后同钙一样参加骨矿物质的代谢过程, 静脉给药后, 恶性肿瘤骨转移病灶内的摄取率大于正常骨组织的 2~25 倍, 并滞留在癌灶中, 发射平均能量为 1.463MeV 的 β 射线, 半衰期为 50.5 天, 其辐射效应杀伤癌细胞, 缩小病灶, 起到良好的镇痛作用。

(4) Ra-223 (α 放射性核素) 在内照射时具有极强的细胞毒性, 对肿瘤细胞具有较强的杀灭作用, 而其短射程对正常组织影响较小 (α 粒子的射程仅 43 微米), 并能够模拟钙的作用, 并与羟基磷灰石形成复合物以加快一些部位骨质更新, 例如骨转移灶部位。这种强有力的药物的 α 粒子的穿透范围短, 不会伤害附近的健康组织和关键的骨髓。对工作人员和患者周围公众外照射影响轻微。

2.3.2 操作流程

(1) 门诊治疗

放射性药物经由静脉注射或口服方式进入受检者体内, 药物分布到特定器官并释放 β 射线, 从而抑制或破坏病变组织, 达到治疗目的。治疗工作流程如下: 向有相应资质厂家订购 Sr-89、Ra-223 注射液或 I-131 口服胶囊→患者 (在注射区) 施予药物→要求门诊治疗患者服药后马上离开医院 (门诊治疗核素都满足出院要求, 无需留观), 限制与儿童或孕妇密切接触, 避免与他人长时间接触。

① 预约患者: 提前制定核素治疗工作计划, 通知患者。

② 订货: 提前一天根据预约的检查人数及诊断项目, 用核素向药品公司订购标记的放射性药物。

③ 接收药物：外购药物由药品公司负责把药品送至地下二层，沿通道，经缓冲间运至病房高活室门口。

④ 质检：药物运输至核医学治疗区高活室门口，质检人员核对放射性药物名称和活度，检查包装和外观质量，在高活室门口的摄像头监控下，由核医学科负责药物注射工作人员与送药人员办理“点对点”交接手续，然后暂存于高活室内。

⑤ 分装：门诊治疗的 Sr-89、I-131 药物不分装，由供药公司已按照人份分装；Ra-223 药物在高活室手套箱内按患者体重进行分装，患者给药量为每千克体重 55kBq (1.49 μ Ci)，每瓶总活度为 6600kBq (0.178mCi)，每次注射前，护士在手套箱（与 I-131 甲癌共用一个手套箱，甲癌患者每周只使用一次）内按患者体重抽取相应活度的 Ra-223，使用后的药瓶将放回铅容器后存入废物间 1。

⑥ 注射或口服：在注射窗口防护下，给受检人员注射 Sr-89、Ra-223 治疗药物。在治疗室窗口，患者口服 I-131 胶囊。

⑦ 留观：本项目门诊治疗患者正常情况无需留观，考虑到个别特殊患者，这些少量患者治疗后，在留观室短暂观察（不超过 15min）无异常情况即可离开核医学科。

（2）住院（甲癌）治疗

1) 甲癌治疗流程

① 甲状腺癌患者全切术后，病理若提示分化型甲状腺癌；病理学明确诊断为分化好的神经内分泌肿瘤，且基线血常规和生化指标符合治疗标准等，建议到核医学科就诊；

② 核医学科接诊后，开具相关检查，根据危险分层决定是否进行碘-131 治疗；

③ 确定治疗日期，开具住院证明；

④ 治疗前准备。治疗前应向患者详细介绍其治疗过程和治疗前准备、治疗后的注意事项，如 I-131 治疗前 3~4 周停用含碘食品、药物等，患者确认后应签署治疗同意书；

⑤ 治疗用药前，进行“三查五对”，治疗内容必须执行医嘱，核对患者姓名、性别、年龄、剂量、治疗时间，检查治疗项目、治疗核素、治疗内容。

⑥ 患者到服碘室窗口，听工作人员指挥自行服用 I-131 口服液（待胶囊普及

后患者直接口服胶囊），服药之后进入相应防护病房。

⑦ 甲癌患者需要在防护病房内住院 3.5 天，离院前进行剂量率测量，确保距患者 1m 处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可出院（I-131 患者体内低于 400MBq），出院前医护人员发放治疗患者告知书，告知患者出院后注意事项（例如与家庭成员距离，出行、上班避免与他人长间接接触等）。

⑧ 患者出院后，医护人员及时更换床单、被套、枕套，上述物品按照放射性污染物的规定处理。

⑨ 部分出院一周后回院进行全身显像；服用 I-131 一月后，返核医学门诊复查，检测甲状腺激素，调整优甲乐药量。

核素供货厂家运输工作人员将储存核素的专用容器，由一层患者专梯运至地下 2 层核医学科，沿患者通道运至病房高活室贮存，I-131 通过自动分装仪分装后按要求给患者口服（胶囊普及后患者直接口服胶囊）。

2) 甲癌碘放射性溶液自动分装仪（只针对住院病人的 I-131）

本项目已配备碘放射性溶液自动分装仪，辅助工作人员实施甲癌病人治疗量的自动化服药，实现碘放射性溶液的自动稀释、定量分装及活度在线测量等工作。碘自动分装仪内置有活度计装置，可直接进行在线的活度测量，计算机按照活度测量的结果反馈控制采样，无需得到母液的活度数据就可以实现甲癌的准确给药。工作人员使用自动分装仪分装后准备给病人服用。工作人员在分装仪一侧，通过铅观察窗，指导对面一侧的病人服药。

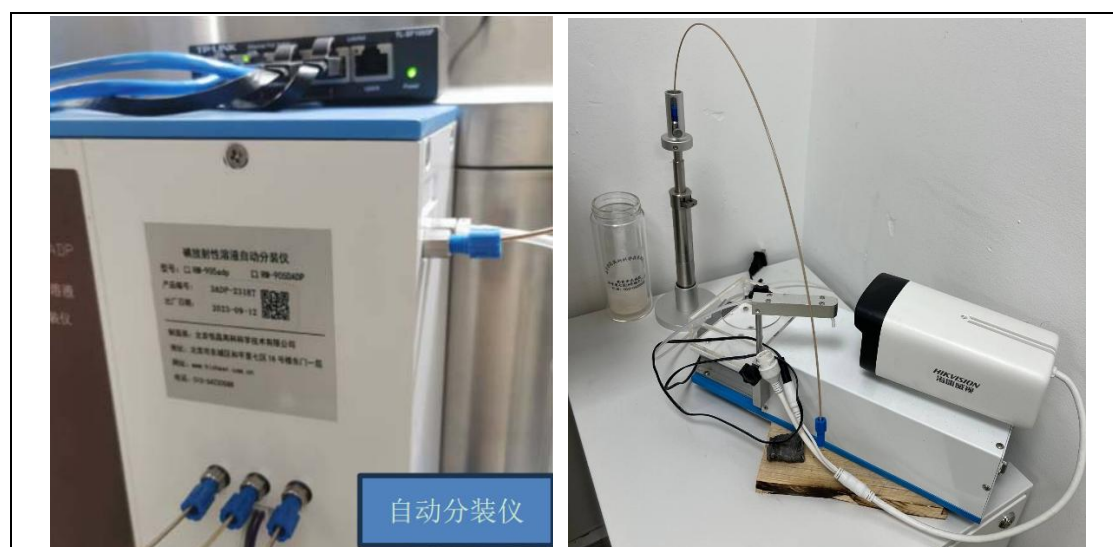


图 2-1 病房碘放射性溶液自动分装仪及配套设施图

(3) 留观（Lu-177）治疗

1) 病例选择:

- ① 病理学明确诊断为分化好的神经内分泌肿瘤;
- ② 经多学科讨论确定治疗方案;
- ③ Ga-68 PET/CT 显像阳性;
- ④ 基线血常规、肝功能及肾功能指标符合治疗标准。

2) 治疗方法

① 患者停用长效生长抑素类似物 4~6 星期。若为了控制症状, 停用短效生长抑素类似物 8 小时, 长效 7~10 天。

② 止吐: 托烷司琼 5mg, 地塞米松磷酸钠注射液 5mg 入壶。

③ 肾保护: 9AA 复方氨基酸溶液 500ml, 盐酸精氨酸注射液 20g, 共计 2000ml 液体, 自注射 $^{177}\text{Lu-Dotatate}$ 前 30min 开始滴注。

④ 药物注射: $^{177}\text{Lu-DOTATATE}$ 静脉滴注, 时间>15min。

⑤ 每 6~12 周一个周期(平均 8 周一个周期), 共 4~6 次, 总量不超过 37GBq (1000mCi)。

⑥ 接受 $^{177}\text{Lu-PSMA}$ 治疗的患者, 治疗后距离患者体表周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可出院。

药物的订货、接收药物、质检等环节都与核医学科现有的流程一致, 核素供货厂家运输工作人员将储存核素的专用 10mm 铅罐容器, 由一层患者专梯运至地下层核医学科, 沿患者通道运至病房高活室贮存。给患者输注的 Lu-177 无需分装, Lu-177 供药公司已按照人份分装。

Lu-177 药物注射过程中工作人员穿戴铅衣, Lu-177 药物通过静脉注射方式给药, 通过自动化注射泵法将药物推注入患者体内, 其过程是首先在高活室铅手套箱内手动将西林瓶中的药品抽取到注射器中, 而后将注射器放在铅屏蔽套中转移至病房, 把注射器取出注射到药瓶中, 而后将自动注射泵置于铅防护注射车里, 进行自动滴注给药。

治疗用药前, 进行“三查五对”, 治疗内容必须执行医嘱, 核对患者姓名、性别、年龄、剂量、治疗时间, 检查治疗项目、治疗核素、治疗内容。入院时给治疗患者发放牛奶袋、面包; 出院前医护人员发放治疗患者告知书, 告知患者出院后注意事项(例如与家庭成员距离, 出行、上班避免与他人长时间接触等)。患者

出院前，确保距患者 1m 处的周围剂量当率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可出院，出院前医护人员发放治疗患者告知书，告知患者出院后注意事项（例如与家庭成员距离，出行、上班避免与他人长时间接触等）。

2.3.3 放射性核素使用量

（1）门诊治疗

本项目门诊治疗使用的核素为 Sr-89、I-131 和 Ra-223，在核医学科接受放射性药物治疗的病人，在用药正常后就离开。Sr-89 使用量最多为 2 名病人/天，每周 1 天， 148MBq /病人；用于治疗甲亢的 I-131 使用量最多为 5 名病人/天，每周 2 天， 370MBq /病人；Ra-223 使用量最多为 2 名病人/天，每周 1 天，不大于 6.6MBq /病人，每个患者一般共注射 6 次（隔月一次）。

（2）住院或留观治疗

① 甲癌治疗

I-131 甲癌治疗使用的含 I-131 的放射性药品主要为碘[I-131]化钠溶液（胶囊普及后患者直接口服胶囊），用量通常为 $2.96\text{E}+09\text{Bq}$ （80mCi）、 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ （100mCi）、 $5.55\text{E}+09\text{Bq}$ （150mCi），个别用量达 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ （200mCi）。

施行甲状腺全切术或次全切术患者，通常行 I-131“清甲”或“清灶”治疗。“清甲”是指用 I-131 摧毁术后残留的正常甲状腺组织，“清灶”是指用 I-131 治疗甲状腺床残留甲状腺癌、甲状腺床复发灶和转移灶。“清甲”的剂量较低，为 $1.11\text{E}+09\text{Bq}\sim 3.70\text{E}+09\text{Bq}$ （30~100mCi），“清灶”的剂量较大，甲状腺癌复发或淋巴结转移的治疗剂量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}\sim 5.55\text{E}+09\text{Bq}$ （100~150mCi），少数肺部或骨转移治疗剂量可达 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ （200mCi）。

尽管“清灶”治疗的 I-131 用量大，但是蓄积进入甲状腺的量少，多数很快从体内排除；“清甲”治疗的 I-131 尽管用量少，但是蓄积进入甲状腺份额相对多，在体内滞留时间相对较长一些。汤敏敏等（日尿排泄 I-131 值估算甲状腺癌患者体内残留活度，中国医药前沿，2013，3（6）：8）报道，20 例“清灶”治疗患者平均住院时间为 3.1d，20 例“清甲”治疗患者的平均住院时间为 1.9d。

表 2-4 甲癌患者“清甲”治疗后体内残留活度（MBq）

时间	甲状腺 (残留率%)	非甲状腺 (残留率%)	合计 (MBq)	备注
0	4.11	95.89	3700	“清甲”剂量 $1.11\text{E}+09\text{Bq}\sim 3.70\text{E}+09\text{Bq}$ （30~100mCi），按 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ （100mCi）计算

24h	2.9	25.3	1043	
48h	2.0	6.7	322	第 2d 后, 低于 400MBq, 达到出院标准
72h	1.4	1.8	118	

表 2-5 甲癌患者“清灶”治疗后体内残留活度 (MBq)

时间	转移病灶 (残留率%)	非甲状腺 (残留率%)	合计 (MBq)	备注
0	1.74	98.26	7400	“清灶”剂量 $3.70\text{E}+09\text{Bq}\sim 5.55\text{E}+09\text{Bq}$ (100~150mCi), 按 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ (200mCi) 计算
24h	1.1	52.3	1976	
48h	0.7	13.9	540	
72h	0.5	3.7	155	第 3d 低于 400MBq, 达到出院标准

依据表 2-4 和表 2-5 估算结果, 甲癌 I-131 治疗患者住院 3d 后, 基本上可以满足出院标准, 设 6 间碘病房, 采用预约方式入院, 预计全年甲癌病人数量不大于 300 例 (每批次最多收治 6 例, 每年最多 50 批次)。

根据中国原子能科学研究院开展的《I-131 核素治疗的环境影响及管理对策》, 调查 7 期共 44 名甲癌患者, 平均用药量约为 $4.37\text{E}+09\text{Bq}$ (118mCi), 故本项目保守按照人均用量 4.44GBq (120mCi) 核算场所使用量和场所等级。本项目屏蔽防护保守按照 5.55GBq (150mCi) 进行设计。118

②Lu-177 留观治疗

Lu-177 主要为神经内分泌肿瘤和前列腺癌的治疗, 用量不大于 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ (200mCi)。根据放射防护期刊中 (Journal of Radiological Protection J. Radiol. Prot. 36 (2016) 269–278) 的结论, 距给药 7.4GBq Lu-177 治疗患者 6h 后 1m 处剂量率为 $15\pm 4\mu\text{Sv/h}$ 。Lu-177 治疗患者留观 6h 后, 就可以满足出院标准要求。设 1 间 Lu-77 病房, 采用预约方式入院, 预计全年治疗病人数量不大于 50 人次 (每批次最多收治 1 例, 每年最多 50 批次)。

2.3.4 主要放射性核素分析

Sr-89 为 β 核素, 半衰期为 50.5d, 衰变方式是 β^- , 发出主要能量为 1.49MeV 的 β 射线;

Ra-223 为 α 核素, 半衰期为 11.4d, 主要发射 α 射线 (能量主要为 $5.54\text{MeV}\sim 5.75\text{MeV}$), 同时还有不同能量和比例的 β 射线 (能量主要为 $3\text{keV}\sim 56\text{keV}$) 和 γ 射线 (能量主要为 $11.7\sim 269.5\text{keV}$);

I-131 半衰期为 8.04d，发生 β 衰变时伴随主要发射 364.5keV（81.2%）的 γ 射线；

Lu-177 半衰期为 6.65d，主要发射 β 射线，平均能量为 0.149 MeV（最大能量 0.497 MeV），组织内射程 2mm，发生 β 衰变时伴随主要发射 113keV（6.4%）和 208keV（11%）的 γ 射线。

本项目使用的放射性核素主要物理参数列于表 2-4。

表 2-4 本项目使用的显像放射性核素主要参数

序号	核素名称	毒性	半衰期	衰变类型	主要能量 (keV)	铅的1/10减弱层厚度 (mm)
1	I-131	中毒	8.03d	β^- 、 γ	β^-606 、 $\gamma364$	11
2	Lu-177	中毒	6.65d	β^- 、 γ	β^-497 、 $\gamma208$	2.11
3	Sr-89	中毒	50.5d	β^-	$\beta^-1495.1$	/
4	Ra-223	极毒	11.43d	α	11.7/83.8/269.5	/

备注：Lu-177 什值层 2.11mmPb 取自《EXPOSURE RATE CONSTANTS AND LEAD SHIELDING VALUES FOR OVER 1,100 RADIONUCLIDES》（健康物理学会 2012 年版）

2.3.5 使用放射性核素污染途径分析

治疗过程的主要污染因素是放射性药物释放 γ 射线、 α 射线和 β 射线对环境的辐射影响，以及产生含放射性的废水、废气和固体废物。患者在接受核素治疗后，放射性核素，特别是 I-131，主要通过尿液排出（住院 3.5d 中，I-131 从尿中排出量约为给药量的 85%；唾液、汗液和粪便中的排出量较少，呼出量也较少（引自北京大学医学出版社《ICRP 第 94 号出版物：非密封放射性核素治疗后患者出院考虑》）。

（1）正常工况的污染途径

①贯穿辐射。I-131 发生 β 衰变时伴随发射 364keV 的 γ 射线，其他核素 α 、 β 衰变时发射 γ 射线，因此，在进行药物接收、活度检查、分装、服用、巡视病人和处理放射性废物等操作时，工作人员及病区周围停留的公众可能受到 I-131 等核素释放出的 γ 射线的影响。

②放射性废水。清洗器皿，局部去污和洗手时，会产生放射性废液。患者体内的放射性碘主要通过尿液和粪便排出。患者使用卫生间而产生的冲厕废水含有大量的放射性物质。据文献资料，大约 55%施予活度的 I-131 在最初 24h 排出体外，22%在第 2 个 24h 排出，总量的 85%在最初 5d 内排出体外（引自北京大学

医学出版社《ICRP 第 94 号出版物：非密封放射性核素治疗后患者出院考虑》）。达标后排入医院污水处理站，再次处理后排入市政下水管网。

③放射性固体废物。包括：a.放射性药物剩余残液；b.盛装药物的药品、药杯、水杯；c.操作过程使用的防护服、手套、吸水纸和托盘等；d.服药患者使用过的各类物品，如纸巾、被褥和病号服等。除治疗剩余药物外，一般属于低放废物。剩余放射性药物由供应商回收处置；病号服、床单、被罩等污染品，暂存一段时间后，清洗和消毒、解控后重复使用。其他放射性废物暂存后，达到解控水平后办理清洁解控，之后按普通医疗废物处置。

④放射性废气。使用的 I-131 属于挥发性核素，但是本项目均为碘^[131I]化钠胶囊或溶液，挥发性相对较低。其它核素的挥发性更小，都为液体溶液，不易挥发，且分装时间（只针对甲癌治疗 I-131）较短，故使用过程中产生的放射性气体十分微量。

患者体内代谢的 I-131 也有极少量（文献报道约 0.008%~0.03%份额）随呼出气进入空气中，故病房需安装通风系统，并经活性炭吸附过滤后，高空排放。

（2）异常情况下的污染途径

①放射性药物保管不善，发生遗失或被盗。放射性物品失控可能造成环境放射性污染。

②由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面；放射性物质由患者吐出导致放射性污染。放射性物质污染工作场所、衣物、手和皮肤，增加外照射危险程度，还有可能被食入或吸入体内形成内照射。

③错误给药。包括放射性活度不正确，导致核素治疗活度错误；弄错患者，导致不必要的照射；授乳期妇女受到不必要的照射。

④放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

⑤服药患者体内核素活度未降至出院水平以下，即离开隔离病房，对公众造成不必要照射。

2.3.6 人员配置情况

医院西城院区核医学科现有辐射工作人员共 14 名（其中医师 7 名，技师 5 名，物理师 1 名，护士 1 名），顺义院区核医学显像区域已配备辐射工作人员 15 名（其中医师 6 名，技师 6 名，护士 2 名，物理师 1 名），本次核医学治疗区（含

病房)已新增配备8名工作人员(其中医师2名,技师2名,护士4名)。

以上核医学科工作人员均已通过辐射安全与防护考核并取得了合格证书,且尚在有效期内,并安排进行个人剂量监测,实际与环评及批复要求一致,满足使用要求。

2.3.7 辐射监测仪器配备情况

本项目顺义院区核医学治疗区(含病房)按要求配备了1台辐射剂量巡测仪、1台表面污染监测仪、1套固定式剂量报警仪(5个探头),能够满足核医学治疗区常规的监测需求,实际与环评及批复要求一致,满足要求。

表 3 辐射安全与防护设施及措施

本项目环境保护设施主要为环境影响报告表及环评批复中提出的确保核医学治疗区（含病房）安全运行的各项辐射安全防护设施，如屏蔽机房、警示标识、工作状态指示灯、通风设施和辐射监测仪器等。

3.1 工作场所布局及辐射分区

本次验收内容为核医学治疗区（含病房），住院或留观病区使用核素为 I-131 和 Lu-177，门诊治疗区 I-131、Sr-89 和 Ra-223 三种核素。按照使用功能区划为监督区、控制区（核素治疗操作区和住院病区），监督区和控制区通过缓冲区和门禁隔离。具体使用如下：

（1）监督区：包括被服库（储存干净被服）、送餐室、更衣室等。

（2）控制区：

①核素治疗操作区：包括工作人员高活室（含缓冲间）、服药室、留观室、2 间放射性废物间、应急淋浴间等。

②住院或留观病区：住院病区，设 7 间病房（6 间甲癌病房、1 间 Lu-177 留观病房），每间 1 张床，共 7 张治疗床位，房间带独立卫生间。该区出入通道安装门禁系统。

核素治疗操作区和住院或留观病区作为辐射安全管理控制区，严格限制无关人员进入。场所布局考虑了放射性工作场所与非放射性工作场所分开，不同放射性操作或污染水平的工作场所分开，工作人员区域与病人区域分开，尽可能的避免了人员受辐射影响，平面布局合理。

病房按照尽可能减少对周围辐射影响，以及满足临床工作便捷性的原则进行布局设计。从功能分区来看，普通办公区、监督区和控制区划分明确，且相对隔离，满足了核医学治疗的辐射安全管理的要求。此外，医护人员办公场所位于辐射工作场所的东侧，以尽量减少普通医护人员受到不必要的照射。病房已安装门禁系统、对讲系统、视频监控系统、辐射剂量率检测系统等技术手段，加强病人的管理，防止病人到处走动，可有效减少对周围公众和职业人员受到不必要的照射。

病房均配套有病房排风系统，可有效地将病人呼出气中所含 I-131 过滤后排放至室外，可减少对工作场所停留人员的内照射，并有效减少放射性气体对环境

的影响。病房设有 1 号废水衰变池，治疗病人的排泄物暂存后排放，可有效减少放射性废液对环境的影响。病房配套建设放射性废物贮存室，病房产生的所有放射性废物暂存后，达到解控水平后办理清洁解控，可有效减少放射性固体废物对环境的影响。

经现场勘察，项目平面布局和管理分区与环评及批复要求一致。综合分析，两区划分明确，平面布局既满足核医学诊疗工作要求，又有利于辐射防护，本项目平面布局合理。核医学治疗区（含病房）平面分区图见图 10-1。

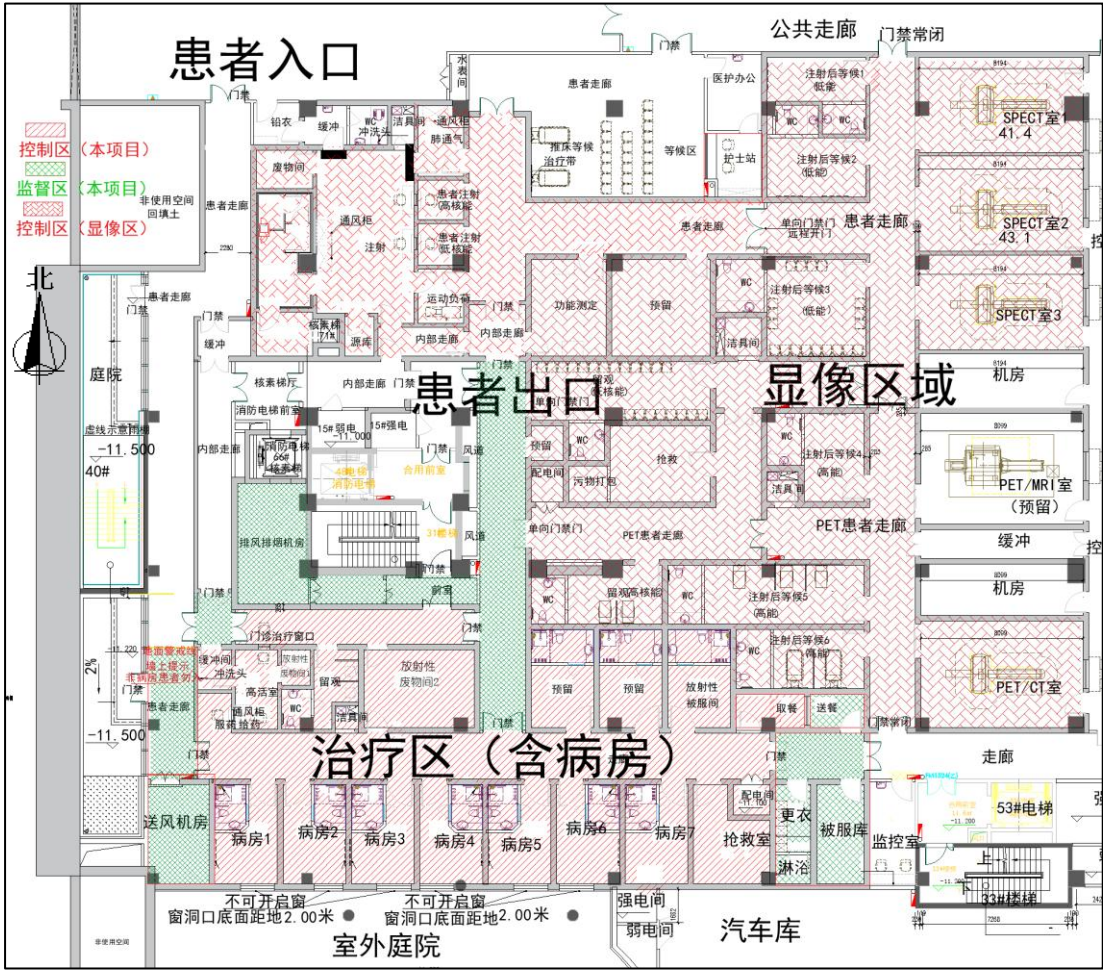


图 3-1 本项目核医学治疗区（含病房）平面分区图

3.2 屏蔽设施建设情况

核医学治疗区（含病房）控制区外墙都是砼（混凝土）结构。场所按照防护要求设计了含砼、铅防护门、铅玻璃，专用手套箱，放射性废水衰变池和固体废物间。此外，还配备有铅辐射注射窗、铅制废物桶，药品盛装铅盒等防护器具等，以及工作服、拖鞋等工作人员防护用品。医院已在原计划场所位置完成设备安装

及相应的辐射安全防护设施配套建设，屏蔽措施及厚度满足环评的要求。本项目核医学治疗区（含病房）屏蔽方案情况见表 3-1。

表 3-1 核医学治疗区（含病房）屏蔽材料及厚度对比情况表

序号	场所名称	屏蔽墙体方向	环评设计屏蔽材料及厚度	实际建设屏蔽材料及厚度	是否符合要求	备注（周围环境）
1	病房 1~病房 7	东墙	35cm 砼	35cm 砼	是	7 间病房为东西紧邻排列（位于病房南侧），病房 7 东侧为病房抢救室，病房 1 西侧为送风机房，北侧为患者走廊，南侧为室外庭院（无人区），其中病房 1~6 设有采光窗，距地 2.0m，长宽分别为 1.5m×0.9m
		南墙	35cm 砼	35cm 砼	是	
		西墙	35cm 砼	35cm 砼	是	
		北墙	35cm 砼	35cm 砼	是	
		楼上	35cm 砼+轻体垫层	35cm 砼+轻体垫层	是	正上方为采光筒，斜上方有库房、示教室等
		楼下	35cm 砼	35cm 砼	是	排风排烟机房、停车位和车道
		防护门	10mmPb	10mmPb	是	患者走廊
2	放射性被服间	东墙	35cm 砼	35cm 砼	是	等候室 6 和病房取餐间
		南墙	35cm 砼	35cm 砼	是	患者走廊
		西墙	35cm 砼	35cm 砼	是	预留
		北墙	35cm 砼	35cm 砼	是	等候室 5
		楼上	35cm 砼+轻体垫层	35cm 砼+轻体垫层	是	走廊和更淋间
		楼下	35cm 砼	35cm 砼	是	停车位
		防护门	10mmPb	10mmPb	是	患者走廊
3	放射性废物间 2	东墙	35cm 砼	35cm 砼	是	患者离开通道
		南墙	35cm 砼	35cm 砼	是	患者走廊
		西墙	35cm 砼	35cm 砼	是	门诊治疗留观室
		北墙	35cm 砼	35cm 砼	是	患者走廊
		楼上	35cm 砼	35cm 砼	是	走廊、库房
		楼下	35cm 砼	35cm 砼	是	停车位和车道
		防护门	3mmPb	3mmPb	是	患者走廊
4	留观室	东墙	35cm 砼	35cm 砼	是	放射性废物间 2
		南墙	25cm 砼	25cm 砼	是	患者走廊
		西墙	25cm 砼	25cm 砼	是	高活室
		北墙	35cm 砼	35cm 砼	是	患者走廊
		楼上	35cm 砼	35cm 砼	是	走廊、卫生间

		楼下	35cm 砼	35cm 砼	是	2 号衰变池房（距离地面完成面 2.9m）
		防护门	3mmPb	3mmPb	是	患者走廊
5	高活室	东墙	25cm 砼	25cm 砼	是	留观室
		南墙	25cm 砼	25cm 砼	是	患者走廊
		西墙	25cm 砼	25cm 砼	是	缓冲间和服药处
		北墙	25cm 砼	25cm 砼	是	患者走廊
		楼上	35cm 砼	35cm 砼	是	库房、庭院上空
		楼下	35cm 砼	35cm 砼	是	2 号衰变池房（距离地面完成面 2.9m）
		门诊治疗窗口	20mmPb 当量	20mmPb 当量	是	/
		甲癌服药窗口	40mmPb 当量	40mmPb 当量	是	/
		防护门	3mmPb	3mmPb	是	留观室
		通风橱	50mmPb	50mmPb	是	/
6	甲癌服药窗口	西墙	35cm 砼	35cm 砼	是	走廊
		楼上	35cm 砼	35cm 砼	是	非使用空间
		楼下	35cm 砼	35cm 砼	是	非使用空间

备注：①砼（混凝土）密度不低于 2.35g/cm³，铅密度不低于 11.34g/cm³。②墙面和楼板厚度已加混凝土垫层或混凝土抹灰，各功能室墙面、地面均为光滑饰面。

3.3 辐射安全与防护措施

本项目环境保护设施主要为环境影响报告表及环评批复中提出的确保射线装置安全使用的各项辐射安全防护设施，如房间屏蔽、警示标识、辐射监测仪器等。具体如下：

表 3-2 辐射安全措施与环评报告表或批复对比情况

序号	环评要求	环评批复要求	落实情况	是否符合
1	设置 I-131 和 Lu-177 治疗专用病区，病区设有值班室、卫生通过间、放射性废物间 2、高活室（分别设置病房治疗和门诊治疗给药窗口）、单人隔离病房、留观室等。将放射性废物间、高活室、单人隔离病房、留观室、放射性被服间以及患者走廊作为控制区管理，更衣室、被服库、送餐间等作为监督区进行管理，在病房入口西侧走廊地面拟画警戒线，墙上挂非病房患者勿入的提示。在控制区患者出、入口分别安装单向门禁系统，防止无关人员进入控制区。控制区出入口上张贴电离辐射警告标识，警示无关人员不要在出、入口长久停留。	须落实实体屏蔽防护措施（含强化服药间西墙），确保场所控制区各边界外、控制区内各房间墙体（含手套箱、核素传输通道等）外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5μSv/h。控制区、监督区放射性物质表面污染控制水平分别为：α 不大于 4Bq/cm ² ，β 不大于 0.4Bq/cm ² ，1 号衰变池排放废水总 α、总 β 放射性分别小于 1Bq/L、10Bq/L，I-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。须完善辐射工作场所分区管理（含南侧庭院），设置明显控制区、监督区标识（含病房入口西侧走廊）。	已建设 7 间有独立卫生间的单人病房，其中 1-6 号房间用于 I-131 核素甲癌住院治疗，7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗（另外预留两个病房封闭管理、设 1 个被服暂存间），两类病房不同时全部使用。病房六面墙体和门已采取不低于环境影响报告表中的实体屏蔽防护措施。已按要求进行控制区和监督区分区管理。在控制区出、入口分别安装单向门禁系统，防止无关人员进入控制区。控制区出入口上张贴电离辐射警告标识，警示无关人员不要在出、入口长久停留。患者入口和出口均设有门禁系统。根据验收报告监测结果，本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）场	是

		廊警戒), 以及放射性标志、中文警示说明和工作状态指示等。	所控制区、监督区 β 放射性物质不大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$; 场所控制区边界外、楼上和楼下的辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$, 均满足环评及批复中的剂量约束值要求。	
2	放射性表面污染控制措施: 高活室、留观室和病房等控制区地面用无缝隙、防渗, 且容易清洗和去污的材料覆盖 (如地胶等), 墙面 1.5m 高度张贴防渗的墙面 (如铝塑面板或釉面砖) 等, 便于去污。手套箱和工作台面选用表面光洁、耐腐蚀、防渗漏、易去污的材料。工作人员进入辐射工作区, 穿工作服, 涉及放射性药物的操作佩戴乳胶手套。核医学治疗区拟配备表面污染监测仪, 工作人员相关操作后应使用仪器及时监测个人防护用品外表面、操作用品和操作场所的表面污染。	/	高活室、留观室和病房等控制区地面已用无缝隙、防渗, 且容易清洗和去污的材料覆盖 (如地胶等), 墙面 1.5m 高度张贴防渗的墙面 (如铝塑面板或釉面砖) 等, 便于去污。手套箱和工作台面选用表面光洁、耐腐蚀、防渗漏、易去污的材料。工作人员进入辐射工作区, 穿工作服, 涉及放射性药物的操作佩戴乳胶手套。核医学治疗区已配备表面污染监测仪, 工作人员相关操作后应使用仪器及时监测个人防护用品外表面、操作用品和操作场所的表面污染。	是
3	外照射防护措施。2 个具有防护功能的给药窗 (甲癌服碘、门诊治疗给药), 可有效减少注射过程中工作人员受照剂量, 病房墙壁、留观室、防护门采用具有屏蔽 γ 射线的材料建造。至少配备 16 个铅废物桶 (其中 2 个为 15mmPb, 另外 14 个为 10mmPb), 其中给药窗旁设 15mm 铅废物桶 2 个、废物间 1 设有 2 个、每个病房 1 个 (共 7 个)、患者出口处 1 个、废物间 2 设有 4 个。含治疗药物置于专用屏蔽盒内贮存。服药患者应视为移动放射源, 医护人员与患者之间的距离应尽可能远, 并尽量缩短接触时间。要求服药患者多喝水、多排便, 安静在病房休息, 少走动。一般情况下, 在 I-131 患者服药 48h 内, 医生和护理人员通过病房对讲系统查房, 不进行病房保洁工作。治疗期间禁止非治疗人员同室陪护。			是
4	妥善收集固体放射性废物。给药窗旁设 15mm 铅废物桶 2 个, 暂存废弃的放射性药物注射器、诊断试剂盒、包装物、棉棒、一次性用品等。剩余的 I-131 药物由供货商收回集中处置。病房区域设置废物间 2 (门诊治疗单独设置废物间 1), 用于暂存废弃药物操作过程产生的手套、吸水纸, 盛装放射性药物的药杯, 服药患者使用过存在放射性污染的物品, 如纸巾、喝水空瓶、纸杯等, 还有排风装置更换的活性炭过滤器, 需经过存放衰变, 待达到清洁解控水平, 方可作为非放射性废物处理。放射性固废依照 HJ1188-2021 和《北京市生态环境局办公室关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》, 本项目使用核素为 B 类, B 类固体废物暂存时间超过 10 倍最长半衰期且不少于 30 天 (其中病房产生含 I-131 核素废物至少暂存 180 天, 门诊治疗含 Sr-89 废物至少暂存 505 天) 后, 使用经检定或校准合格的检测仪器对满足衰变时间要求的废物逐袋进行表面巡测, 辐射剂量率监测为所处环境本底水平且 α 、 β 表面污染水平分别小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 和 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$, 可对废物解控并作为医疗废物处理, 并在放射性固体废物暂存、处置管理台账上详细记录解控废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、废物处置人员和处置日期等信息。住院患者使用过的被服, 在放射性被服间	核医学治疗区高活室设置 50mmPb 的手套箱; 核医学治疗区给药窗旁设置 15mmPb 铅废物桶 2 个; 门诊治疗废物间设 2 个、每个病房设 1 个 (共 7 个)、患者出口处设 1 个、病房废物间设 4 个, 每个均为 10mmPb。核医学科治疗区一共设置放射性废物暂存间并配备 16 个防护废物桶, 确保废物暂存超过 10 倍核素半衰期 (其中含 I-131 至少暂存 180 天) 后, 经监测合格后解控。	按照环评及批复要求建立了放射性废物、废水暂存、处置管理台账。核医学治疗区高活室设置了 50mmPb 的手套箱; 治疗区目前甲癌、甲亢治疗窗口分别配备了 1 个 20mmPb 铅当量的废物桶 (共 2 个); 每个病房 1 个 (共 7 个)、患者出口处 1 个 20mmPb 铅当量的废物桶; 废物间 1 (门诊治疗废物间) 设 2 个 15mmPb 铅当量的废物桶; 废物间 2 (病房废物间) 设有 20 个 10mmPb 铅当量的放射性废物柜, 用于对放射性废物分类收集暂存, 核医学科治疗区实际配备满足环评及批复要求。确保废物暂存超过 10 倍核素半衰期 (其中含 I-131 至少暂存 180 天) 后, 经监测合格后解控。	是

	暂存至少 8 天, 经检测被服表面 γ 剂量率小于 $1\mu\text{Sv/h}$ 且 β 表面污染水平小于 0.8Bq/cm^2 时, 可进行清洗并再次使用。			
5	内照射的防护: 高活室拟配备 1 个具有防护功能 50mmPb 当量的手套箱, 并带有高效过滤器, 设备正面配有铅玻璃、观察窗及操作工作孔。在缓冲间、服药室、病房和放射性废物间等场所均设排风口, 以减少污染物的聚积。所有核素病房的空气经风管集中在一起, 经过核医学科北侧竖管在顶部排放, 排放口设置碘过滤装置。一旦发生放射性污染, 应及时去污, 并收集污染物, 视情况采取封闭房间的措施, 减少污染物的扩散。工作人员穿戴防护服、防护围裙和手套及防护面罩等, 限制暴露在污染环境中的时间。一旦病房发生放射性污染, 将及时去污, 并收集污染物, 视情况采取封闭病房措施, 减少污染物的扩散。工作人员进入病房区域, 佩戴口罩(如 N95), 减少放射性气溶胶的吸入。	落实铅、混凝土垫层或抹灰厚度、混凝土密度, 采取铅罐、防护手套箱、自动合成分装设备、铅注射窗、人流物流门禁、患者出口专用电梯、剂量率监控等安全防护措施, 配备铅衣、铅帽等防护用品, 做到防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射。	治疗区高活室已配备 1 个 50mmPb 铅当量的防护手套箱, 并都带有活性炭过滤器, 手套箱设备正面配有铅玻璃、观察窗及操作工作孔。放射性药物的分装等操作在高活室专用防护手套箱内进行。放射性药物的分装等操作设在高活室专用防护手套箱内。本次核医学治疗区(含病房)已建设 3 套排风: ①治疗场所的放药室内手套箱(用于分装甲癌 I-131 和 Ra-223)设置 1 套排风; ②病房控制区共用 1 套排风系统; ③1 号衰变池房专门设有 1 套单独排风系统。经现场核实, 顺义院区核医学治疗区(含病房)3 套排风系统为 1 号楼西南侧科研教学区楼项的最高处(距离地面高度约为 43m)。	是
6	本项目核医学治疗区设置的排风系统的排风口位于医疗综合体西南侧(与显像区域排风相互独立), 都高于本建筑物屋顶, 高度约为医疗综合体的最高处, 排风口朝上设置, 风口顶设防雨锥形风帽(排风水平排放)。 本项目核医学科治疗场所的放药室内安装 1 套手套箱(用于分装甲癌 I-131 和 Ra-223), 操作口风速均 $\geq 0.5\text{m/s}$。手套箱设置独立的排风系统, 配备高效过滤器(过滤效率 $\geq 99.97\%$)和活性炭过滤器(过滤效率 $\geq 90\%$)。过滤器每年更换一次。核医学治疗区场所排风共分为 2 套排风系统, 其中核医学治疗区的手套箱设置 1 套, 病房控制区共用 1 套排风系统。衰变池房专门设有 1 套单独排风系统。排风机出口处设置活性炭过滤装置。 活性炭过滤器具体要求: 过滤效率大于 90%, 每个常用活性炭重量不小于 2kg, 更换周期为一年。	放射性药物的分装等操作须在高活室专用防护手套箱内。放射性废气经 3 套(手套箱、病房控制区、衰变池房)排风系统、配备高效过滤装置(过滤效率 $\geq 99.97\%$)和活性炭过滤器(过滤效率 $\geq 90\%$)、高于医疗综合体楼项排放, 过滤器(每套不小于 5kg)每年更换一次。	病房控制区和衰变池排风机出口处设置活性炭过滤装置(过滤效率 $\geq 90\%$)。手套箱设置独立的排风系统, 配备高效过滤器(过滤效率 $\geq 99.97\%$)和活性炭过滤器(过滤效率 $\geq 90\%$)、通风橱和排风系统的活性炭滤芯每年至少更换一次。本次申请符合环评及批复要求。过滤装置滤芯规定每年更换一次, 并按放射性固体废物妥善处置。	是
7	放射性废水集中收贮衰变。核医学治疗区高活室内洗手池废水, 清洁间废水, 给药后患者专用卫生间的冲厕废水以及应急产生的废水等, 通过专用管道(局部外面包裹 6mm 铅皮), 排至楼下 1 号废水衰变池。病房设置冲厕提示, 建议患者入厕后, 马上冲马桶, 以减少楼下屋顶回水弯出和水平管道内放射性废液的残留。衰变贮存池有效容积约为 442m^3。1 号放射性废水衰变池池壁采取严格防渗措施, 设有超位溢流和报警功能, 防止废液溢出。衰变池前端设可轮流使用的 2 个沉淀池, 防止大量淤泥进入衰变池。采用带铰刀潜污泵, 防止少量的污泥硬化淤积或将出水口堵塞。放射性废液管道应有文字标记和流动方向标记。对 1 号放射性废水衰变池进行任何维修前, 均需进行辐射水平和有害气体监测, 并进行记录。 患者卫生间采用节水马桶设计, 淋浴装置采取洗浴控制措施, 每日洗浴次数不超过一次, 单次 20min。患者住院宣教时, 提醒住院人员注意节约用水, 尽量减少废液产生。 1 号放射性废水衰变池的池壁采取严格防渗措施, 具有超位溢流和报警功能, 放射性物质通过的管道应有文字标记和流动	须建立放射性废物、废水暂存、处置管理台账, 清晰记录暂存、检测、解控、排放和处置等信息。设置 1 号放射性废水槽式衰变池 ($4\times 110.5\text{m}^3$), 收集洗涤废水、病人排泄物、应急废水等, 确保废水暂存超过 180 日、经监测合格后排放。	顺义院区核医学治疗区(含病房)实际建设的 1 号放射性废水槽式衰变池总容积为 445.7m^3(共 4 个池, 每池容积分别为 109.5m^3、112.7m^3、113.0m^3、110.5m^3), 用于收集洗涤废水、病人排泄物、应急废水等, 确保废水暂存超过 180 天, 并经监测合格后排放。实际建设衰变池总容积略大于环评总体积, 且衰变池废水衰变能力不低于环评要求, 能够满足环评及批复要求。	是

	方向标记。任何维修前需进行辐射监测。			
8	每间病房内、病房内走廊两头、病房出口、服药室各安装 1 个摄像头（一共拟安装 14 个），便于工作人员实时监控病房内状况。在高活室和留观室、病房内等处安装对讲装置。	落实铅、混凝土垫层或抹灰厚度、混凝土密度，采取铅罐、防护手套箱、自动合成成分装设备、铅注射窗、人流物流门禁、患者出口专用电梯、剂量率监控等安全防护措施，配备铅衣、铅帽等防护用品，做到防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射。	在核医学科患者通道入口处、每间病房内、病房内走廊两头、病房出口、服药室等处均已设置视频监控系統，便于观察和管理给药患者的活动。在每间病房安装了对讲装置。	是
9	病房 1~病房 6 南侧墙上设有不可开启的采光窗（长宽 1.5m×0.9m，距地 2.0m），南墙外采光筒区域都是平常无人区，出入口都设有门禁。	新建 7 间有独立卫生间的单人病房，其中 1-6 号房间用于 I-131 核素甲癌住院治疗（南墙不可开启采光窗高于地面 2 米，用药量大的患者安排在中间病房），7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗（8-9 号预留房间封闭管理、10 号房间为被服暂存间），两类病房不同时全部使用。病房六面墙体和门已采取不低于环境影响报告表中的实体屏蔽防护措施。病房 1~病房 6 南侧墙上设有不可开启的采光窗（长宽 1.5m×0.9m，距地 2.0m），南墙外采光筒区域都是平常无人区，出入口都设有门禁。	已建设 7 间有独立卫生间的单人病房，其中 1-6 号房间用于 I-131 核素甲癌住院治疗，7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗（8-9 号预留房间封闭管理、10 号房间为被服暂存间），两类病房不同时全部使用。病房六面墙体和门已采取不低于环境影响报告表中的实体屏蔽防护措施。病房 1~病房 6 南侧墙上设有不可开启的采光窗（长宽 1.5m×0.9m，距地 2.0m），南墙外采光筒区域都是平常无人区，出入口都设有门禁。	是
10	核医学治疗区场所拟新配的表面污染监测仪和便携式辐射剂量巡测仪各 1 台，用于表面污染和剂量率水平的检测。在高活室出入口处，设卫生通过间，用来更换个人防护用品，并放置一台污染监测仪用于表面污染监测。			是
11	核医学治疗区除配备便携式监测仪外，还设置多探头固定式剂量报警仪，在病房东侧被服间（监督区）、患者入口处、患者出口处、高活室缓冲间出入口设置剂量率探头，在线监测场所周围的辐射水平。	增配 1 台辐射剂量巡测仪、1 台表面污染监测仪、1 套固定式剂量报警仪（5 个探头）和各类防护用品，细化并落实场所及周围环境辐射水平监测方案（含病房废气排排放口 I-131 气溶胶浓度）。	顺义院区核医学治疗区（含病房）按要求配备了 1 台辐射剂量巡测仪、1 台表面污染监测仪、1 套固定式剂量报警仪（5 个探头），使用功能均正常，满足环评及批复要求。已落实场所及周围环境辐射水平监测方案（病房废气排排放口 I-131 气溶胶浓度每年委托有资质的检测单位进行监测）。	是
12	定期开展工作场所和环境辐射监测。每月自行对辐射工作场所卫生通过间、工作人员操作位、病区走廊等工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的区域进行常规的 γ 剂量率和 β 表面污染监测。每年委托有资质的检测单位对病房周围环境进行辐射监测，监测项目为 γ 射线、 β 表面污染和放射性废气排放口的 I-131 放射性气体气溶胶浓度。			是
13	门诊治疗留观室受检者座椅之间设铅屏风或者铅隔断，设 2 个 4mm 铅当量铅屏风（长×高尺寸不低于 1.0m×1.0m），减少留观期间的相互照射（正常无需留观）。门诊治疗留观室同时留观人员不多于 2 名。	门诊治疗留观室配备 1 个 4mmPb 移动铅屏风。	门诊治疗留观室受检者座椅之间设铅屏风或者铅隔断，门诊治疗留观室同时留观人员不多于 2 名，满足环评及批复要求。	是
14	全部辐射工作人员通过辐射安全与防护考核合格后持证上岗，所有人员开展个人剂量监测。	核医学科全部工作人员（新增不少于 8 人）均须通过辐射安全与防护考核并进行个人剂量监测。	本次核医学治疗区（含病房）已新增配备 8 名工作人员（其中医师 2 名，技师 2 名，护士 4 名），均已通过辐射安全与防护考核并取得了合格证书，且尚在有效期内，并安排了个人剂量监测。	是
15	送药通道为从地下一层西侧室外庭院通过药物专梯进（66#核素专梯）入病房高活室。外单位送药时间一般安排在上午 7:00，科室病患较少的时间，可以减少与送药人员的交汇。	设置患者出口专用电梯、剂量率监控等安全防护措施，配备铅衣、铅帽等防护用品，做到防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射。	按要求提前向有资质的药品公司订购所需要的核素，已按环评及批复要求，设置了核素专梯，以减少与送药人员的交汇。	是

3.4 场所安全防护设施运行效果

北京友谊医院对顺义院区核医学治疗区（含病房）的各项辐射安全防护设施

进行了如实查验，安全联锁、信号指示、实时监控、辐射监测仪等各项设施性能良好、运行正常。核医学科辐射安全防护设施与运行核查结果见表 3-3 所示，结果表明核医学治疗区（含病房）分区布局及人、物流向合理，工作人员操作时防护适当，对患者的管理合理可行，能够对放射性废物进行有效处置。

表 3-3 核医学治疗区（含病房）辐射安全防护设施与运行核查情况

序号	项目	内容	具体说明	现场核查情况	是否符合要求
1*	A 场所 设施	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	地面标注控制区和监督区	地面已标注控制区和监督区，地面已设置引导文字和标线。	是
2*		电离辐射警告标志	出入口、高活室门上粘贴电离辐射警示标志	出入口、高活室等门上已粘贴电离辐射警示标志。	是
3*		独立的通风设施	高活室设带屏蔽设计的手套箱，配有负压手套箱设独立通风，每间病房、服药室等设独立通风	高活室已设置带屏蔽的手套箱，配有负压手套箱设独立通风，每间病房、服药室等设独立通风。	是
4*		治疗病房病人之间防护	该场所病房为单人间	该场所病房为单人间。	是
5*		给药操作人员屏蔽	配备服药和注射窗口	已配备服药和注射窗口。	是
6		易去污的工作台面	采用不锈钢台面	已采用不锈钢台面。	是
7*		病人专用卫生间	专用卫生间和排水管线	设有患者专用卫生间及排水管线。	是
8*		放射性核素暂存场所或设施	同位素在高活室、贮源室暂存，设闭路监控。	在高活室、贮源室暂存，设有闭路监控。	是
9*	B 监测 设备	表面污染监测仪	拟配备 1 台表面污染监测仪	已配备 1 台表面污染监测仪。	是
10*		便携式辐射水平监测仪	拟配备 1 台辐射剂量巡测仪	已配备 1 台辐射剂量巡测仪。	是
11*		个人剂量计	所有工作人员配备 TLD 个人剂量计	项目所有工作人员已配备 TLD 个人剂量计。	是
12		个人剂量报警仪	/	/	/
13*	C 放射 性废 物和 废液	放射性废液处理排放系统及标识	442m ³ 废水衰变池	顺义院区核医学治疗区（含病房）实际建设的 1 号放射性废水槽式衰变池总容积为 445.7m ³ （共 4 个池，每池容积分别为 109.5m ³ 、112.7m ³ 、113.0m ³ 、110.5m ³ ）。实际建设衰变池总容积略大于环评总体	是

				积，且衰变池废水衰变能力不低于环评要求，能够满足环评及批复要求。	
14*		放射性固体废物暂存场所或设施	设废物间，贮存放射性废物	已设置废物间，贮存放射性废物。	是
15*	D 防护器材	个人防护用品	墙体和铅桶屏蔽，配备一次性医用口罩和手套	已设铅玻璃，配备一次性医用口罩和手套等。	是
16*		放射性表面去污用品和防污染材料	洗涤灵、酒精和棉球	已配有洗涤灵、酒精和棉球等材料。	是

顺义院区核医学治疗区（含病房）配备的相关防护措施见图 3-2。



高活室防护用品和防护设施的配置



甲癌服药室



病房 1~病房 7



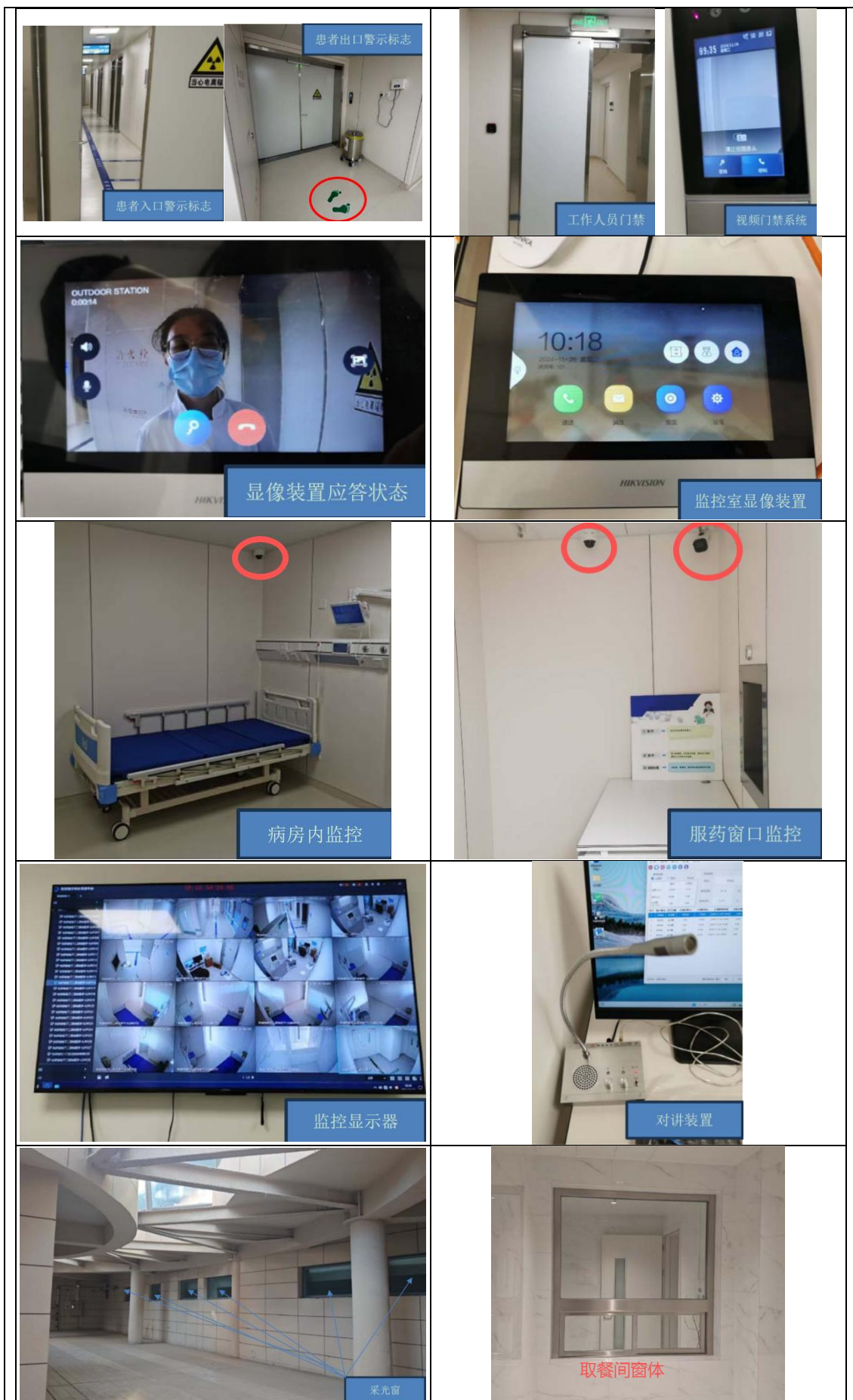




图 3-2 顺义院区核医学科治疗区（含病房）配备的防护措施现场照片

3.5 辐射安全管理情况

（1）辐射安全管理制度

医院已经设置了辐射安全与防护领导小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作。医院已将新建核医学科纳入辐射安全管

理范围，相关负责人将担任辐射安全与防护领导小组成员，负责核医学的日常管理。辐射安全与防护领导小组成员见表 3-4。

表 3-4 辐射安全与防护领导小组成员

序号	人员类别	姓名	性别	专业	职务或职称	工作部门	专/兼职
1	负责人	谢向辉	男	医院管理	党委书记	院办	兼职
2		张澍田	男	内科学	执行院长（法人）	院办	兼职
3	辐射防护负责人	邓明卓	男	医院管理	主管副院长	院办	兼职
4	组员	王振常	男	医院管理	副院长	院办	兼职
5	组员	龚迎光	男	医院管理	总务处处长	总务处	兼职
6	组员	王兢	女	护理学	中心手术室护士长	中心手术室	兼职
7	组员	杨艳艳	女	医院管理	医师	疾病控制与预防感染管理处	专职
8	组员	司阳	男	医院管理	行政处室负责人	规划建设处	兼职
9	组员	董瑞华	男	临床药理	研究型病房主任	研究型病房	兼职
10	组员	朱晨笛	男	医院管理	医师	疾病控制与预防感染管理处	专职
11	组员	谢聃	女	医院管理	行政处室负责人	人力资源处	兼职
12	组员	孙建军	男	外科学	临床科室负责人	神经外科	兼职
13	组员	金龙	男	介入放射科	介入放射科主任	介入放射科	兼职
14	组员	郭欣	女	医院管理	门诊部主任	门诊部	兼职
15	组员	骆金铠	女	护理学	行政处室负责人	护理部	兼职
16	组员	周春莲	女	医院管理	行政处室负责人	疾病控制与预防感染管理处	兼职
17	组员	张璐璐	男	医院管理	行政处室负责人	医学工程处	兼职
18	组员	任军	男	医学工程	放射组组长	医学工程处	兼职
19	组员	牛亦农	男	外科学	临床科室负责人	泌尿外科	兼职
20	组员	曹邦伟	男	肿瘤学	肿瘤中心主任	肿瘤中心	兼职
21	组员	郭艾	男	外科学	临床科室负责人	骨科	兼职
22	组员	支德源	男	医院管理	行政处室负责人	医务处	兼职
23	组员	王婷婷	女	医院管理	临床科室负责人	国际医疗部	兼职
24	组员	吴丽青	女	医院管理	采购中心主任	采购中心	兼职
25	组员	尤红	女	内科学	常务副院长	院办	兼职
26	组员	崔永	男	外科学	临床科室负责人	胸外科	兼职
27	组员	杨正汉	男	医学影像与放射治疗	临床科室负责人	放射科	兼职
28	组员	王拥军	男	内科学	临床科室负责人	消化科	兼职
29	组员	陈晖	男	内科学	临床科室负责人	心脏中心	兼职
30	组员	黄晓峰	男	口腔科	临床科室负责人	口腔科	兼职

31	组员	杨吉刚	男	核医学	核医学主任	核医学科	兼职
32	组员	苑国强	男	医院管理	保卫处副处长	保卫处	兼职
33	组员	梅雪岭	男	医院管理	教育处处长	教育处	兼职
34	组员	张拥波	男	神经内科	神经内科主任	神经内科	兼职

医院已更新并修订了《辐射安全管理制度》，其中包含辐射安全与防护管理工作制度及岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，操作规程，放射设备检修维护制度，台账管理制度，放射工作人员管理制度，辐射工作场所监测制度，放射性废物暂存、处置方案，放射性突发事件（件）应急预案等，该制度明确了辐射安全管理小组相应的职责。

（2）辐射工作人员

医院西城院区核医学科现有辐射工作人员共 14 名（其中医师 7 名，技师 5 名，物理师 1 名，护士 1 名），顺义核医学显像区域已配备辐射工作人员 15 名（其中医师 6 名，技师 6 名，护士 2 名，物理师 1 名），本次核医学治疗区（含病房）已新增配备 8 名工作人员（其中医师 2 名，技师 2 名，护士 4 名）。

以上核医学科工作人员均已通过辐射安全与防护考核并取得了合格证书，且尚在有效期内，并安排进行个人剂量监测。医院辐射防护负责人员及专职人员均已通过辐射安全与防护考核并取得了合格证书，且尚在有效期内。

（3）个人剂量监测

医院已制订了辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，并已将辐射工作人员个人剂量监测工作纳入全院辐射监测计划体系，要求全院辐射工作人员按要求接受个人剂量监测，并建立相应的个人剂量监测档案。

全院辐射工作人员的个人剂量监测工作目前已委托北京市疾病预防控制中心承担，监测频度为每 1 个季度检测 1 次。

（4）辐射场所监测

医院已更新辐射安全管理制度，包含了本项目相关操作规程及辐射场所监测方案。核医学治疗区（含病房）工作人员使用配备的辐射剂量巡测仪和表面污染测量仪，对核医学治疗区（含病房）辐射工作场所进行监测。

- 1) 监测项目：X- γ 剂量率水平，表面污染水平
- 2) 检测设备：X- γ 辐射剂量巡测仪，表面污染监测仪
- 3) 检测频次：剂量率水平每年不少于 1 次（有代表性点位不少于 1 次/月），

表面污染每天工作后检测 1 次。

- 4) 工作场所 X- γ 剂量率水平监测：点位包括核医学科和衰变池四周的剂量率水平。
- 5) 表面污染水平监测点位设置：每天工作结束后（治疗病房是下一批患者住院前），对高活室台面、地面，手套箱台面，注射窗台面以及相关设备表面等进行表面污染监测，监测数据记录存档。

核医学科病房 γ 辐射剂量率监测计划见表 3-5，表面污染水平监测计划见表 3-6，检测点位见图 3-3~3-4。

表 3-5 顺义院区核医学治疗区（含病房） γ 辐射剂量率监测计划

编号	场所名称	监测点位置	检测频次
1~2	核医学治疗区	控制区出入口处	1 次/年
3	服药窗口	西侧走廊	1 次/年
4	缓冲间	核医学治疗区东侧缓冲间	1 次/年
5		核医学治疗区西侧缓冲间	1 次/年
6	病房 1	西侧送风机房	1 次/年
7~9		病床、废物桶、卫生间表面	1 次/年
10~11		楼上女值班、楼外走道； 楼下车库	1 次/年
12~23		楼上：女值班、办公室、休息区、示教室等； 楼下：排风排烟机房、车道	1 次/年
24~41	病房 2~病房 7	病床、废物桶、卫生间表面	1 次/年
42		病房 7 东南侧汽车库	1 次/年
43~44	放射性被服间	被服、被服架	1 次/年
45~46	放射性废物间 2	楼上：工程师室、走廊； 楼下：车道	1 次/年
47		废物桶表面	1 次/月
48~49	留观室	楼上：卫生间； 楼下：衰变池区域	1 次/年
50~52		椅子、废物桶、卫生间表面	1 次/年
53~54	高活室	通风橱、给药窗表面	1 次/月
55~57	1 号衰变池	东侧、南侧、北侧停车区域	1 次/年
58		东侧电梯前室	1 次/年

表 3-6 表面污染水平监测计划

编号	场所名称	监测点位置	β 表面污染 (Bq/cm ²)
1~4	核医学治疗区高活室	手套箱台面、高活室地面、注射窗	
5~7	病房 1	病房地面、病床、卫生间	
8~26	病房 2~病房 7	病房地面、病床、卫生间	

26	放射性被服间	被服	
27~29	留观室	椅子、地面、卫生间表面	
30	其他必要点位	废物桶、包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	

3.4 放射性三废处理设施情况

(1) 放射性废气

顺义院区核医学治疗区（含病房）放射性药物的分装等操作设在高活室专用防护手套箱内。本次核医学科治疗区（含病房）已建设 3 套排风：①治疗场所的放药室内手套箱（用于分装甲癌 I-131 和 Ra-223）设置 1 套排风；②病房控制区共用 1 套排风系统；③1 号衰变池房专门设有 1 套单独排风系统。本项目核医学治疗区设置的排风系统的排风口位于 1 号楼西南侧（与显像区域排风相互独立），都高于本建筑物屋顶，高度约 43m（为 1 号楼的西南侧科研教学区的最高处），排风口朝上设置，风口顶设防雨锥形风帽（排风水平排放），符合环评及批复要求。

病房控制区和衰变池排风机出口处设置活性炭过滤装置（过滤效率 $\geq 90\%$ ）。手套箱设置独立的排风系统，配备高效过滤器（过滤效率 $\geq 99.97\%$ ）和活性炭过滤器（过滤效率 $\geq 90\%$ ），通风橱和排风系统的活性炭滤材每年至少更换一次，每套排风配备两个活性炭，每个常用活性炭重量为 15kg。通风橱和排风系统的活性炭滤材每年至少更换一次。高活室安装的通风橱操作口风速大于 1.16m/s，排放口设在所在建筑顶部高处，排风速率满足辐射安全需要。

综上，本项目放射性废气排风符合环评及批复要求。

(2) 放射性废水

本项目核医学科病房治疗区（含病房）实际建设了一个 1 号放射性废水槽式衰变池总容积为 445.7m³（共 4 个池，每池容积分别为 109.5m³、112.7m³、113.0m³、110.5m³），含液位指示和报警装置，用于收集洗涤废水、病人排泄物、应急废水等，确保废水暂存超过 180 天，并经监测合格后排放。

实际建设衰变池总容积略大于环评总体积，且衰变池废水衰变能力不低于环评要求，能够满足环评及批复要求。

放射性废水槽式衰变池及专用集水坑，已做好机房排水存水弯和水平管道、衰变池和集水坑四周及盖板混凝土（铅）屏蔽防护措施，并已在附近设置围挡，

防止无关人员进入。

(3) 放射性固体废物

本项目核医学治疗区（含病房）在甲癌、甲亢治疗窗口分别配备了 1 个 20mmPb 铅当量的废物桶（共 2 个）；每个病房 1 个（共 7 个）、患者出口处 1 个 20mmPb 铅当量的废物桶；废物间 1（门诊治疗废物间）设 2 个 15mmPb 铅当量的废物桶；废物间 2（病房废物间）设有 20 个 10mmPb 铅当量的放射性废物柜。用于对放射性废物分类收集暂存，顺义院区核医学治疗区（含病房）废物桶实际配置情况满足环评及批复要求。同时本项目按照环评及批复要求建立了放射性废物、废水暂存、处置管理台账。

3.5 工程变动情况说明

经现场核实，本次顺义院区核医学治疗区(含病房)验收内容的项目性质、规模、地点、工作方式和辐射防护措施等均与环评审批参数一致，对照《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313 号，本次验收内容不属于重大变动。本次验收项目符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等相关规定，未对环境及公众健康产生不利影响。

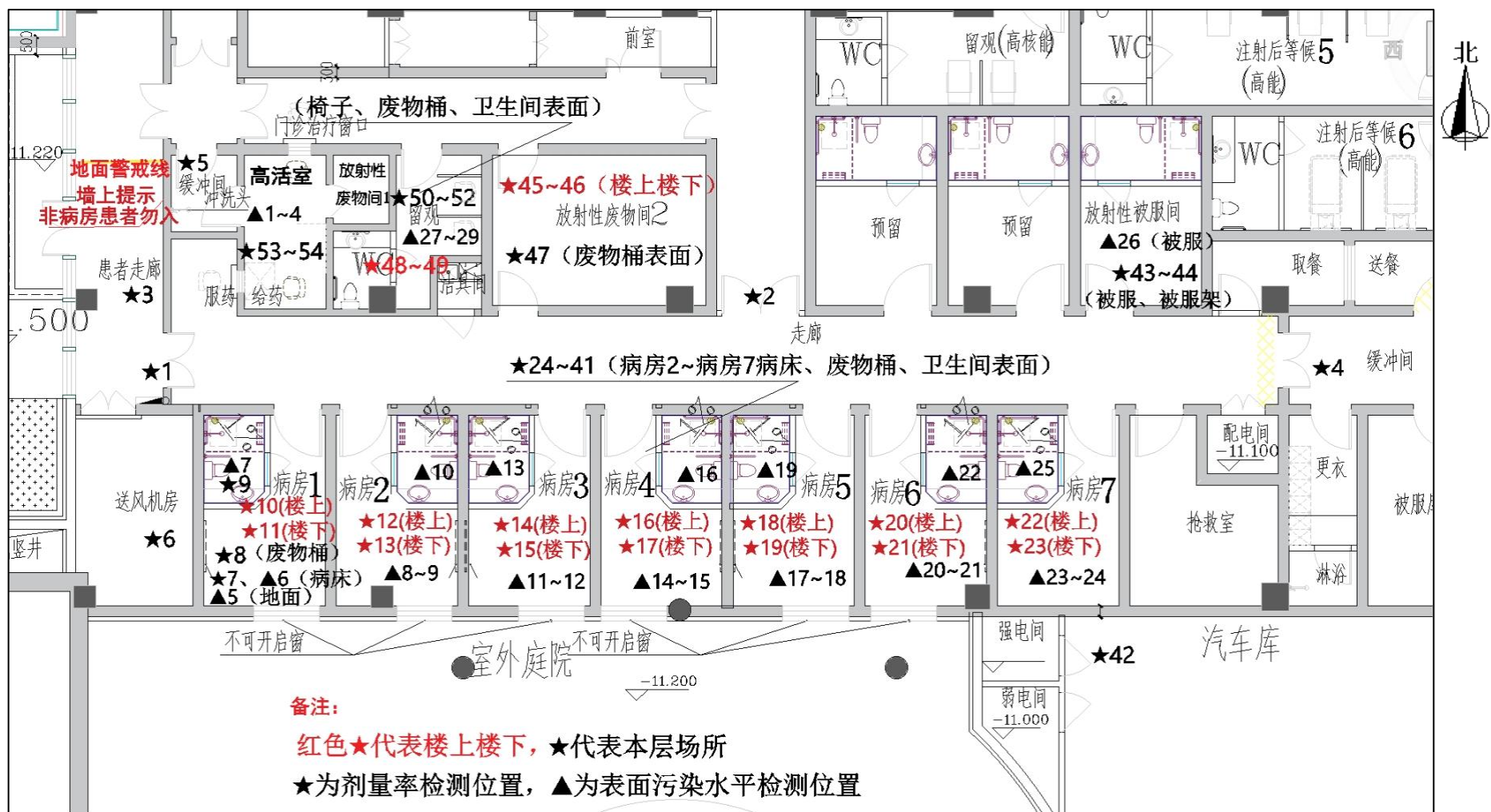


图 3-3 核医学科病房场所自行检测点位图（标注★为剂量率检测位置，▲为表面污染水平检测位置）

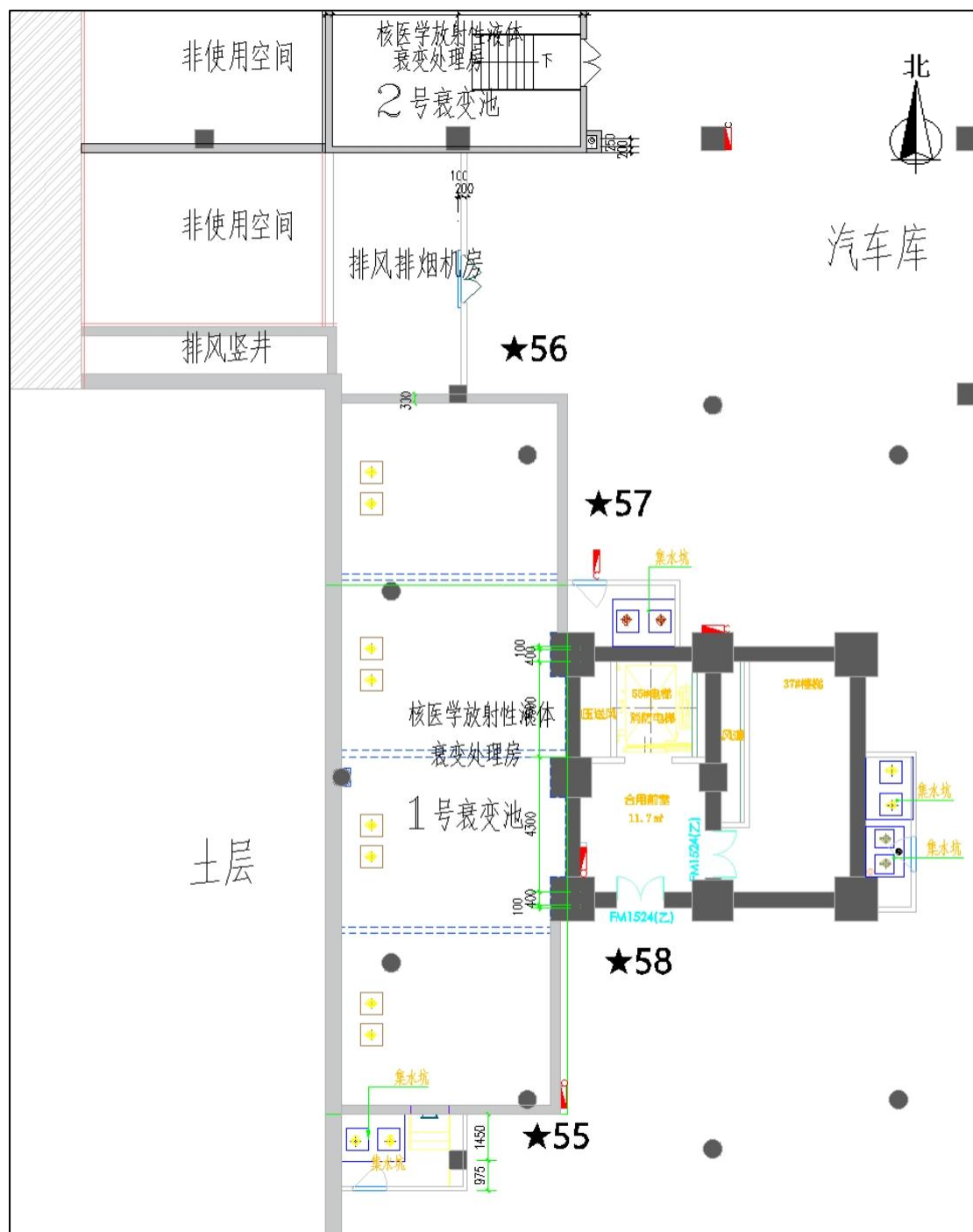


图 3-4 核医学科病房场所自行检测点位图（标注★为剂量率检测位置）

表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响报告表主要结论与建议

4.1.1 正当性分析

本项目使用 I-131 等标记的放射性药物，开展核医学治疗，是核医学科成熟的、常用的医疗手段，其使用过程中获得的利益远大于辐射可能造成的损害；I-131 对甲状腺癌晚期不能手术的病人疗效显著，可改善其生存质量。本项目建成后，可以形成比较完善的核医学诊疗、科研基地，不仅可以满足顺义区患者日益增长的就诊需求，填补顺义地区优质医疗资源缺乏的空白，同时也为医院核医学技术的深入研究和提高提供了支持，有利于核医学科在临床应用方面积累更丰富的经验，促进核医学技术的发展，从而进一步提高顺义及周边地区的医疗水平，可以产生一定的社会效益和经济效益。故上述辐射工作场所的使用符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

4.1.2 选址与布局合理性分析

北京友谊医院顺义院区位于顺义区后沙峪镇，本项目核医学治疗区位于医疗综合体（地下 3 层，地上 9 层）西南侧的地下二层内，周围 50m 区域都是医院内部，项目场址环境辐射本底未见异常，选址充分考虑了周围场所的防护与安全，以及患者就诊和临床应用的便利性，为相对独立的区域，对公众影响较小。因而从辐射环境保护方面论证，该项目选址是可行的。

本项目核医学科治疗病房位于地下二层，工作场所均有明显的实体分隔，各场所工艺布局流畅，人流物流不交叉，设置了必要的卫生通过间，比较全面的考虑了放射性工作场所与非放射性工作场所分开，不同放射性操作或污染水平的工作场所分开，工作人员区域与病人区域分开，尽可能的避免了人员受辐射影响，平面布局合理

4.1.3 辐射安全与防护能力分析

（1）辐射工作场所功能分区合理性

本项目划分控制区、监督区，划分明确，设置合理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

（2）辐射屏蔽措施

本项目核素治疗病房、留观室、高活室等均采取了混凝土或铅的屏蔽措施，根据机房外各关注点剂量率估算结果均满足本次评价提出的剂量率控制水平，符合辐射防护安全的要求。

（3）安全防护设施

本项目核医学治疗区场所门外设置电离辐射警示标识，墙面、地面均为光滑饰面，高活室配有负压和过滤的手套箱，通过设置废物间、病人专用卫生间等妥善收集放射性废物，工作人员配备必要的防护服等个人防护用品及监测设备，满足安全防护需求；核医学治疗区高活室等均设置了独立排风系统和活性炭过滤装置，设置了一个1号废水衰变池（容积442m³）收集贮存核医学治疗区产生的放射性废水。通过与核医学治疗区辐射安全防护设施与运行核查项目比较和分析，本项目配备的安全防护设施能够满足要求。与《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》的规定对照检查，满足要求。

4.1.4 辐射环境影响评价

（1）根据场所周围关注点辐射剂量估算结果可知，本项目核医学科运行后，预计工作人员和公众的年受照剂量低于本项目设定的年剂量约束值5mSv/a和100μSv/a要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

（2）放射性“三废”排放。预计核医学科相关工作场所运行后，放射性废水经暂存衰变后能够符合排放限值要求；工作场所运行每年产生放射性固体废物约813kg（包含手套箱过滤器等）。放射性沾染物品收集暂存衰变，符合清洁解控水平的废物按照医疗废物处置。将产生极少量的放射性废气从核医学科楼顶排出，排放大气环境中会进一步稀释，远低于到处空气浓度限值。

（5）辐射安全防护管理：医院设有辐射安全与环境保护管理机构，负责全院的辐射安全管理和监督工作。医院将根据本次所申请项目种类制定健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训考核计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护制度等，以满足辐射安全管理的要求。

4.1.5 结论

综上所述，北京友谊医院顺义院区新建核医学病房项目，相应的辐射安全防护措施基本可行，在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响可控，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

4.2 主要审批决定

(1) 拟建项目位于北京市顺义区后沙峪镇你单位顺义院区医疗综合体地下二层西南侧，内容为在现有核医学显像区南侧新建 1 处核医学治疗区（含病房），日等效最大操作量 $2.84\text{E}+9\text{Bq}$ ，乙级非密封放射性物质工作场所：

①新增 I-131 核素用于甲亢门诊治疗，新增 Sr-89、Ra-223 核素用于骨转移门诊治疗；

②新建 7 间有独立卫生间的单人病房，其中 1-6 号房间用于 I-131 核素甲癌住院治疗（南墙不可开启采光窗高于地面 2 米，用药量大的患者安排在中间病房），7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗（8-9 号预留房间封闭管理、10 号房间为被服暂存间），两类病房不同时全部使用（详见附件 1）。项目主要环境问题是辐射安全和防护，在全面落实环境影响报告表和本批复提出的各项污染防治措施后，对环境的影响是可以接受的。同意该环境影响报告表的总体结论。

(2) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环境影响报告表预测，拟建项目公众、职业照射剂量约束值分别执行 0.1mSv/a 、 5mSv/a 。须落实实体屏蔽防护措施（含强化服药间西墙），确保场所控制区各边界外、控制区内各房间墙体（含手套箱、核素传输通道等）外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。控制区、监督区放射性物质表面污染控制水平分别为： α 不大于 4Bq/cm^2 、 0.4Bq/cm^2 ， β 不大于 40Bq/cm^2 、 4Bq/cm^2 ；1 号衰变池排放废水总 α 、总 β 放射性分别小于 1Bq/L 、 10Bq/L ，I-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L 。

(3) 须完善辐射工作场所分区管理（含南侧庭院），设置明显控制区、监督区标识（含病房入口西侧走廊警戒），以及放射性标志、中文警示说明和工作状态指示等。落实铅、混凝土垫层或抹灰厚度、混凝土密度，采取铅罐、防

护手套箱、自动合成分装设备、铅注射窗、人流物流门禁、患者出口专用电梯、剂量率监控等安全防护措施，配备铅衣、铅帽等防护用品，做到防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射。

（4）须健全辐射安全管理规章制度、操作规程和应急预案，包括 3 种核素药物的分装、传输以及门诊治疗、住院治疗和留观治疗的操作规程，病房人员、物品管理规程，放射性废物间（含桶）、被服间及废水、废气处理设施的设置与管理规程，放射性药品遗撒、患者呕吐等意外情况处置规程等。核医学科全部工作人员（新增不少于 8 人）均须通过辐射安全与防护考核并进行个人剂量监测。增配 1 台辐射剂量巡测仪、1 台表面污染监测仪、1 套固定式剂量报警仪（5 个探头）和各类防护用品，细化并落实场所及周围环境辐射水平监测方案（含病房废气排排放口 I-131 气溶胶浓度），规范编写、按时上报年度评估报告。

（5）放射性药物的分装等操作须在高活室专用防护手套箱内。放射性废气经 3 套（手套箱、病房控制区，衰变池房）排风系统、配备高效过滤装置（过滤效率 $\geq 99.97\%$ ）和活性炭过滤器（过滤效率 $\geq 90\%$ ）、高于医疗综合体楼顶排放，过滤器（每套不小于 5kg）每年更换一次。须建立放射性废物、废水暂存、处置管理台账，清晰记录暂存、检测、解控、排放和处置等信息。设置放射性废物暂存间并配备 16 个防护废物桶，确保废物暂存超过 10 倍核素半衰期（其中含 I-131 至少暂存 180 天）后，经监测合格后解控。设置 1 号放射性废水槽式衰变池（ $4 \times 110.5 \text{m}^3$ ），收集洗涤废水、病人排泄物、应急废水等，确保废水暂存超过 180 日、经监测合格后排放。

（6）须严格核医学病房管理，I-131 核素治疗患者每周最多入院 6 人次，全年不超过 300 人次；Lu-177 核素治疗患者每周最多入院 1 人次，全年不超过 50 人次。做好住院或留观治疗病人出院监测，体表 1m 处剂量率低于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 方可出院。患者被服须在放射性被服间暂存不少于 8 天，并经检测 β 表面污染水平小于 0.8Bq/cm^2 后，才可进行清洗。

（7）项目建设须严格执行配套的放射防护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。自环境影响报告表批复之日起五年内项目未能开工建设的，本批复自动失效。项目性质、规模、地点或环

保措施发生重大变化，应重新报批建设项目环评文件。

（8）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的有关规定，你单位须据此批复文件、满足相关条件并办理辐射安全许可证后，相关场所、设施与装置方可投入使用。项目竣工后须按照有关规定及时开展环保验收。

附件：1.核医学治疗区放射性同位素使用情况表

2.核医学治疗区场所辐射防护用品一览表

北京市生态环境局

2024 年 7 月 26 日

附件 1

表 1 核医学治疗区放射性同位素使用情况表

场所名称	核素名称	日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途
门诊治疗区	I-131（胶囊）	1.85E+09 （3.7E+08/人，5 人/日）	1.85E+07	1.85E+11 （100 日/年）	甲亢治疗
	Sr-89	2.96E+08 （1.48E+8/人，2 人/日）	2.96E+07	1.48E+10 （50 日/年）	骨转移治疗
	Ra-223	1.32E+07 （6.60E+6/人，2 人/日）	1.32E+08	6.60E+08 （50 日/年）	骨转移治疗
住院或留观治疗区	I-131（液体/胶囊）	2.66E+10 （4.44E+9/人，6 人/日）	2.66E+09	1.32E+12 （50 日/年）	甲亢住院治疗
	Lu-177	7.40E+09 （7.40E+9/人，1 人/日）	7.40E+8	3.70E+11 （50 日/年）	前列腺癌等留观治疗

附件 2

表 2 核医学治疗区场所辐射防护用品一览表

名称	数量（个）	规格	使用场所
手套箱	1	50mmPb	核医学治疗区高活室
铅废物桶	2	15mmPb	核医学治疗区给药窗旁
	14	10mmPb	门诊治疗废物间2个、每个病房1个（共7个）、患者出口处1个、病房废物间4个
移动铅屏风	1	4mmPb	门诊治疗留观室

表 5 验收监测质量保证及质量控制

深圳市瑞达检测技术有限公司接受委托对本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）进行了验收监测。本次监测使用方法、仪器及人员均符合该公司的质量管理体系要求：

（1）监测仪器由法定剂量检定单位定期检定/校准，检定周期为 1 年，对仪器设备进行期间核查和经常性的检验；

（2）对委托单位的资质情况进行查验；

（3）监测工作严格按有关标准进行。

表 6 验收监测内容

6.1 监测项目

本项目已委托深圳市瑞达检测技术有限公司于 2025 年 6 月 4 日对本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）相关场所进行了验收监测，本项目验收监测项目为核医学治疗区（含病房）工作场所外周围剂量当量率、表面污染水平及风速。检测报告详见附件。

6.2 监测点位

监测点位包括本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）外毗邻场所、操作位及相其他关辐射场所位置。监测点位示意图见表 7-1，表 7-2。

6.3 监测仪器

本项目采用的监测仪器及性能指标相关信息见表 6-1 所示。

表 6-1 监测仪器及性能指标

仪器名称	仪器型号	仪器编号	检定证书编号	检定有效期	技术参数
辐射检测仪	AT1121	20171220	DLjl2025-02204	2026.02.23	测量范围：50nSv/h~10Sv/h（10nSv~10Sv）； 能量范围：0.015-10MeV；
表面污染仪	CoMo170	20170407	DLhd2025-00256	2026.02.04	探测器尺寸：170cm ² ； 探测效率：37%（β）、18%（F-18）、3%（Tc-99m）、42%（Y-90）。
风速仪	Testo 405-V1	20210640	LSvm2024-06669	2025.07.24	探测范围：0.1-32m/s

6.4 监测方法

周围剂量当量率检测首先在各点位附近进行巡测，重点对 X-γ 辐射剂量率较高的位置进行测量，一般为距地面 1m 处，包括防护门四周门缝外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、墙体外表面 30cm 处，每个监测点位连续测量 3 次，每次测量 10s，取平均值。

表 6-2 监测方法

监测项目	监测方法
周围剂量当量率	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021） 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）

表 7 验收监测

7.1 验收监测工况

本项目在进行验收监测时主体工程工况稳定，顺义院区核医学治疗区（含病房）辐射安全与防护设施已建成，设备运行正常，监测时记录的实际工况见表 7-1，表 7-2。

7.2 验收监测结果

7.2.1 验收监测结果

深圳市瑞达检测技术有限公司对本次验收的顺义院区核医学治疗区（含病房）相关场所表面污染和周围剂量当量率、手套箱（通风橱）风速进行了监测，并出具了检测报告，详见附件。

顺义院区核医学治疗区（含病房）相关场所表面污染和周围剂量当量率监测结果见表 7-1～表 7-2。手套箱（通风橱）风速检测结果见表 7-3。

（1）顺义院区核医学治疗区（含病房）场所周围剂量当量率监测结果见表 7-1。

表 7-1 顺义院区核医学治疗区（含病房）场所周围剂量当量率监测结果

表 1 高活室工作场所检测结果				
场所代码	A			
场所名称	高活室			
检测条件	用于甲癌治疗的 ^{131}I 胶囊活度为 4810MBq，用于甲亢治疗的 ^{131}I 胶囊活度为 370MBq，均使用专用运输铅罐送至高活室暂存，测量 A9～A15 检测点时将甲亢药物放置于室中央，测量 A18～A20 检测点时甲癌药物放置于甲癌患者服药窗口上。			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
A1	甲癌药物运输铅罐 30cm		4.78	——
A2	通风橱（甲癌药物放于通风橱操作平台中央）	观察窗 30cm	1.77	控制区
A3		橱体 30cm	1.80	控制区
A4	通风橱操作位（甲癌药物活度检测）		2.96	控制区
A5	甲癌服药窗口患者侧		1.12	控制区
A6	甲亢药物运输铅罐 30cm		0.43	——
A7	门诊治疗给药窗口（甲亢药物放于窗口患者侧）	观察窗 30cm	5.39	控制区
A8		操作位	5.12	控制区
A9	东墙	卫生间	0.12	控制区

A10	南墙	走廊	0.12	控制区
A11	西墙	缓冲间	0.12	控制区
A12	西墙	服药区	0.12	控制区
A13	门	上	0.12	控制区
		下	0.12	控制区
		左	0.12	控制区
		右	0.12	控制区
		中	0.12	控制区
A14	北墙	走廊	0.12	控制区
A15	甲亢服药窗口患者侧		0.12	控制区
A16	机房楼上	男值班	0.12	——
A17	机房楼下	衰变池区域	0.11	监督区
A18	患者入口门	上	0.88	监督区
		下	0.85	监督区
		左	0.90	监督区
		右	1.04	监督区
		中	1.12	监督区
A19	西侧	患者走廊	0.92	监督区
A20	北侧	缓冲间外走廊	0.13	监督区
A21	装有甲亢治疗 ^{131}I 胶囊无菌瓶 1m 处		444	——
A22	装有甲亢治疗 ^{131}I 胶囊无菌瓶 1m 处		19.7	——

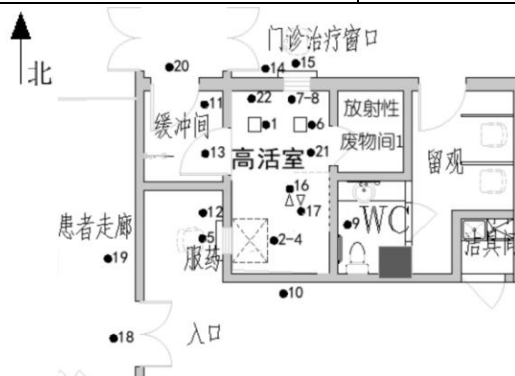


图 1 高活室工作场所检测布点示意图

表 2 留观室工作场所检测结果

场所代码	B			
场所名称	留观室			
检测条件	用于甲亢治疗的 ^{131}I 胶囊（活度为 370MBq）放于室中央			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
B1	门	上	1.21	控制区
		下	0.20	控制区
		左	1.89	控制区
		右	1.88	控制区

		中	1.49	控制区
B2	东墙	放射性废物间 2	0.12	控制区
B3	南墙	洁具间	0.34	控制区
B4	南墙	走廊	0.12	控制区
B5	北墙	走廊	0.12	控制区
B6	西墙	高活室	0.13	控制区
B7	楼上	卫生间	0.12	——
B8	楼下	衰变池区域	0.12	——

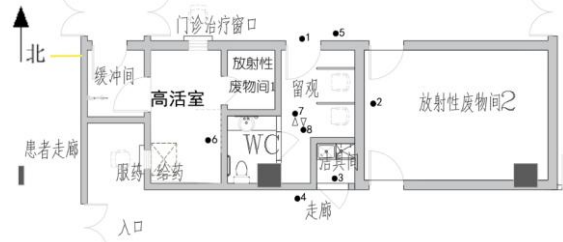


图 2 留观室工作场所检测布点示意图

表 3 一病房场所检测结果

场所代码	C			
场所名称	一病房			
检测条件	用于甲癌治疗的 ^{131}I 胶囊（活度为 4810MBq）放于床上			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
C1	门	上	0.18	控制区
		下	0.19	控制区
		左	0.20	控制区
		右	0.20	控制区
		中	0.21	控制区
C2	东墙	二病房	0.42	控制区
C3	西墙	送风机房	0.49	监督区
C4	北墙	走廊	0.20	控制区
C5	楼上	女值班	0.12	——
C6	楼上	楼外走道	0.12	——
C7	楼下	排风机房	0.12	——

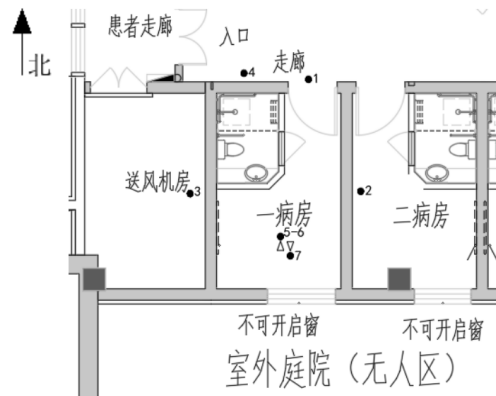


图3 一病房检测布点示意图

表4 二病房场所检测结果

场所代码	D			
场所名称	二病房			
检测条件	用于甲癌治疗的 ¹³¹ I胶囊（活度为4810MBq）放于床上			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率(μSv/h)	场所分区
D1	门	上	0.21	控制区
		下	0.18	控制区
		左	0.21	控制区
		右	0.22	控制区
		中	0.21	控制区
D2	东墙	三病房	0.88	控制区
D3	西墙	一病房	0.54	控制区
D4	北墙	走廊	0.19	控制区
D5	楼上	女值班	0.12	——
D6	楼上	楼外走道	0.13	——
D7	楼下	停车库区域	0.12	——

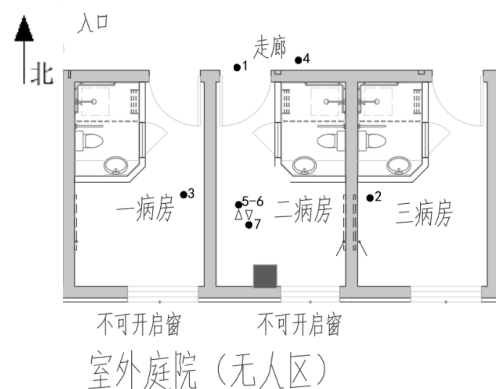


图4 二病房检测布点示意图

表5 三病房场所检测结果

场所代码	E			
场所名称	三病房			
检测条件	用于甲癌治疗的 ¹³¹ I胶囊（活度为4810MBq）放于床上			

检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
E1	门	上	0.19	控制区
		下	0.23	控制区
		左	0.21	控制区
		右	0.20	控制区
		中	0.21	控制区
E2	东墙	四病房	0.44	控制区
E3	西墙	二病房	0.93	控制区
E4	北墙	走廊	0.19	控制区
E5	楼上	主任办公	0.12	——
E6	楼上	楼外走道	0.13	——
E7	楼下	停车库区域	0.12	——

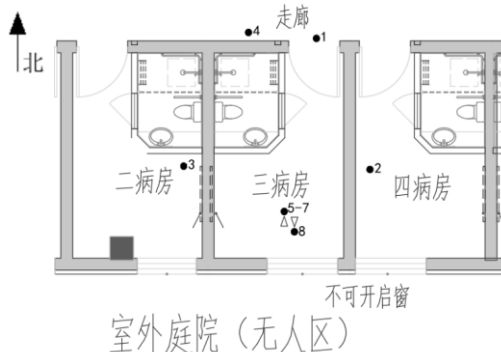


图5 三病房检测布点示意图

表6 四病房场所检测结果

场所代码	F			
场所名称	四病房			
检测条件	用于甲癌治疗的 ^{131}I 胶囊(活度为4810MBq)放于床上			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
F1	门	上	0.20	控制区
		下	0.21	控制区
		左	0.22	控制区
		右	0.23	控制区
		中	0.23	控制区
F2	东墙	五病房	0.97	控制区
F3	西墙	三病房	0.62	控制区
F4	北墙	走廊	0.18	控制区
F5	楼上	护士长办公室	0.12	——
F6	楼上	楼外走道	0.13	——
F7	楼上	电梯前室(斜上方)	0.13	——
F8	楼下	停车库区域	0.12	——

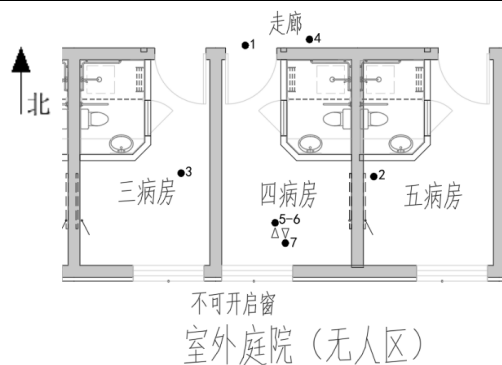


图 6 四病房检测布点示意图

表 7 五病房场所检测结果

场所代码	G			
场所名称	五病房			
检测条件	用于甲癌治疗的 ^{131}I 胶囊（活度为 4810MBq）放于床上			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
G1	门	上	0.18	控制区
		下	0.20	控制区
		左	0.20	控制区
		右	0.20	控制区
		中	0.20	控制区
G2	东墙	六病房	0.57	控制区
G3	西墙	四病房	0.96	控制区
G4	北墙	走廊	0.18	控制区
G5	北侧门	上	0.12	监督区
		下	0.14	监督区
		左	0.13	监督区
		右	0.14	监督区
		中	0.14	监督区
G6	楼上	护士长办公室、休息区	0.12	——
G7	楼上	楼外走道	0.13	——
G8	楼上	楼梯间（斜上方）	0.13	——
G9	楼下	停车库区域	0.13	——

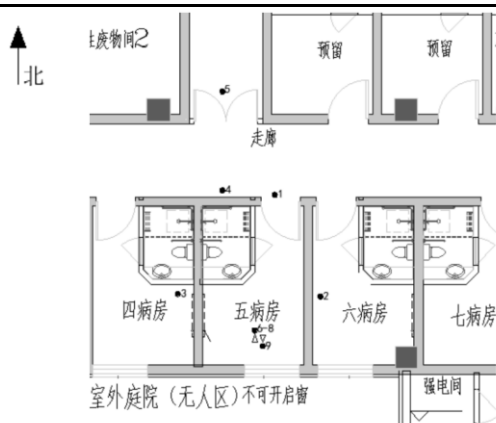


图 7 五病房检测布点示意图

表 8 六病房场所检测结果

场所代码	H			
场所名称	六病房			
检测条件	用于甲癌治疗的 ^{131}I 胶囊（活度为 4810MBq）放于床上			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
H1	门	上	0.20	控制区
		下	0.20	控制区
		左	0.20	控制区
		右	0.22	控制区
		中	0.20	控制区
H2	东墙	七病房	0.90	控制区
H3	西墙	五病房	0.50	控制区
H4	北墙	走廊	0.19	控制区
H5	楼上	休息区	0.13	——
H6	楼上	楼外走道	0.12	——
H7	楼下	停车库区域	0.12	——

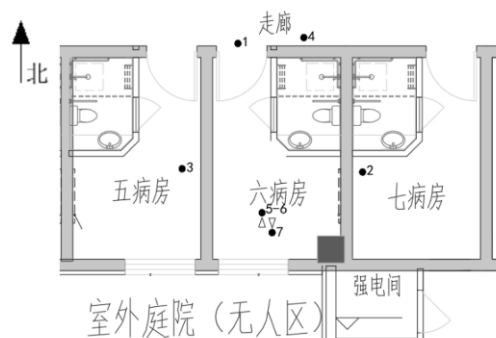


图 8 六病房检测布点示意图

表 9 七病房场所检测结果

场所代码	I			
场所名称	七病房			
检测条件	用于甲癌治疗的 ^{131}I 胶囊（活度为 4810MBq）放于床上			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区

I1	门	上	0.20	控制区
		下	0.19	控制区
		左	0.22	控制区
		右	0.21	控制区
		中	0.21	控制区
I2	东墙	抢救室	0.67	控制区
I3	西墙	六病房	0.93	控制区
I4	北墙	走廊	0.19	控制区
I5	南墙	停车库区域	0.17	——
I6	楼上	示教室	0.12	——
I7	楼上	楼外走道	0.12	——
I8	楼下	停车库区域	0.13	——

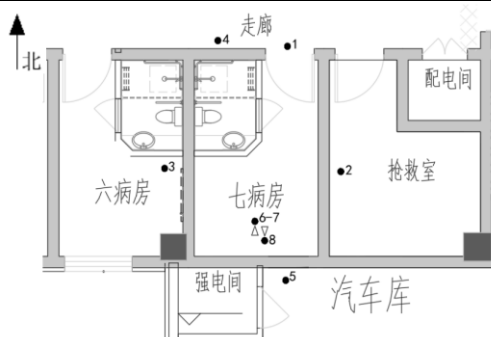


图9 七病房检测布点示意图

表 10 抢救室场所检测结果

场所代码	J			
场所名称	抢救室			
检测条件	用于甲癌治疗的 ¹³¹ I胶囊（活度为4810MBq）放于床上			
检测点编号	检测点位置	周围剂量当量率(μSv/h)	场所分区	
J1	门	上	0.18	控制区
		下	0.19	控制区
		左	0.20	控制区
		右	0.18	控制区
		中	0.18	控制区
J2	东墙	更衣间	0.62	监督区
J3	西墙	七病房	0.86	控制区
J4	北墙	走廊	0.18	控制区
J5	南墙	停车库区域	0.17	——
J6	楼上	示教室	0.12	——
J7	楼上	楼外走道	0.13	——
J8	楼下	停车库区域	0.12	——
J9	缓冲间门	上	0.12	监督区
		下	0.12	监督区

J10	出口门	左	0.12	监督区
		右	0.12	监督区
		中	0.12	监督区
		上	0.13	——
		下	0.12	——
		左	0.13	——
		右	0.13	——
		中	0.12	——

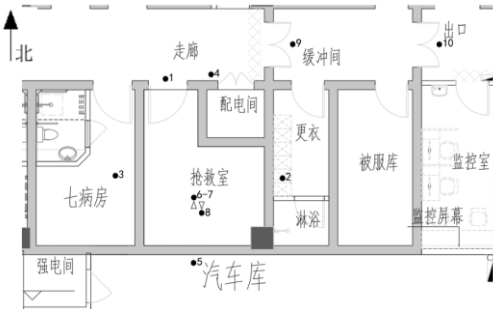


图 10 抢救室检测布点示意图

表 11 放射性被服间场所检测结果

场所代码	K			
场所名称	放射性被服间			
检测条件	场所内有暂存的放射性被服			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
K1	门	上	0.12	控制区
		下	0.12	控制区
		左	0.11	控制区
		右	0.13	控制区
		中	0.13	控制区
K2	东墙	取餐间	0.13	控制区
K3	东墙	等候室卫生间	0.12	控制区
K4	西墙	预留病房	0.12	控制区
K5	南墙	走廊	0.12	控制区
K6	北墙	等候室卫生间	0.13	控制区
K7	楼上	更淋间	0.12	——
K8	楼下	停车库区域	0.12	——

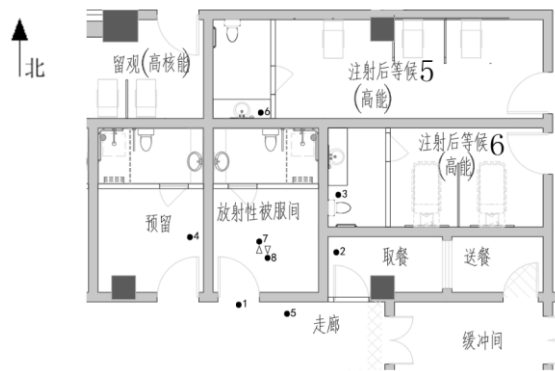


图 11 放射性被服间检测布点示意图

表 12 放射性废物间 2 场所检测结果

场所代码	L			
场所名称	放射性废物间 2			
检测条件	场所内有暂存的放射性废物			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
L1	南侧门	上	0.12	控制区
		下	0.12	控制区
		左	0.12	控制区
		右	0.12	控制区
		中	0.12	控制区
L2	北侧门	上	0.12	控制区
		下	0.12	控制区
		左	0.12	控制区
		右	0.12	控制区
		中	0.12	控制区
L3	东墙	走廊	0.13	控制区
L4	西墙	留观室	0.13	控制区
L5	北墙	走廊	0.13	控制区
L6	南墙	走廊	0.12	控制区
L7	放射性废物桶表面 30cm		0.13	控制区
L8	放射性废物柜表面 30cm		1.13	控制区
L9	楼上	工程师室	0.12	——
L10	楼上	走廊	0.12	——
L11	楼下	停车库区域	0.12	——

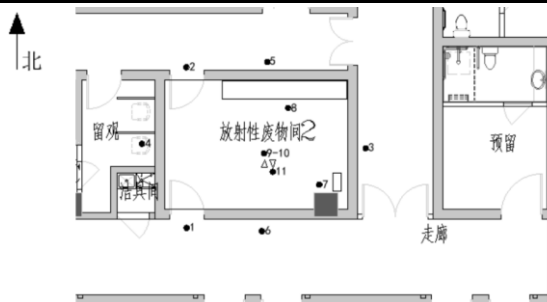


图 12 放射性废物间 2 检测布点示意图

表 13 放射性废物间 1 场所检测结果

场所代码	M			
场所名称	放射性废物间 1			
检测条件	场所内有暂存的放射性固体废物			
检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
M1	门	上	0.12	控制区
		下	0.12	控制区
		左	0.12	控制区
		右	0.13	控制区
		中	0.13	控制区
M2	东墙	留观室	0.12	控制区
M3	西墙	高活室	0.12	控制区
M4	北墙	走廊	0.12	控制区
M5	南墙	留观室卫生间	0.12	控制区
M6	放射性废物桶表面 30cm		0.13	控制区
M7	楼上	走廊	0.12	——
M8	楼上	卫生间	0.12	——
M9	楼下	停车库区域	0.12	——

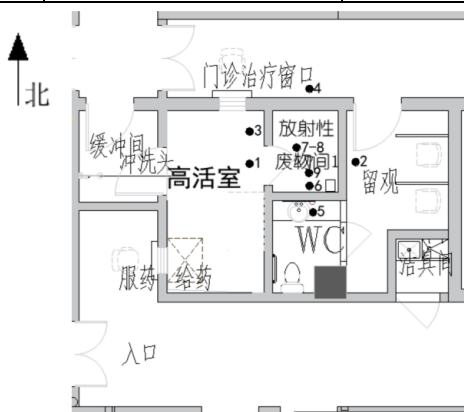


图 13 放射性废物间 1 检测布点示意图

表 14 1 号衰变池场所检测结果

场所代码	N			
场所名称	1 号衰变池			
检测条件	场所内有暂存的放射性液体废物			

检测点编号	检测点位置		周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	场所分区
N1	北侧	停车库区域	0.11	——
N2	东侧	停车库区域	0.11	——
N3	东侧	停车库区域 东侧电梯前室门外	0.12	——
N4	南侧	停车库区域	0.12	——

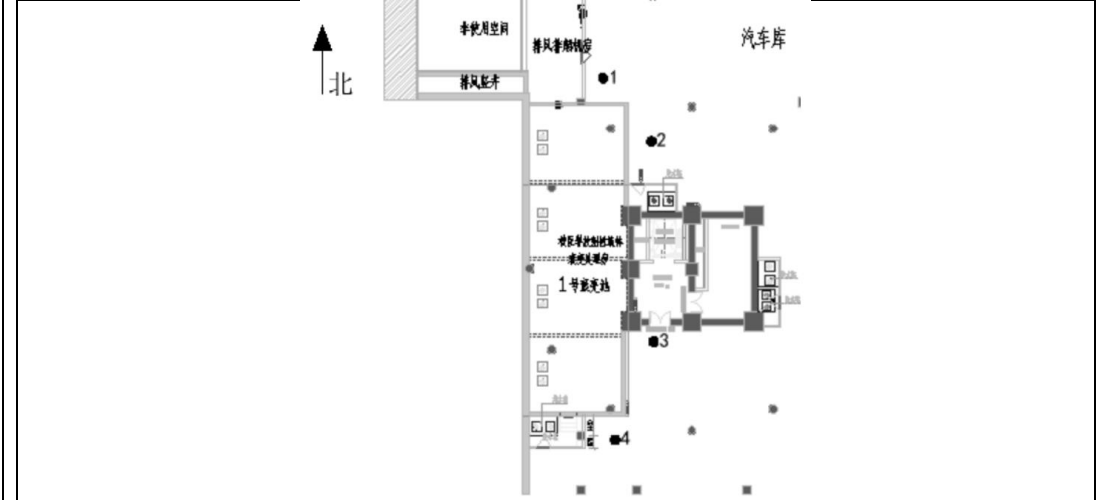
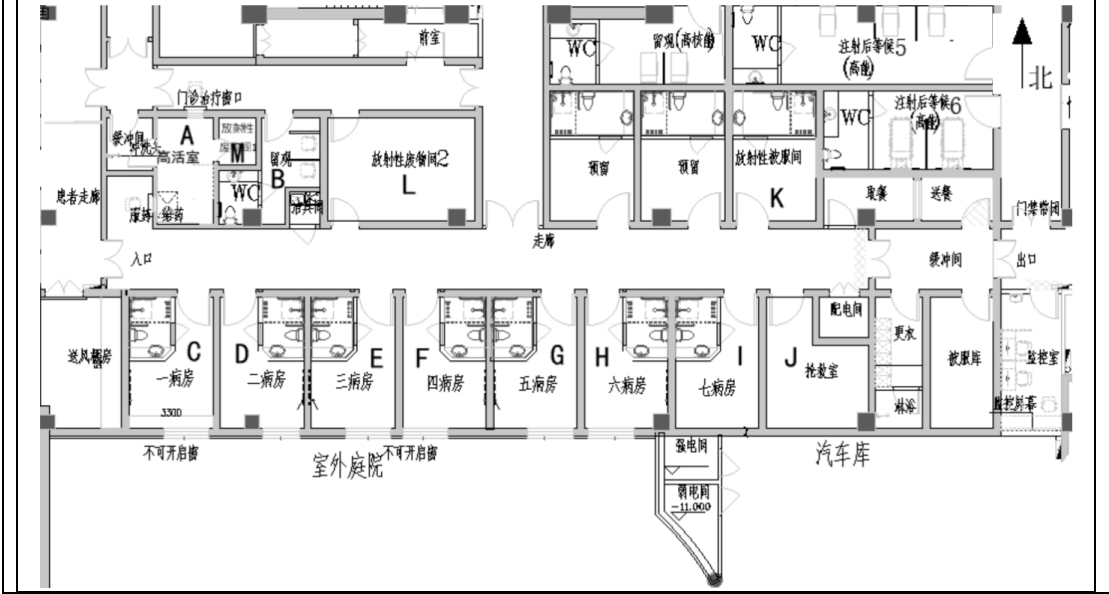
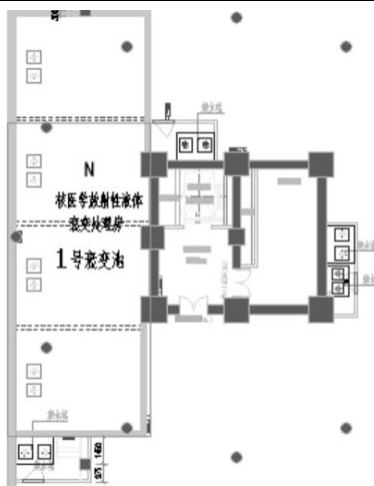


图 14 1 号衰变池检测布点示意图





周围剂量当量率检测场所代码平面图

备注：1.检测结果未扣除本底值；
2.周围剂量当量率本底范围：0.10~0.13μSv/h、平均值 0.11μSv/h；
3.核医学场所分级为乙级。

(2) 顺义院区核医学治疗区（含病房）场所表面污染监测结果见表 7-2。

7-2 顺义院区核医学治疗区（含病房）场所 β 表面污染监测结果

场所代码	场所名称	点位编号	检测点位置描述	检测结果 (Bq/cm ²)	场所分区
A	一病房	A1	地面	<MDL	控制区
		A2	墙面	<MDL	控制区
		A3	门	<MDL	控制区
		A4	床面	<MDL	控制区
		A5	床头柜	<MDL	控制区
		A6	椅子	<MDL	控制区
		A7	桌子	<MDL	控制区
		A8	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		A9	卫生间门	<MDL	控制区
		A10	卫生间墙面	<MDL	控制区
		A11	卫生间地面	<MDL	控制区
		A12	洗手池	<MDL	控制区
		A13	马桶	<MDL	控制区
B	二病房	B1	地面	<MDL	控制区
		B2	墙面	<MDL	控制区
		B3	门	<MDL	控制区
		B4	床面	<MDL	控制区
		B5	床头柜	<MDL	控制区
		B6	椅子	<MDL	控制区
		B7	桌子	<MDL	控制区

C		B8	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		B9	卫生间门	<MDL	控制区
		B10	卫生间墙面	<MDL	控制区
		B11	卫生间地面	<MDL	控制区
		B12	洗手池	<MDL	控制区
		B13	马桶	<MDL	控制区
	三病房	C1	地面	<MDL	控制区
		C2	墙面	<MDL	控制区
		C3	门	<MDL	控制区
		C4	床面	<MDL	控制区
		C5	床头柜	<MDL	控制区
		C6	椅子	<MDL	控制区
		C7	桌子	<MDL	控制区
		C8	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		C9	卫生间门	<MDL	控制区
		C10	卫生间墙面	<MDL	控制区
		C11	卫生间地面	<MDL	控制区
		C12	洗手池	<MDL	控制区
		C13	马桶	<MDL	控制区
	四病房	D1	地面	<MDL	控制区
		D2	墙面	<MDL	控制区
		D3	门	<MDL	控制区
		D4	床面	<MDL	控制区
		D5	床头柜	<MDL	控制区
		D6	椅子	<MDL	控制区
		D7	桌子	<MDL	控制区
		D8	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		D9	卫生间门	<MDL	控制区
		D10	卫生间墙面	<MDL	控制区
		D11	卫生间地面	<MDL	控制区
		D12	洗手池	<MDL	控制区
		D13	马桶	<MDL	控制区
E	五病房	E1	地面	<MDL	控制区
		E2	墙面	<MDL	控制区
		E3	门	<MDL	控制区
		E4	床面	<MDL	控制区
		E5	床头柜	<MDL	控制区
		E6	椅子	<MDL	控制区
		E7	桌子	<MDL	控制区

F		E8	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		E9	卫生间门	<MDL	控制区
		E10	卫生间墙面	<MDL	控制区
		E11	卫生间地面	<MDL	控制区
		E12	洗手池	<MDL	控制区
		E13	马桶	<MDL	控制区
	六病房	F1	地面	<MDL	控制区
		F2	墙面	<MDL	控制区
		F3	门	<MDL	控制区
		F4	床面	<MDL	控制区
		F5	床头柜	<MDL	控制区
		F6	椅子	<MDL	控制区
		F7	桌子	<MDL	控制区
		F8	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		F9	卫生间门	<MDL	控制区
		F10	卫生间墙面	<MDL	控制区
		F11	卫生间地面	<MDL	控制区
		F12	洗手池	<MDL	控制区
		F13	马桶	<MDL	控制区
G	七病房	G1	地面	<MDL	控制区
		G2	墙面	<MDL	控制区
		G3	门	<MDL	控制区
		G4	床面	<MDL	控制区
		G5	床头柜	<MDL	控制区
		G6	椅子	<MDL	控制区
		G7	桌子	<MDL	控制区
		G8	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		G9	卫生间门	<MDL	控制区
		G10	卫生间墙面	<MDL	控制区
		G11	卫生间地面	<MDL	控制区
		G12	洗手池	<MDL	控制区
		G13	马桶	<MDL	控制区
H	抢救室	H1	地面	<MDL	控制区
		H2	墙面	<MDL	控制区
		H3	门	<MDL	控制区
		H4	床面	<MDL	控制区
		H5	床头柜	<MDL	控制区
		H6	普通垃圾桶	<MDL	控制区
		H7	抢救车	<MDL	控制区

I	更衣间	I1	地面	<MDL	监督区
		I2	墙面	<MDL	监督区
		I3	门	<MDL	监督区
		I4	柜子	<MDL	监督区
J	被服库	J1	地面	<MDL	监督区
		J2	墙面	<MDL	监督区
		J3	门	<MDL	监督区
		J4	柜子	<MDL	监督区
K	取餐间	K1	地面	<MDL	控制区
		K2	墙面	<MDL	控制区
		K3	门	<MDL	控制区
		K4	桌子	<MDL	控制区
		K5	窗口取餐侧	<MDL	控制区
		K6	窗口送餐侧	<MDL	监督区
L	放射性被服间	L1	地面	<MDL	控制区
		L2	墙面	<MDL	控制区
		L3	门	<MDL	控制区
M	放射性废物间 2	M1	地面	<MDL	控制区
		M2	墙面	<MDL	控制区
		M3	南侧门	<MDL	控制区
		M4	北侧门	<MDL	控制区
N	洁具间	N1	地面	<MDL	控制区
		N2	墙面	<MDL	控制区
		N3	门	<MDL	控制区
O	留观室	O1	地面	<MDL	控制区
		O2	墙面	<MDL	控制区
		O3	门	<MDL	控制区
		O4	椅子	<MDL	控制区
		O4	卫生间马桶	<MDL	控制区
		O5	卫生间水池	<MDL	控制区
		O6	卫生间墙面	<MDL	控制区
		O7	卫生间地面	<MDL	控制区
P	放射性废物间 1	P1	地面	<MDL	控制区
		P2	墙面	<MDL	控制区
		P3	门	<MDL	控制区
Q	高活室	Q1	地面	<MDL	控制区
		Q2	墙面	<MDL	控制区
		Q3	门	<MDL	控制区
		Q4	门诊服药窗口	<MDL	控制区

		Q5	住院服药窗口	<MDL	控制区
		Q6	通风橱	<MDL	控制区
R	缓冲间	R1	地面	<MDL	控制区
		R2	墙面	<MDL	控制区
		R3	门	<MDL	控制区
S	门诊治疗区走廊	S1	地面	<MDL	控制区
		S2	墙面	<MDL	控制区
		S3	西侧门	<MDL	控制区
		S4	东侧门	<MDL	控制区
T	住院治疗区走廊	T1	地面	<MDL	控制区
		T2	墙面	<MDL	控制区
		T3	中部北侧门	<MDL	控制区
		T4	西侧门	<MDL	控制区
		T5	缓冲间门	<MDL	控制区
		T6	东侧门	<MDL	控制区

备注：1.检测结果已扣除本底值；2.本次检测采用直接测量方法；3.测量 β 放射性污染物质时探测器灵敏窗与被测表面的距离为10mm；4.对于 β ，MDL=0.18Bq/cm²（99.9%置信水平）；5.场所分级为乙级。

表面污染检测场所代码平面图

（3）顺义院区核医学治疗区（含病房）场所风速监测结果见表 7-3。

7-3 顺义院区核医学治疗区（含病房）场所风速监测结果

序号	检测位置		检测条件	检测结果	标准要求	单项结论	备注
1	高活室 通风橱	左手孔	开启排风装置，左、右操作孔完全开启	1.20m/s	≥0.5m/s	合格	无
2		右手孔	开启排风装置，左、右操作孔完全开启	1.16m/s	≥0.5m/s	合格	无

综述，核医学科治疗场所（含病房）包括门诊治疗患者和住院/留观患者，其中以住院/留观患者的使用量最大，对周围的辐射影响也更大，故本项目以甲癌患者 I-131 核素检测结果来评价相关区域剂量估算是合理的。

由上述检测结果可知，本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）场所控制区、监督区 β 放射性物质不大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；顺义院区核医学治疗区（含病房）场所控制区边界外、楼上和楼下的辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，均满足环评及批复中的剂量约束值要求。

7.2.2 运行期辐射环境影响分析

7.2.2.1 计算公式

附加年有效剂量计算公式：

$$E=H\times t\times T$$

式中： E —年有效剂量， μSv ；

H —计算点附加剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t —年曝光时间， h/a 。

T —人员的居留因子；参考《辐射防护手册 第三分册 辐射安全》（李德平编）P80，居留因子 T 按三种情况取值：（1）全居留因子 $T=1$ ，（2）部分居留 $T=1/4$ ，（3）偶然居留 $T=1/16$ 。

7.2.2.2 门诊治疗

根据环评资料：核医学科核素治疗场所还使用 I-131 、 Sr-89 和 Ra-223 开展门诊治疗，在接受放射性药物治疗的病人，在用药正常后就离开。除给药期间病人辐射对周围环境有短暂影响外，通常不会产生排泄物等废水和固体废物，病人呼出气可能含有的少量放射性物质，其中 Sr-89 为 β 核素，且每天治疗病人较少，对工作人员和患者周围公众外照射影响轻微。

（1）工作人员年附加有效剂量

① I-131 甲亢治疗：使用 I-131 治疗甲亢的病人最多 500 名/年，不大于 $370\text{MBq}/\text{病人}$ ， I-131 的操作方式为口服（从铅罐里取出胶囊口服），假设从病人口服到离开，工作人员接触病人的时间为 $2\text{min}/\text{病人}$ ，一年的接触时间为 $41.7\text{h}[5\text{min}\times 500（\text{人}/\text{年}）/60（\text{min}/\text{h}）]$ 。

② Ra-223 ：本项目运行后预期每年治疗患者 100 人次，其中每例每次最大注射量为 6.6MBq （ 0.178mCi ），每天 2 例，年工作 50 天。

工作人员负责本项目的药物订购、接收、暂存、分装和活度检测，操作时戴手套箱后，以及患者药物注射，操作时在注射车后，体部距药物 30cm，保

守假设单次操作时长约 2min，年总操作时长为 3.3h。

在正常工作条件下，护士通过手套箱操作药物，使用注射器抽取一定体积的药物，并将注射器转移到注射台，由护士完成注射，氯化镭注射液为稳定溶液，且在药罐或注射器内存放，基本无挥发，一般不会引起内照射，工作人员内照射附加剂量可忽略。

门诊治疗的 Sr-89、I-131 药物不分装，由供药公司已按照人份分装；Ra-223 药物在高活室手套箱内按患者体重进行分装，患者给药量为每千克体重 55kBq (1.49 μ Ci)，每瓶总活度为 6600kBq (0.178mCi)，每次注射前，护士在手套箱（与 I-131 甲癌共用一个手套箱，甲癌患者每周只使用一次）内按患者体重抽取相应活度的 Ra-223，使用后的药瓶将放回铅容器后存入废物间 1。

基于以上分析，以及根据工作人员年操作时间、工作场所辐射剂量率以及工作人员操作位剂量率估算出工作人员年受照剂量，见表 7-4。

表 7-4 工作人员的年附加有效剂量

序号	估算环节	估算位置及编号	剂量率 (μ Sv/h)	操作时间 (h)	年有效剂量 (μ Sv)	备注
1	I-131（从铅罐里取出胶囊）	门诊治疗给药窗口（甲亢药物放于窗口患者侧）操作位 A7	5.02	41.7	209.3	由 4 名护士完成
2	Ra-223 分装	门诊治疗给药窗口（甲亢药物放于窗口患者侧）操作位 A7	5.02*	3.3	16.6	
3	Ra-223 注射	门诊治疗给药窗口（甲亢药物放于窗口患者侧）操作位 A7	5.02*	3.3	16.6	

注：①周围剂量当量率本底范围：0.10~0.13 μ Sv/h，平均值 0.11 μ Sv/h，以上计算结果均未扣除本底值。②*根据环评报告，I-131 甲亢治疗操作时 1m 处的剂量率约为 22.0 μ Sv/h，Ra-223 操作时距离该活度药物 1m 处的剂量率为 0.31 μ Gy/h，I-131 辐射影响大于 Ra-223 辐射影响，故本次验收 Ra-223 注射位工作人员周围剂量当量率参考 I-131 甲亢药物操作位剂量是保守的。

（2）公众剂量估算

根据环评资料：门诊治疗只使用 I-131、Ra-223 和 Sr-89 核素，其中 Sr-89 为 β 核素，Ra-223 为 α 核素，这两种核门诊治疗患者对周围的辐射影响很小，且在接受放射性药物治疗的病人，正常情况给药后就离开。

考虑到个别特殊患者，这些少量患者治疗后，在留观室短暂观察（不超过 15min）无异常情况即可离开核医学科，居留因子取 1/4。每次同时有 2 名 I-131 甲亢治疗患者同时在留观室留观进行估算，门诊治疗留观时涉及患者对留观室

楼上楼下位置的辐射影响。留观时间保守按照每人 30min，全年 I-131、Ra-223 和 Sr-89 核素治疗共计 700 人，全年留观总时间为 350h。

留观室主要位置公众的年附加剂量估算见表 7-5。

表 7-5 核医学治疗区门诊留观室主要位置公众的年附加剂量

序号	场所名称	估算位置及编号	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	全居留时间 (h/a)	年附加剂量 ($\mu\text{Sv/a}$)
1	留观室	楼上卫生间 B7	0.02	1/4	350	1.8
2		楼下 2 号衰变池区域 B8	0.02	1/4	350	1.8

备注：周围剂量当量率本底范围：0.10~0.13 $\mu\text{Sv/h}$ ，平均值 0.11 $\mu\text{Sv/h}$ ，以上计算结果均已保守扣除本底值 0.10 $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据表 7-4、表 7-5 计算结果可知，核医学治疗区（含病房）门诊治疗工作人员最大受照累加剂量为 0.21mSv（已扣除本底），满足环评批复的年剂量约束值（5mSv/a）的要求，门诊治疗期间公众最大受照剂量为 1.8 $\mu\text{Sv/a}$ （扣除本底值），满足环评批复的年剂量约束值 0.1mSv/a（100 $\mu\text{Sv/a}$ ）的要求。

7.2.2.3 病房住院及留观治疗

（1）工作人员年附加有效剂量

工作人员包括医生、护士和辅助护理工作的护工。工作人员的辐射受照剂量将主要来自 γ 射线外照射和吸入内照射。

顺义院区核医学治疗区（含病房）使用 I-131 用于甲癌患者住院治疗，使用 Lu-177 开展留观治疗。

①I-131（甲癌治疗）的辐射影响

根据环评资料：顺义院区核医学治疗区（含病房）I-131（甲癌）患者使用量为 4.44E+9Bq（平均）/人次，为胶囊或者口服液。共设甲癌病房 6 间病房，每周统一安排一批 I-131 甲癌患者入院治疗（计划每周二上午，甲癌患者住院时间不大于 3.5 天），每天最多 6 人次，全年最多安排 50 批次，按照全年治疗 300 人。（按照环评审批量进行验收）。

1）分装：I-131 通过自动分装仪分装后按要求给患者口服（胶囊普及后患者直接口服胶囊）。患者到服碘室窗口，听工作人员远程语音系统指挥自行服用 I-131 口服液（待胶囊普及后患者直接口服胶囊），服药之后进入相应防护病房。

本次验收保守按甲癌治疗的 I-131 需要在手套箱再次分装，一般在通风橱

分装的操作距离为 0.8m，每批运送 6 名患者的药量进行分装，每次分装时间按 2min，年分装 50 次，则年分装时间为 1.67h。

2) 查房：甲癌患者住院期间工作日人员每周需要查房，每周查房时间 1h，年工作 50 周。

内照射：ICRP 第 94 号出版物给出，呼出气中放射性碘含量为服用活度的 0.008~0.03%，治疗后第 1d 内每小时平均呼出活度为 $1.5 \times 10^{-6} \text{Bq/h} \cdot \text{Bq}$ （服用活度）；服药后 2d 内 I-131 的呼出气浓度为 20~190Bq/L。房间空气的平均浓度为 80~440Bq/m³，每周查房一般都在住院第二天后，假设每周查房病房空气中 I-131 平均浓度 200Bq/m³，每周查房时间 1h，工作人员吸入 I-131 量最大值 $1.2 \times 10^4 \text{Bq/a}$ ($200 \text{Bq/m}^3 \times 0.02 \text{m}^3/\text{min} \times 60 \text{min/h} \times 1 \text{h/周} \times 50 \text{周/a}$)，吸入放射性碘剂量转换系数取 $7.4 \times 10^{-9} \text{Sv/Bq}$ ，预计内照射有效剂量为 0.09mSv/a。可见，正常情况下工作人员年受照剂量不大于 1.7mSv。

开展 I-131 核素治疗工作期间，采取预约治疗，患者集中入院和出院，减少工作人员查房及护理工作时间；对于必要的近距离护理，工作人员应穿戴防护服和防护口罩，熟练操作以减少与患者接触时间；另外询问患者或进行指导性护理时可距离患者距离稍远，或可采用视频查房系统进行查房，尽量减少工作人员接触患者时间，减少工作人员的受照剂量。

②Lu-177 留观治疗

根据环评资料：顺义院区核医学治疗区（含病房）设 1 间病房（病房 7）用于 Lu-177 神经内分泌肿瘤和前列腺癌的留观治疗，使用量最多为 1 人次/天，每周一统一安排 1 次，全年最多安排 50 批次，按照全年治疗 50 人，最大 $7.40 \text{E}+9 \text{Bq/人}$ ，Lu-177 留观时间不小于 6h（患者给药小于 $3.7 \text{E}+9 \text{Bq/人}$ 时，无需留观）（按照环评审批量进行验收）。Lu-177 患者给药时间在甲癌患者入院前一天给药，甲癌患者入院时，Lu-177 患者已出院。

Lu-177 药物注射过程中工作人员穿戴铅衣，Lu-177 药物通过静脉注射方式给药，通过自动化注射泵法将药物推注入患者体内，其过程是首先在高活室铅手套箱内手动将西林瓶中的药品抽取到注射器中，而后将注射器放在铅屏蔽套中转移至病房，把注射器取出注射到药瓶中，而后将自动注射泵置于铅防护注射车里，进行自动滴注给药。

1) 工作人员进行 Lu-177 药品抽取, 药品抽取是在 50mmPb 的手套箱内完成, 每只抽取按 1min, 全年保守按 0.83h 估算。

2) 工作人员药物转运, 运转到注射位的运输过程中距工作人员的距离按 50cm 估算。每次药物转运平均时间保守以 1min 估算, 全年保守按 0.83h 估算。

3) 工作人员为患者进行药物注射, 工作人员将转运到病房 7 的注射器置于注射泵上, 将自动注射泵置于铅防护注射车里, 进行自动滴注给药。给药环节取 0.3m 处剂量率值。注射操作时间短, 按照环评, 保守按工作人员接触病人的时间按 10min/病人, 一年的接触时间为 8.3h (一般护士注射后就离开, 每人次的注射时间为 30s)。

基于以上分析, 以及根据工作人员年操作时间、工作场所辐射剂量率以及工作人员操作位剂量率估算出工作人员年受照剂量, 见表 7-6。

表 7-6 工作人员的年附加有效剂量

序号	估算环节	估算位置及编号	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	操作时间 (h)	年有效剂量 (μSv)	备注
1	I-131 (甲癌治疗) 分装	通风橱操作位 (甲癌药物活度检测) A4	2.86	1.67	4.8	由 4 名护士完成
2	I-131 (甲癌治疗) 查房	甲癌药物运输铅罐 30cm 处 A1	4.68	50	234	
3	Lu-177 药物抽取	通风橱操作位 (甲癌药物活度检测) A4	2.86*	0.83	2.4	
4	Lu-177 药物转运	甲癌药物运输铅罐 30cm 处 A1	4.68*	0.83	3.9	
5	Lu-177 药物注射	甲癌药物运输铅罐 30cm 处 A1	4.68*	8.3	38.8	

注: ①周围剂量当量率本底范围: $0.10\sim0.13\mu\text{Sv/h}$, 平均值 $0.11\mu\text{Sv/h}$, 以上计算结果均已保守扣除本底值 $0.10\mu\text{Sv/h}$ 。②*本次验收 Lu-177 工作人员剂量率以 I-131 核素影响的检测结果来评价估算。

(2) 公众年附加有效剂量

根据环评报告可知: 场所周围公众受照主要来自 γ 射线外照射。按照全年 I-131 治疗 300 人 (不含 Lu-177 治疗 50 人), 全年病房周围相关场所总工作时间取 2000h (每名 Lu-177 治疗患者留观时间约 6h), 因此周围公众附加剂量按每人年工作时间 2000h 估算是保守的); 服药处假设每个患者给药时间 60s, 则总给药时间为 5.8h。表 7-7 给出了对病房周围的环境可能产生影响。

表 7-7 核医学治疗区（含病房）相关场所主要位置公众的年附加剂量

序号	场所名称	估算位置及编号	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	全居留时间 (h/a)	年附加剂量 ($\mu\text{Sv/a}$)
1	病房 1	西墙外送风机房 C3	0.39	1/16	2000	48.8
2		楼上女值班 C5	0.02	1/4	2000	10
3		楼下排风排烟机房 C7	0.02	1/16	2000	2.5
4	病房 2	楼上女值班 D5	0.02	1/4	2000	10
5		楼下停车位区域 D7	0.02	1/16	2000	2.5
6	病房 3	楼上主任办公 E5	0.02	1	2000	40
7		楼下停车位区域 E7	0.02	1/16	2000	2.5
8	病房 4	楼上护士长办公室 F5	0.02	1	2000	40
		楼上楼外走道 F6	0.03	1/16	2000	3.8
9		楼下车道 F8	0.02	1/16	2000	2.5
10	病房 5	楼上护士长办公室、休息区 G6	0.02	1	2000	40
11		斜上方楼梯间 G8	0.03	1/4	2000	15
12		楼下停车库区域（汽车通 道）G9	0.03	1/16	2000	3.8
13	病房 6	楼上休息区 H5	0.03	1/4	2000	15
14		楼下停车库区域 H7	0.02	1/16	2000	2.5
15	病房 7 (Lu- 177)	南侧停车库区域 I5	0.07	1/16	2000	8.8
16		楼上示教室 I6	0.02	1/4	2000	10
17		楼下停车库区域 I8	0.03	1/16	2000	3.8
18	甲癌患者 服药处	西墙外患者走廊 A19	0.82	1/4	5.8	1.2

注：①周围剂量当量率本底范围：0.10~0.13 $\mu\text{Sv/h}$ ，平均值 0.11 $\mu\text{Sv/h}$ ，以上计算结果均已保守扣除本底值 0.10 $\mu\text{Sv/h}$ 。②各场所全居留时间按照环评取值。

根据表 7-6、表 7-7 计算结果可知，核医学治疗区（含病房）甲癌治疗患者病房及留观病房工作人员最大受照累加剂量为 0.23mSv（已扣除本底），满足环评批复的年剂量约束值（5mSv/a）的要求，核医学治疗区（含病房）甲癌治疗患者病房及留观病房住院及留观期间公众最大受照剂量为 48.8 $\mu\text{Sv/a}$ （已扣除本底），满足环评批复的年剂量约束值 0.1mSv/a（100 $\mu\text{Sv/a}$ ）的要求。

7.2.2.4 本次验收项目受照剂量总结

根据以上估算，核医学治疗区（含病房）的附加有效剂量如表 7-8。

表 7-8 本项目核医学治疗区（含病房）不同环节受照剂量情况表

对象	I-131 住院病房、Lu-177 留观治疗	门诊治疗	合计
辐射工作人员	0.23mSv/a	0.21mSv/a	0.44mSv/a
公众	48.8 $\mu\text{Sv/a}$	1.8 $\mu\text{Sv/a}$	50.6 $\mu\text{Sv/a}$

本项目核医学治疗区（含病房）辐射工作人员和公众年受照总剂量分别不大于 0.44mSv 和 50.6 μ Sv（均已扣除本底），满足环评及批复的年剂量约束值 5mSv/a 和 0.1mSv/a（100 μ Sv/a）要求。

表 8 验收监测结论

根据深圳市瑞达检测技术有限公司对本项目辐射工作场所验收监测结果，以及对本项目各项安全防护设施的如实查验，认为：

（1）本项目已按照环境影响报告表及批复要求建成辐射安全与防护保护设施，环境保护设施可与主体工程同时使用。该建设项目的性质、规模、地点、工作方式或者辐射防护措施未发生重大变动；

（2）本项目已按环境影响报告表及其批复要求落实各项辐射安全与防护设施及措施，并有效运行；

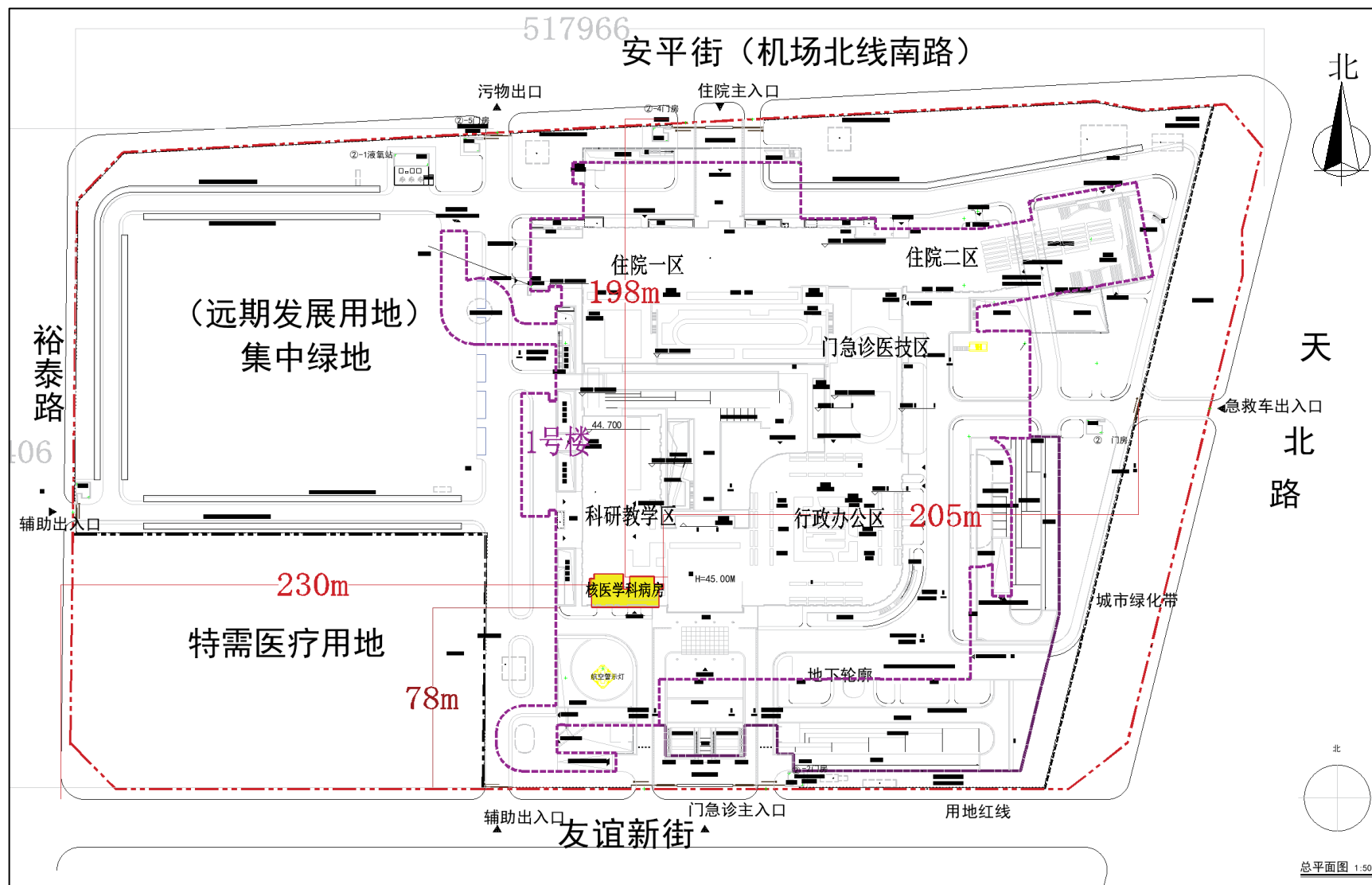
（3）根据检测结果可知，本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）场所控制区、监督区 β 放射性物质表面污染不大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；顺义院区核医学治疗区（含病房）场所控制区边界外、楼上和楼下的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，均满足环评及批复中的剂量约束值要求。本项目监测结果满足环境影响报告表及批复要求，场所辐射防护设施效果达到标准要求。

（4）根据验收检测结果，按照该项目工作时间，本项目核医学治疗区（含病房）辐射工作人员和公众年受照总剂量分别不大于 0.44mSv 和 $50.6\mu\text{Sv}$ （均已扣除本底），满足环评及批复的年剂量约束值 $5\text{mSv}/\text{a}$ 和 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ （ $100\mu\text{Sv}/\text{a}$ ）要求。项目正常运行期间，职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量可以满足剂量约束值的要求。

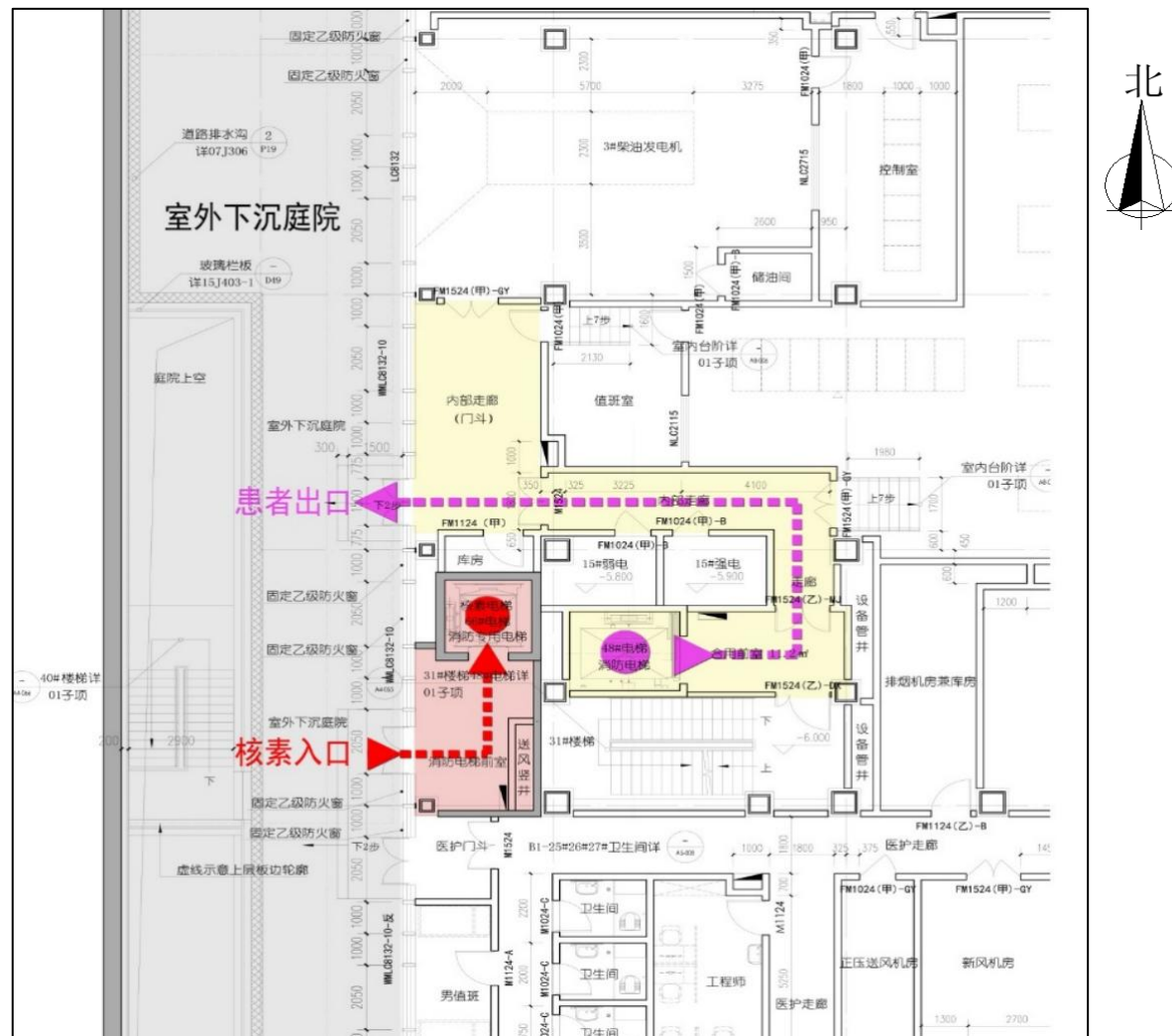
（5）本项目按照环境影响报告表及其批复要求，医院已更新并修订了《辐射安全管理制度》，其中包含辐射安全与防护管理制度及岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，操作规程，放射设备检修维护制度，台账管理制度，放射工作人员管理制度，辐射工作场所监测制度，放射性废物暂存、处置方案，放射性突发事故（件）应急预案等，该制度明确了辐射安全管理小组相应的职责，并且医院已重新申领了辐射安全许可证。



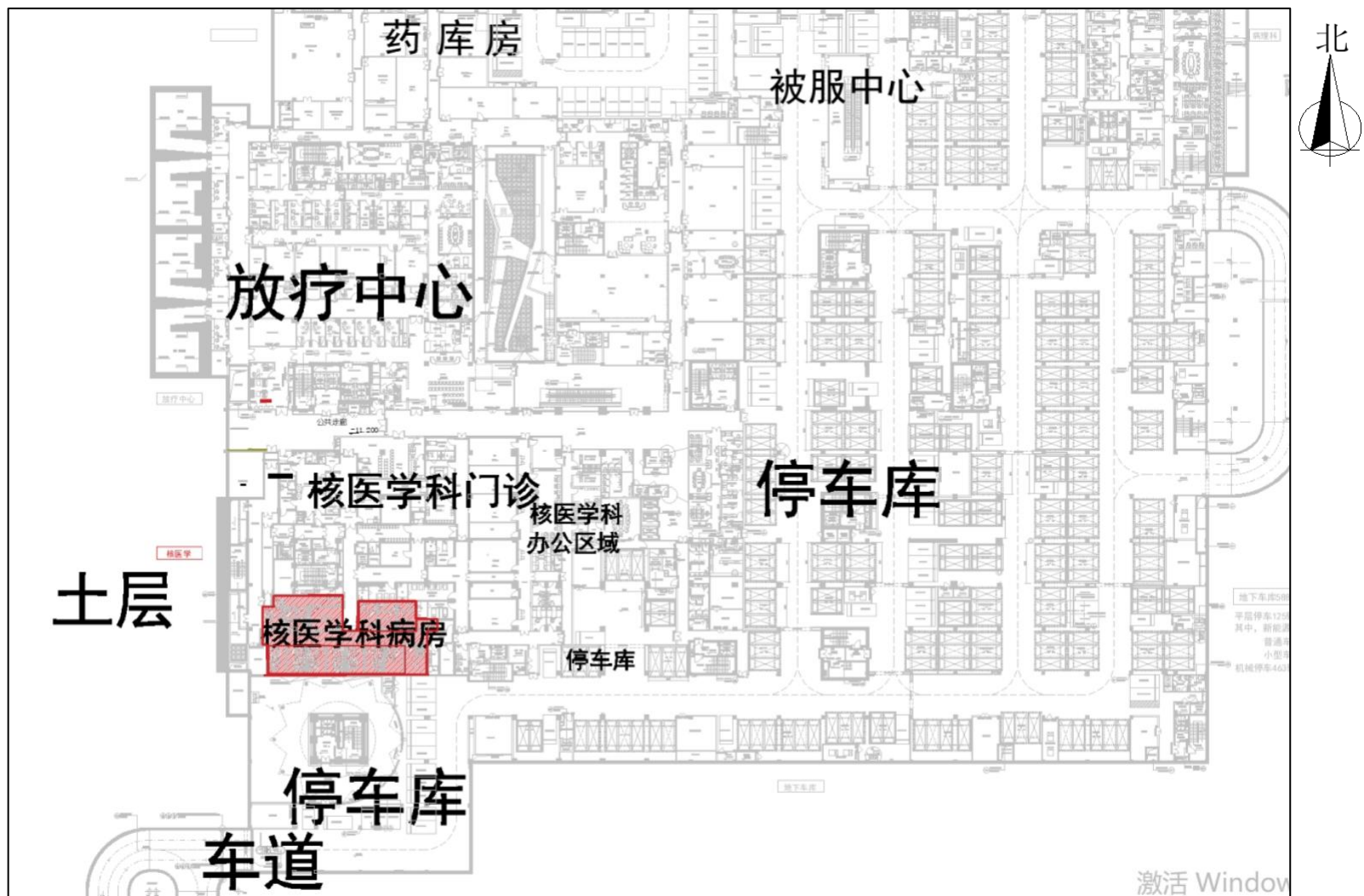
附图1 医院地理位置示意图



附图2 医院（顺义院区）总平面布局示意图



附图 5 北京友谊医院核医学科地下一层人流物流图



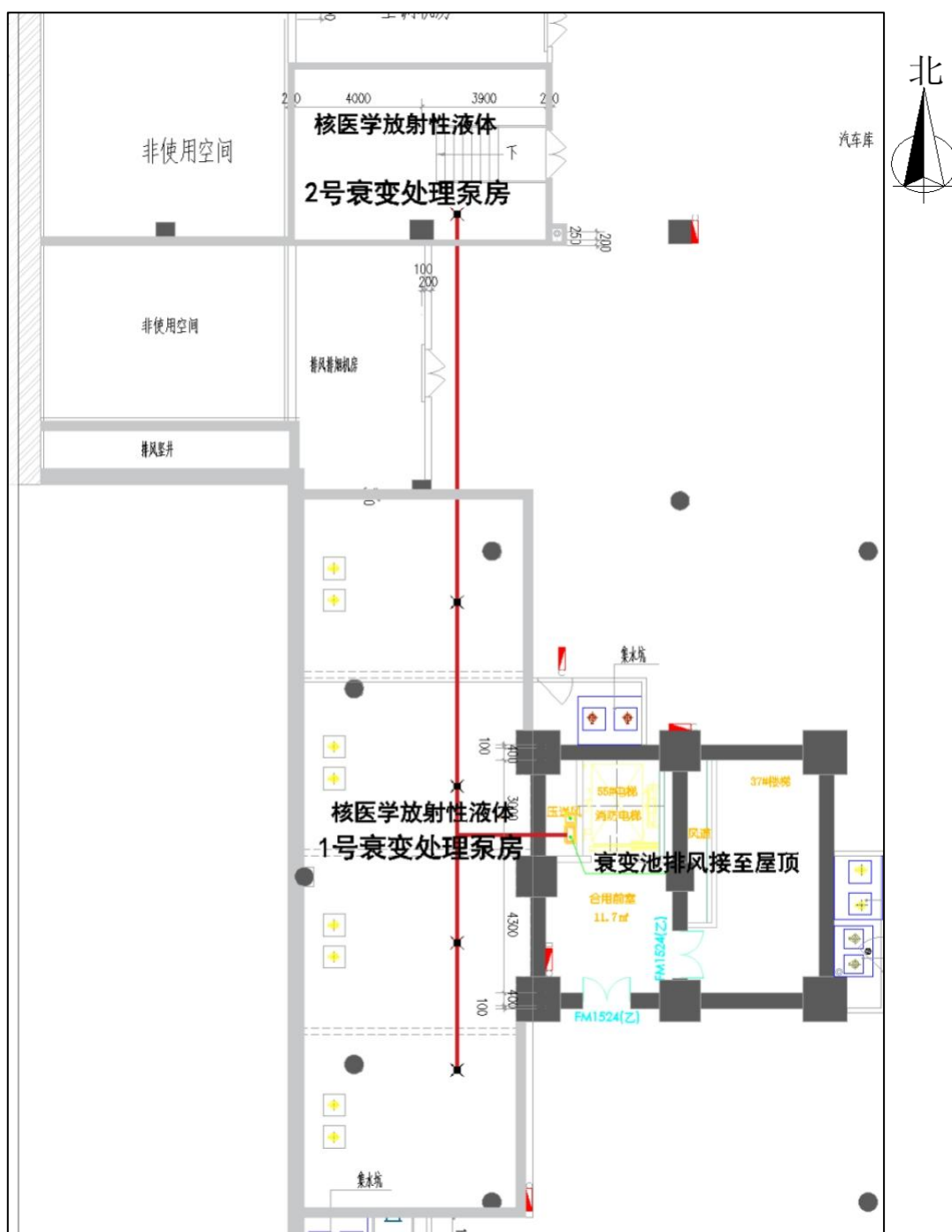
附图 6 顺义院区核医学治疗区（含病房）地下 2 层周围关系示意图



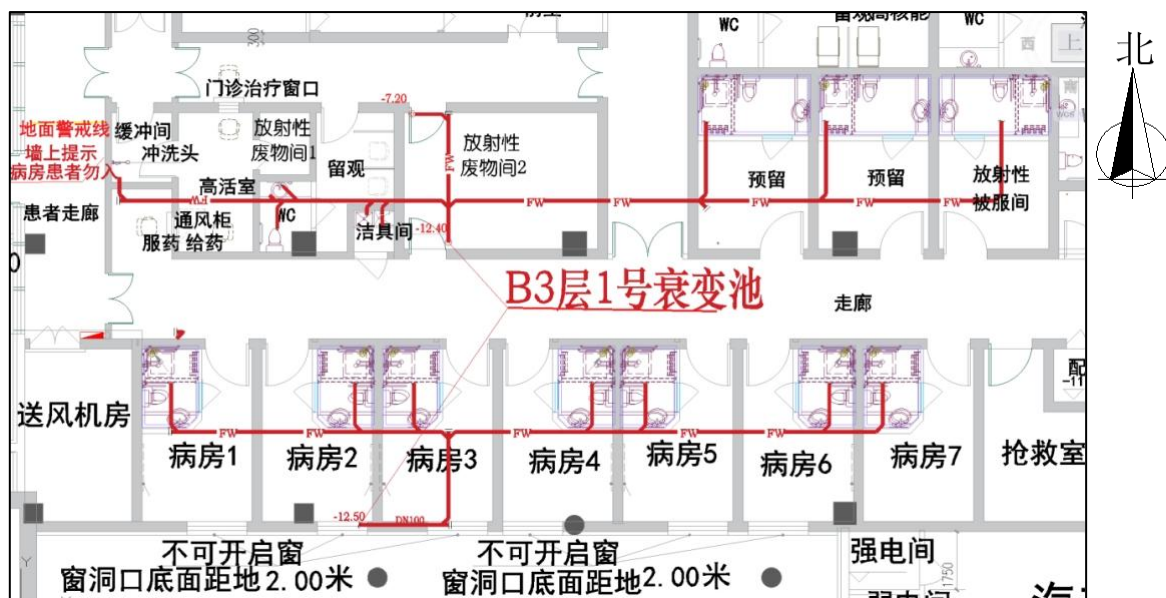
附图 7 顺义院区地下一层周围关系图（核医学治疗区及病房楼上）



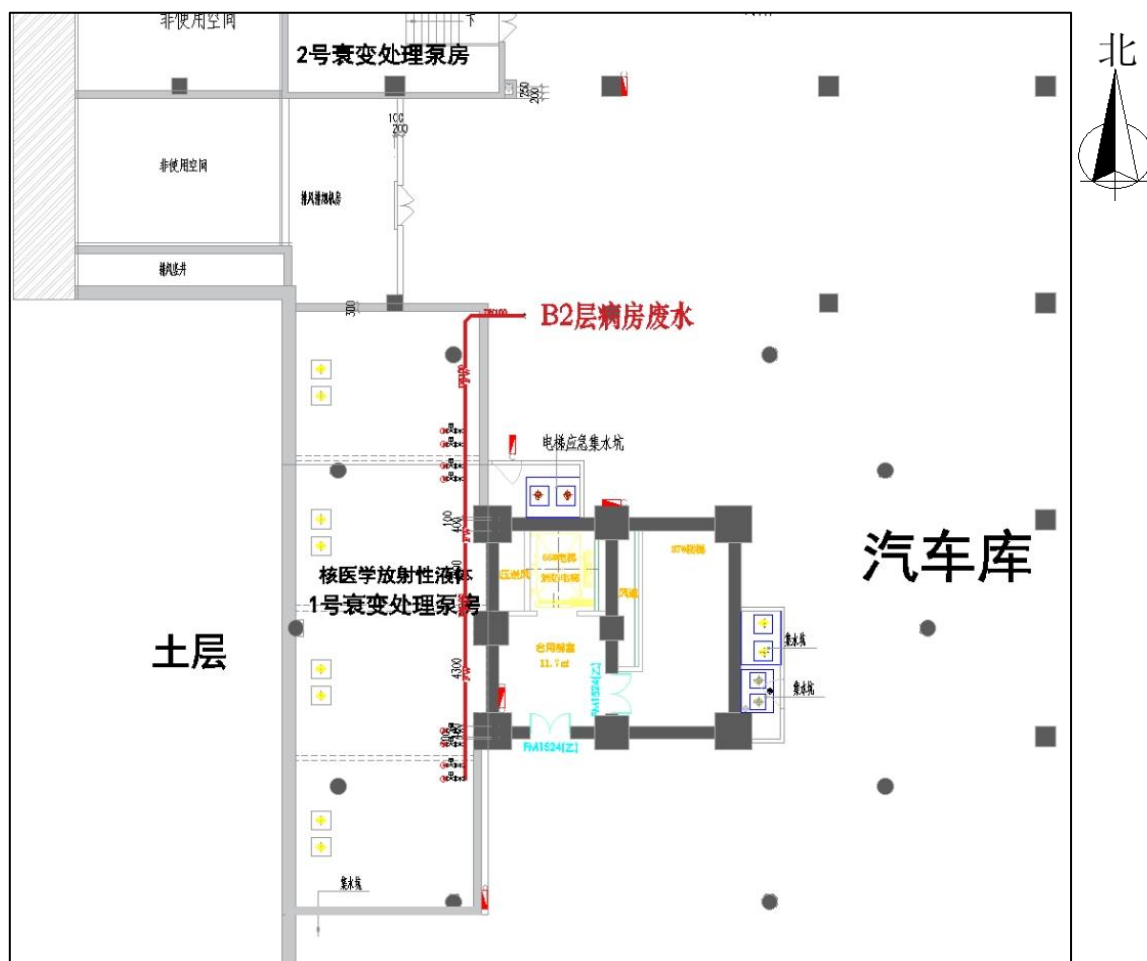
附图 8 本项目地下三层周围关系图（核医学治疗区及病房楼下）



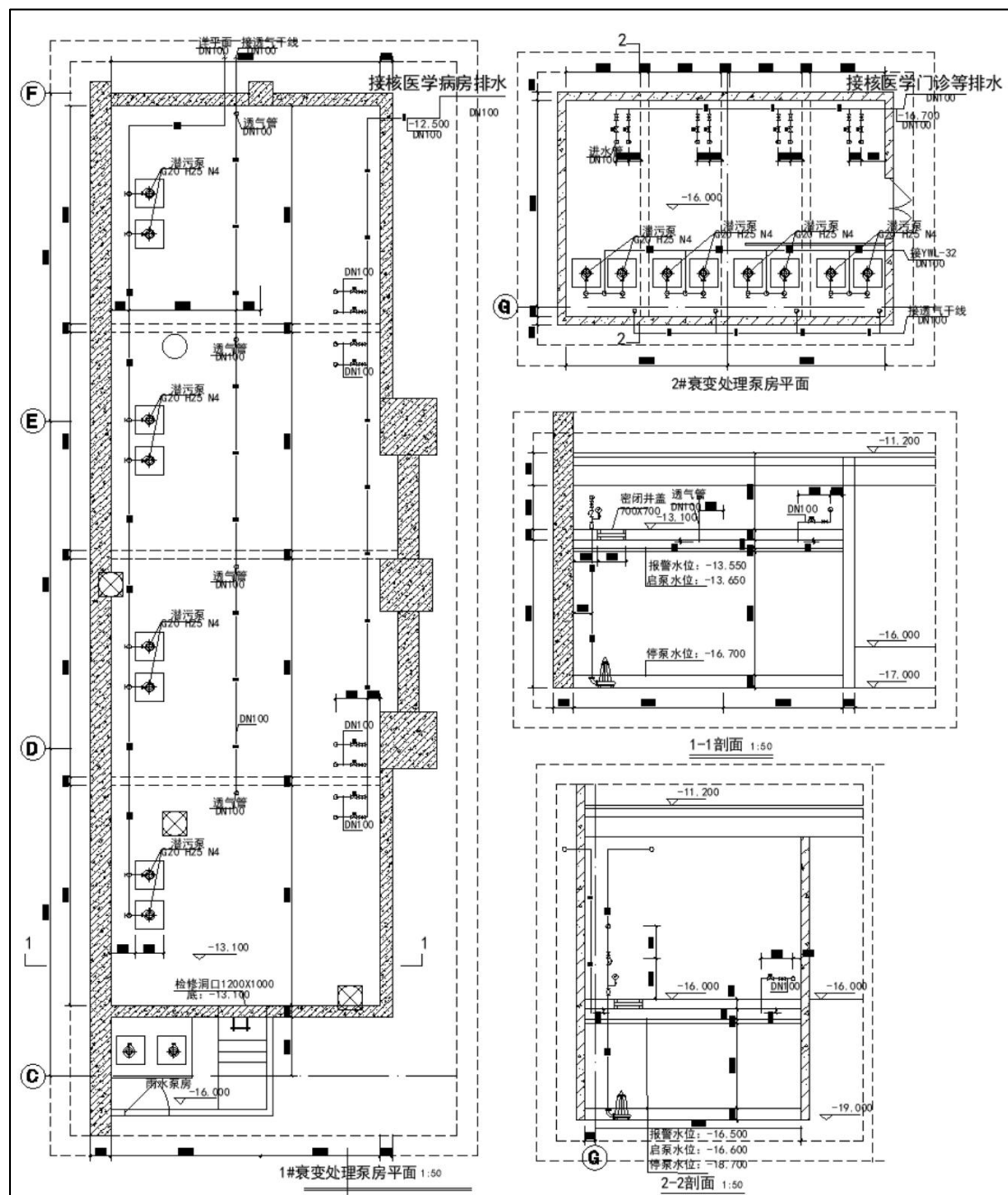
附图 10 地下三层（衰变池）排风图



附图 11 地下二层（核医学科治疗区）放射性废水排放图



附图 12 地下三层（衰变池）放射性废水排放图



附图 13 顺义院区核医学科衰变池平面图和剖面图

北京市生态环境局

京环审〔2024〕83号

北京市生态环境局关于顺义院区新建核医学科病房项目环境影响报告表的批复

首都医科大学附属北京友谊医院：

你单位报送的顺义院区新建核医学科病房项目环境影响报告表(项目编号:辐审 A20240097)及相关材料收悉。经审查,批复如下:

一、拟建项目位于北京市顺义区后沙峪镇你单位顺义院区医疗综合体地下二层西南侧,内容为在现有核医学显像区南侧新建1处核医学治疗区(含病房),日等效最大操作量 $2.84\text{E}+9\text{Bq}$,乙级非密封放射性物质工作场所:

1. 新增 I-131 核素用于甲亢门诊治疗,新增 Sr-89、Ra-223 核素用于骨转移门诊治疗;
2. 新建 7 间有独立卫生间的单人病房,其中 1-6 号房间用于

I-131 核素甲癌住院治疗（南墙不可开启采光窗高于地面 2 米，用药量大的患者安排在中间病房），7 号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌留观治疗（8-9 号预留房间封闭管理、10 号房间为被服暂存间），两类病房不同时全部使用（详见附件 1）。项目主要环境问题是辐射安全和防护，在全面落实环境影响报告表和本批复提出的各项污染防治措施后，对环境的影响是可以接受的。同意该环境影响报告表的总体结论。

二、项目建设与运行中应重点做好以下工作：

1. 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环境影响报告表预测，拟建项目公众、职业照射剂量约束值分别执行 0.1mSv/a、5mSv/a。须落实实体屏蔽防护措施（含强化服药间西墙），确保场所控制区各边界外、控制区内各房间墙体（含手套箱、核素传输通道等）外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。控制区、监督区放射性物质表面污染控制水平分别为： α 不大于 4Bq/cm^2 、 0.4Bq/cm^2 ， β 不大于 40Bq/cm^2 、 4Bq/cm^2 ；1 号衰变池排放废水总 α 、总 β 放射性分别小于 1Bq/L 、 10Bq/L ，I-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L 。

2. 须完善辐射工作场所分区管理（含南侧庭院），设置明显控制区、监督区标识（含病房入口西侧走廊警戒），以及放射性标志、中文警示说明和工作状态指示等。落实铅、混凝土垫层或抹灰厚度、混凝土密度，采取铅罐、防护手套箱、自动合成分装设备、铅注射窗、人流物流门禁、患者出口专用电梯、剂量率监控等安全防护措施，配备铅衣、铅帽等防护用品，做到防止误操作、

避免工作人员和公众受到意外照射。

3. 须健全辐射安全管理规章制度、操作规程和应急预案，包括 3 种核素药物的分装、传输以及门诊治疗、住院治疗和留观治疗的操作规程，病房人员、物品管理规程，放射性废物间（含桶）、被服间及废水、废气处理设施的设置与管理规程，放射性药品遗撒、患者呕吐等意外情况处置规程等。核医学科全部工作人员（新增不少于 8 人）均须通过辐射安全与防护考核并进行个人剂量监测。增配 1 台辐射剂量巡测仪、1 台表面污染监测仪、1 套固定式剂量报警仪（5 个探头）和各类防护用品，细化并落实场所及周围环境辐射水平监测方案（含病房废气排排放口 I-131 气溶胶浓度），规范编写、按时上报年度评估报告。

4. 放射性药物的分装等操作须在高活室专用防护手套箱内。放射性废气经 3 套（手套箱、病房控制区，衰变池房）排风系统、配备高效过滤装置（过滤效率 $\geq 99.97\%$ ）和活性炭过滤器（过滤效率 $\geq 90\%$ ）、高于医疗综合体楼顶排放，过滤器（每套不小于 5kg）每年更换一次。须建立放射性废物、废水暂存、处置管理台账，清晰记录暂存、检测、解控、排放和处置等信息。设置放射性废物暂存间并配备 16 个防护废物桶，确保废物暂存超过 10 倍核素半衰期（其中含 I-131 至少暂存 180 天）后，经监测合格后解控。设置 1 号放射性废水槽式衰变池（ $4 \times 110.5\text{m}^3$ ），收集洗涤废水、病人排泄物、应急废水等，确保废水暂存超过 180 日、经监测合格后排放。

5. 须严格核医学病房管理，I-131 核素治疗患者每周最多入

院 6 人次，全年不超过 300 人次；Lu-177 核素治疗患者每周最多入院 1 人次，全年不超过 50 人次。做好住院或留观治疗病人出院监测，体表 1m 处剂量率低于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 方可出院。患者被服须在放射性被服间暂存不少于 8 天，并经检测 β 表面污染水平小于 0.8Bq/cm^2 后，才可进行清洗。

三、项目实施须严格执行配套的放射防护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。自环境影响报告表批复之日起五年内项目未能开工建设的，本批复自动失效。项目性质、规模、地点或环保措施发生重大变化，应重新报批建设项目环评文件。

四、根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的有关规定，你单位须据此批复文件、满足相关条件并办理辐射安全许可证后，相关场所、设施与装置方可投入使用。项目竣工后须按照有关规定及时开展环保验收。

附件: 1. 核医学治疗区放射性同位素使用情况表

2. 核医学治疗区场所辐射防护用品一览表



(此文主动公开)

附件 1

表 1 核医学治疗区放射性同位素使用情况表

场所名称	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途
门诊治疗区	I-131 (胶囊)	1.85E+09 (3.7E+08/人, 5人/日)	1.85E+07	1.85E+11 (100日/年)	甲亢治疗
	Sr-89	2.96E+08 (1.48E+8/人, 2人/日)	2.96E+07	1.48E+10 (50日/年)	骨转移治疗
	Ra-223	1.32E+07 (6.60E+6/人, 2人/日)	1.32E+08	6.60E+08 (50日/年)	骨转移治疗
住院或留观治疗区	I-131 (液体/胶囊)	2.66E+10 (4.44E+9/人, 6人/日)	2.66E+09	1.32E+12 (50日/年)	甲癌住院治疗
	Lu-177	7.40E+09 (7.40E+9/人, 1人/日)	7.40E+8	3.70E+11 (50日/年)	前列腺癌等留观治疗

附件 2

表 2 核医学治疗区场所辐射防护用品一览表

名称	数量 (个)	规格	使用场所
手套箱	1	50mmPb	核医学治疗区高活室
铅废物桶	2	15mmPb	核医学治疗区给药窗旁
	14	10mmPb	门诊治疗废物间2个、每个病房1个 (共7个)、患者出口处1个、病房废物间4个
移动铅屏风	1	4mmPb	门诊治疗留观室

抄送：西城区生态环境局，顺义区生态环境局，北京辐环科技有限公司。

北京市生态环境局办公室

2024年7月26日印发

— 6 —

附件 1、附件 3~附件 6：略

顺义院区新建核医学科病房项目

竣工环境保护设施验收意见

2026年8月3日，首都医科大学附属北京友谊医院（以下简称“北京友谊医院”或“医院”）根据顺义院区新建核医学科病房项目竣工环境保护验收监测报告表并对照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，严格依照国家有关法律法规、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）、本项目环境影响报告表和审批部门审批决定等要求对本项目进行验收，提出意见如下：

一、工程建设基本情况

（一）建设地点、规模、主要建设内容

本次验收项目位于顺义区后沙峪镇友谊南街1号院（与环评是一个地址）顺义院区1号楼（环评中该楼名为医疗综合体）地下二层西南侧，本项目在现有核医学显像区南侧新建1处核医学治疗区（含病房），日等效最大操作量 $2.84\text{E}+09\text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。具体内容为：

（1）新增 I-131 核素用于甲亢门诊治疗，新增 Sr-89、Ra-223 核素用于骨转移门诊治疗。

（2）新建7间有独立卫生间的单人病房，其中1-6房间用于 I-131 核素甲癌住院治疗病房（南墙不可开启采光窗高于地面2米，用药量大的患者安排在中间病房。每周统一安排一批 I-131 甲癌患者入院治疗，每周二上午入院，甲癌患者住院时间不大于3.5天）；7号房间用于 Lu-177 核素神经内分泌肿瘤和前列腺癌的留观治疗（每周一统一安排1次，全年最多安排50批次，按照全年治疗50人，Lu-177 留观时间不小于6h（患者给药小于 3.7GBq 时，无需留观）。8-9号预留房间封闭管理、10号房间为被服暂存间。两类病房不同时全部使用。

本次针对以上环评及批复内容办理竣工环保验收。

（二）建设过程及环保审批情况

北京友谊医院委托北京辐环科技有限公司编制了《顺义院区新建核医学科病房项目》（项目编号：辐审 A20240097），并于2024年7月26日取得了北京市生态环境局的环评批复文件（京环审[2024]83号）。本项目已于2024年10月竣工，且于2024年11月08日已重新申领了辐射安全许可证，并取得了《辐射安全许

可证》（京环辐证[B0353]）。

本项目正常运行，从取得辐射安全许可证至调试过程中无环境投诉、违法或处罚记录等情况。

（三）投资情况

本次验收项目实际总投资 1000 万元，其中环境保护投资 300 万元，占项目实际总投资 30%。

二、辐射安全与防护设施建设情况

（一）辐射安全与防护设施建设情况

（1）医院顺义院区核医学科治疗区（含病房）病房六面墙体和门已采取不低于环境影响报告表中的实体屏蔽防护措施，各辐射工作场所实际建设屏蔽方案均与环评方案一致。

（2）本项目已按环评及批复要求对辐射工作场所采取了分区管理。核医学科门诊场所控制区包括核素治疗操作区（包括工作人员高活室（含缓冲间）、服药室、留观室、2 间放射性废物间、应急淋浴间等）和住院或留观病区（住院病区，设 7 间病房，其中 6 间甲癌病房、1 间 Lu-177 留观病房），每间 1 张床，共 7 张治疗床位，房间带独立卫生间），住院或留观病区出入通道安装门禁系统。监督区包括被服库（储存干净被服）、送餐室、更衣室等。

（3）在控制区出、入口分别安装单向门禁系统，防止无关人员进入控制区。控制区出入口及各辐射工作场所防护门外醒目位置已张贴电离辐射警告标识，警示无关人员不要在出、入口长久停留。患者入口和出口均设有门禁系统。。

（4）配备了不低于环评及批复要求的通风橱及注射窗，通风橱台面和注射操作台面为光滑易清洗易去污材料，操作处设置承接盘、衬垫等，注射后的用品置于专用收集罐，患者检查床面铺薄塑料布。所有放射性药物的标记、分装等操作均在有活性炭过滤器和 50mmPb 铅当量的通风橱内进行。

（5）核医学治疗区（含病房）场所排风共有 3 套排风系统（1 套为衰变池间），其中核医学治疗区的手套箱设置 1 套，病房控制区共用 1 套排风系统。衰变池房专门设有 1 套单独排风系统。

病房控制区和衰变池排风机出口处设置活性炭过滤装置（过滤效率 $\geq 90\%$ ）。手套箱设置独立的排风系统，配备高效过滤器（过滤效率 $\geq 99.97\%$ ）和活性炭过

滤器（过滤效率 $\geq 90\%$ ），通风橱和排风系统的活性炭滤材每年至少更换一次，每套排风配备两个活性炭，每个常用活性炭重量为 15kg。

高活室手套箱排风已测试风速，风速大于 1.16m/s，大于环评及批复要求的 0.5m/s，排风速率满足辐射安全需要。

本项目核医学治疗区（含病房）设置的排风系统的排风口位于 1 号楼西南侧（与门诊显像区域排风相互独立），都高于本建筑物屋顶，高度约 43m（为 1 号楼西南侧科研教学区楼顶的最高处），排风口朝上设置，风口顶设防雨锥形风帽（排风水平排放），符合环评及批复要求。

（5）顺义院区核医学治疗区（含病房）实际建设的 1 号放射性废水槽式衰变池总容积为 445.7m³（共 4 个池，每池容积分别为 109.5m³、112.7m³、113.0m³、110.5m³），含液位指示和报警装置，用于收集洗涤废水、病人排泄物、应急废水等，确保废水暂存超过 180 天，并经监测合格后排放。实际建设衰变池总容积略大于环评总体积，且衰变池废水衰变能力不低于环评要求，能够满足环评及批复要求。

（6）本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）按要求配备了 1 台辐射剂量巡测仪、1 台表面污染监测仪、1 套固定式剂量报警仪（5 个探头），能够满足核医学治疗区常规的监测需求，实际与环评及批复要求一致，满足要求。

（二）辐射安全与防护措施和其他管理要求落实情况

（1）本次核医学治疗区（含病房）已新增配备 8 名工作人员（其中医师 2 名，技师 2 名，护士 4 名），均已通过辐射安全与防护考核并取得了合格证书，且尚在有效期内，并安排了个人剂量监测。

（2）按照环评及批复要求建立了放射性废物、废水暂存、处置管理台账。治疗区目前甲癌、甲亢治疗窗口分别配备了 1 个 20mmPb 铅当量的废物桶（共 2 个）；每个病房 1 个（共 7 个）、患者出口处 1 个 20mmPb 铅当量的废物桶；废物间 1（门诊治疗废物间）设 2 个 15mmPb 铅当量的废物桶；废物间 2（病房废物间）设有 20 个 10mmPb 铅当量的放射性废物柜，用于对放射性废物分类收集暂存，实际配备满足环评及批复要求。确保废物暂存超过 10 倍核素半衰期（其中含 I-131 至少暂存 180 天）后，经监测合格后解控。

（3）门诊治疗留观室受检者座椅之间设置了铅屏风。门诊治疗留观室同时

留观人员不多于 2 名，满足环评及批复要求。

(4) 医院已更新并修订《辐射安全管理制度》，包括人员培训考核、个人剂量管理、辐射监测、台账管理、应急预案等。

综上所述，本项目各项辐射安全防护设施，如屏蔽住院和留观病房、警示标识、辐射监测仪器等均已落实，符合环评及批复要求。

三、工程变动情况

经现场核实，本次顺义院区核医学治疗区(含病房)验收内容的项目性质、规模、地点、工作方式和辐射防护措施等均与环评审批参数一致，对照《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313 号，本次验收内容不属于重大变动。本次验收项目符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等相关规定，未对环境及公众健康产生不利影响。

四、工程建设对环境的影响

(一) 根据检测结果可知，本项目顺义院区核医学治疗区（含病房）场所控制区、监督区 β 放射性物质表面污染不大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；顺义院区核医学治疗区（含病房）场所控制区边界外、楼上和楼下的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，均满足环评及批复中的剂量约束值要求。本项目监测结果满足环境影响报告表及批复要求，场所辐射防护设施效果达到标准要求。

(二) 根据验收检测结果，按照该项目工作时间，本项目核医学治疗区（含病房）辐射工作人员和公众年受照总剂量分别不大于 0.44mSv 和 $50.6\mu\text{Sv}$ （均已扣除本底），满足环评及批复的年剂量约束值 $5\text{mSv}/\text{a}$ 和 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ （ $100\mu\text{Sv}/\text{a}$ ）要求。项目正常运行期间，职业人员和公众所接受的最大年附加有效剂量可以满足剂量约束值的要求。

五、验收结论

首都医科大学附属北京友谊医院认真履行了本次验收内容的环境保护审批和许可手续，落实了环评文件及其批复的要求，严格执行了环境保护“三同时”制度，相关的验收文档资料齐全，辐射安全与防护设施及措施运行有效，对环境的影响符合相关标准要求。

综上所述，验收组一致同意首都医科大学附属北京友谊医院顺义院区新建核

医学科病房项目（京环审[2024]83 号）通过竣工环境保护设施验收。

六、后续要求

无。

七、验收人员信息

参加验收的单位及人员名单见附表。

2026 年 8 月 3 日。

附表

首都医科大学附属北京友谊医院“顺义院区新建核医学科病房项目”

验收组名单

验收组	姓名	身份证号码	工作单位	职务/职称	联系方式	签名
验收 负责人	周春莲	3 01	首都医科大学附属北京友谊医院	主任	1	
成员	彭建亮	8	国家卫健委职业安全卫生研究中心	正高	1	
	马永忠	4 3	北京市疾控中心	主任医师	1	
	李石银	3 8	北京辐环科技有限公司	高工	1	
	杜健宇	1 3	首都医科大学附属北京友谊医院	科员	1	
	马欢	4	首都医科大学附属北京友谊医院	技师		
	郭泽	3	首都医科大学附属北京友谊医院	科员	1	
	朱晨笛	1 3	首都医科大学附属北京友谊医院	科员	1	
	周海伟	2 1	深圳市瑞达检测技术有限公司	高工		
	刘英英	5	北京辐环科技有限公司	工程师		

其他需要说明的事项

一、辐射安全许可证持证情况

北京友谊医院针对本项目于 2024 年 11 月 08 日已重新申领了辐射安全许可证，并取得了《辐射安全许可证》（京环辐证[B0353]）。本项目正常运行，从取得辐射安全许可证至调试过程中无环境投诉、违法或处罚记录等情况。

二、辐射安全与环境保护管理机构运行情况

北京友谊医院成立了辐射安全管理小组，其中设置组长 1 名、副组长 2 名，辐射安全与防护专职管理人员 2 名，均已通过辐射安全与防护考核并取得了合格证书，且尚在有效期内。目前运行正常。

三、防护用品和监测仪器配备情况

医院顺义院区核医学科门诊已为本次验收内容配备 1 台便携式辐射剂量巡测仪、1 台表面污染监测仪、固定式剂量报警仪，使用功能均正常，满足使用要求；且为本项目辐射工作人员、患者及受检者配备相应防护用品、个人剂量计等，同时开展个人剂量监测。

四、人员配备及辐射安全与防护培训考核情况

医院已为本次验收的顺义院区核医学科治疗区（含病房）新增辐射工作人员 8 名，加上西城和顺义显像区域核医学科现有 29 名，全院核医学科一共 37 名辐射工作人员到岗工作，均已通过辐射安全与防护考核并取得了合格证书，且尚在有效期内。

五、放射源及射线装置台账管理情况

医院已制定放射源、非密封放射性同位素及射线装置台账管理制度，医院放射源、非密封放射性同位素及射线装置台账由疾病控制与预防感染管理处安排专人负责，医院射线装置数量发生变化时，由专职管理人员及时更新辐射装置管理台账，详细记录射线装置各项信息。

六、放射性废物台账管理情况

医院已制定放射性废物（废气、废水、固废）暂存、处置方案并建立放射性固体废物暂存、处置管理台账及放射性废水暂存、处置管理台账，医院运行时产

生的放射性废液、固体废物的暂存和处理由医院安排的专人负责，严格记录台账详细内容。台账长期保存。

七、辐射安全管理制度执行情况

医院已更新并修订了《辐射安全管理制度》，其中包含辐射安全与防护管理工作制度及岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，操作规程，放射设备检修维护制度，台账管理制度，放射工作人员管理制度，辐射工作场所监测制度，放射性废物暂存、处置方案，放射性突发事件（件）应急预案等，该制度明确了辐射安全管理小组相应的职责。