

首都医科大学附属北京天坛医院
迁建工程核技术应用项目（第一阶段）
竣工环境保护验收报告

建设单位：首都医科大学附属北京天坛医院

编制单位：武汉网绿环境技术咨询有限公司

二〇一九年十二月

验收监测报告

目 录

1.项目概况.....	1
2.验收依据.....	5
3.项目建设情况.....	7
4.环境保护设施.....	25
5.环境影响评价回顾.....	47
6.验收执行标准.....	51
7.验收监测内容.....	59
8.质量保证和质量控制.....	67
9.验收监测结果.....	68
10.验收监测结论.....	93
11.建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表.....	95

1. 项目概况

1.1 项目基本情况

建设项目名称	首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目(第一阶段)			
建设单位	首都医科大学附属北京天坛医院			
法人代表	王拥军	联系人	赵瑞丰	
通信地址	北京市丰台区南四环西路 119 号			
联系电话	010-59978027	邮编	100000	
建设地点	北京市丰台区南四环西路 119 号			
工程内容	8 台 DSA、1 台直线加速器、1 台伽马刀及核医学科的显像检查中心			
项目性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>	行业类别	Q8411 综合医院	
环境影响报告名称	首都医科大学附属北京天坛医院 迁建工程核技术应用项目环境影响报告表			
环境影响评价单位	中国人民解放军军事医学科学院			
环评审批部门	原北京市环境保护局	京环审[2016]150 号	时间	2016 年 7 月 5 日
建设项目开工日期	2016 年 7 月	建设项目竣工日期	2019 年 10 月	
建设项目调试日期	2019 年 11 月	验收监测时间	2019 年 11 月	
设计终期规模	<p>(1) 门诊服务中心地下 1 楼放疗中心新增 2 台直线加速器、1 台赛博刀、1 台伽马刀</p> <p>(2) 医技楼 3 楼介入中心新增 8 台 DSA、医技楼 3 楼手术室新增 1 台 DSA、急诊楼 3 楼急诊手术部新增 2 台 DSA 及干保楼 4 楼介入手术室新增 1 台 DSA</p> <p>(3) 综合门诊楼地下 1 楼新增核医学科(包含回旋加速器中心、显像检查中心和核素治疗中心)</p> <p>(4) 新增 55 台 III 类射线装置</p>			
本期实际规模	<p>(1) 门诊服务中心地下 1 楼放疗中心新增 1 台直线加速器、1 台伽马刀</p> <p>(2) 医技楼 3 楼介入中心新增 5 台 DSA、医技楼 3 楼手术室新增 1 台 DSA、急诊楼 3 楼急诊手术部新增 1 台 DSA、干保楼 4 楼介入手术室新增 1 台 DSA</p> <p>(3) 综合门诊楼地下 1 楼新增核医学科(目前仅显像检查中心建设完工)</p> <p>(4) 新增 37 台 III 类射线装置(除核医学科的 1 台 SPECT/CT 和 1 台 PET/CT 外, 其余 III 类射线装置不在本次验收范围内)</p> <p>注: 设计终期规模中部分工程还未竣工, 本期仅验收已竣工的项目</p>			

环保设施设计单位	北京市建筑设计研究院				
环保设施施工单位	中国建筑一局（集团）有限公司、北京住总集团				
验收监测单位	武汉网绿环境技术咨询有限公司				
投资总概算(万元)	13250	环境保护投资(万元)	3070	环境保护投资占总投资比例	23%
实际总概算(万元)	13250	环境保护投资(万元)	3070		23%
辐射安全许可证证号	京环辐证[G0318]		发证日期	2019年8月6日	
许可的辐射工作种类和范围	使用 I、II、V 类放射源，使用 II、III 射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所				

1.2 项目简介

首都医科大学附属北京天坛医院（以下称“天坛医院”）始建于 1956 年 8 月 23 日，是一所以神经外科为先导，以神经科学集群为特色，集医、教、研、防为一体的三级甲等综合医院，是亚洲神经外科临床、科研、教学基地。国家神经系统疾病临床医学研究中心、国家神经系统疾病医疗质量控制中心、国家医师资格考试实践技能考试基地、全国脑血管病防治办公室、WHO 神经科学培训合作中心、北京市神经外科研究所、首都医科大学第五临床医学院等机构均设在医院。建设单位老院区地址位于北京市东城区天坛西里 6 号，新院区位于北京市丰台区南四环西路 119 号。

为推进北京市城南地区经济社会发展，推动中心区功能疏解和古都风貌保护，引导医疗卫生资源均衡布局，根据北京市政府固定资产投资安排原则和资金扶持方向，北京市发展和改革委员会于 2010 年 9 月正式批复（京发改〔2010〕1738 号，经京发改〔2011〕1683 号和京发改〔2012〕1765 号同意将项目建议书的有效期限延长至 2013 年 9 月 28 日）首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程建设。该项目总用地面积约 28.2 万平方米，其中建设用地面积约 18.2 万平方米；总建筑面积约 35.2 万平方米，主要包括专科门诊楼、病房楼、医技楼、综合门诊楼、急诊抢救楼、感染疾病科楼、康复医学楼等。新院区于 2013 年 12 月开工建设，2018 年 10 月 6 日全面运行，2019 年 1 月 30 日正式投入运行，划分为医疗、行政科研与干部保健、教学三大功能区域。

1.3 本次验收项目环评审批及医院辐射安全许可证办理情况

2016年7月，天坛医院委托中国人民解放军军事医学科学院编制完成了《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表》，并取得了原北京市环境保护局的批复（京环审[2016]150号），根据项目基本情况表中的设计终期规模与本期实际规模的对比可知，该项目大部分工程内容已建设完工。未竣工的项目内容见下表 1-1。

表 1-1 未竣工项目一览表

序号	项目批复文号	评价内容		建设地点	建设情况	是否属于本次验收内容
1	京环审 [2016] 150号	1台 DSA		医技楼 F3 介入中心导管室 6	未竣工	否
2		1台 DSA		医技楼 F3 介入中心导管室 7	未竣工	否
3		1台 DSA		医技楼 F3 介入中心导管室 8	未竣工	否
4		1台 DSA		急诊楼 F3 急诊手术部介入手术室 2	未竣工	否
5		1台电子直线加速器		门诊服务中心 B1 放疗科	未竣工	否
6		1台赛博刀		门诊服务中心 B1 放疗科	未竣工	否
7		核医学科	回旋加速器中心	综合门诊楼 地下 1 楼	工程内容为新增 1 台回旋加速器及其配套设施，用于生产 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N ，目前项目还未竣工	否
		核素治疗中心	项目涉及的核素为 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm 和 ^{32}P ，目前未竣工		否	

2019年8月6日，天坛医院取得了由北京市生态环境局颁发的延续后的辐射安全许可证，证书编号为京环辐证[G0318]，有效期至2024年8月5日，辐射活动种类和范围为使用 I、II、V 类放射源，使用 II、III 射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

本次辐射环境验收调查范围为：各辐射工作场所屏蔽墙外 50m 的范围。验收调查内容为 8 台 DSA、1 台电子直线加速器、1 台伽马刀及核医学科的显像检查中心（涉及 1 台 SPECT/CT、1 台 PET/CT 及 1 台 PET/MR，该场所目前涉及的核素有 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{13}N 、 ^{11}C ，且均由委托单位供给）。根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类>的公告》（公告 2018 年第 9 号）、《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）的有关要求和规定，天坛医院委托武汉网绿环境技术咨询有限公司承担此次迁建工程核技术应用项目（第一阶段）的竣工环境保护验收报告编制工作。

武汉网绿环境技术咨询有限公司按照竣工环境保护验收的要求，对该项目环境影响评价情况、环境保护措施落实和环境管理及现场等情况进行了调查，根据现场调查和监测结果，编制完成《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目（第一阶段）竣工环境保护验收监测报告》。

2.验收依据

2.1 建设项目环境保护相关法律、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 9 号，2015 年 1 月 1 日实施；

(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令 第 77 号，2003 年 9 月 1 日实施（2016 年 9 月 1 日修正版施行）；

(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 6 号，2003 年 10 月 1 日实施；

(4) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行；

(5) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部和原国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日发布实施；

(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订施行；

(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环保总局令 第 31 号，2017 年 12 月 12 日第二次修正，2017 年 12 月 20 日施行；

(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；

(9) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，原环境保护部 国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 22 日施行；

(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，原环境保护部令 第 44 号，2017 年 9 月 1 日实施，2018 年 4 月 28 日修正版施行（生态环境部令 第 1 号）；

(11) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类>的公告》，生态环境部 公告 2018 年第 9 号，2018 年 5 月 16 日发布；

(12) 《国家危险废物名录》，原环境保护部令 第 39 号发布，2016 年 8 月 1 日施行；

(13) 《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）。

2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (2) 《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）；
- (3) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）
- (4) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》
- (5) 《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗（ γ 刀）放射卫生防护标准》
- (6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；
- (7) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）；
- (8) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）；
- (9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；
- (10) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）；
- (11) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；
- (12) 《水污染物综合排放标准》（DB11/307-2013）。

2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定

- (1) 首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表的批复；
- (2) 《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表》（中国人民解放军军事医学科学院 2015 年 6 月编制）；

2.4 其他相关文件

委托书及医院提供的相关资料

3.项目建设情况

3.1 地理位置及平面布置

天坛医院位于北京市丰台区南四环西路 119 号（纬度 39.83，经度 116.31），院区东侧为康久路，西侧为樊羊路，南侧为南四环西路，北侧为樊家村路。

3.1.1 DSA 所在位置及平面布置情况

本次验收内容中总共有 8 台 DSA，其中有 5 台位于医技楼 3 楼介入中心，有 1 台位于医技楼 3 楼 D 区手术室，有 1 台位于急诊楼 3 楼急诊手术部介入手术室 1，有 1 台位于干保楼 4 楼介入手术室。

据调查，医技楼三层北侧均为洁净手术室，南侧为介入中心，洁净手术室分为 A、B、C、D 四个区，分别位于东北、西北、东南、西南侧。

医院计划在介入中心建设 8 座导管室，配备 8 台 DSA，目前已完成建设的机房为导管室 1~5，且已完成了 DSA 设备的安装与调试工作。8 座导管室为两列紧邻相建，每边各建设 4 座，中间为导管手术部中心通道。导管室 1~4 位于中心通道的东侧，自北至南依次为导管室 1、导管室 2、导管室 3 及导管室 4，导管室 1 与导管室 2 操作台位于同一控制室，导管室 3 与导管室 4 操作台位于同一控制室。导管室 5~8 位于中心通道的西侧，自北至南依次为导管室 8、导管室 7、导管室 6 及导管室 5，其中导管室 6~8 还未竣工，导管室 5 与导管室 6 操作台位于同一控制室，导管室 7 与导管室 8 操作台位于同一控制室，导管室 6 与导管室 7 之间相隔一个楼梯间和一个电梯间。介入中心北侧为患者通道，患者通道北侧紧邻男更衣卫浴室、女更衣卫浴室、电梯间及楼梯间，介入中心南侧为医技楼 3 楼人员通道，东侧自北至南依次为术后恢复病房、5-2 楼梯间、防护用品存放间、库房及 5-1 楼梯间，西侧自北至南依次为值班室、办公室、主任办公室、护士办公室、开水房、库房、设备间。介入中心的楼上为设备管道层、楼下为病理科的工作区域。

D 区手术室位于医技楼 3 楼的中部，医院已于 D07 手术室安装了一台 DSA，且已完成了调试工作。D07 手术室东、西两侧均为洁净通道，西侧洁净通道外为 D08 手术室，东侧通道外为 C08 手术室及 C07 手术室，D07 手术室北侧为 D06 手术室，

南侧为洁净通道，南侧通道外为介入中心的女卫浴更衣室。D07 手术室上层为设备管道层，下层为 ICU VIP 区病房。

医技楼外观为狭长的楼栋，医技楼外东侧自南向北建设有住院一部、住院二部、住院三部，医技楼外西侧自南向北建设有综合门诊楼、急诊抢救楼、感染疾病科楼、康复医学楼，相关楼栋均与医技楼通过楼间连廊相接。

急诊楼位于医院院区西侧，其东侧为医技楼中部，西侧为院区内部人员通道，北侧为感染楼，南侧为综合门诊楼。医院于急诊楼 3 楼介入手术室 1 安装了 1 台 DSA，且已完成了调试工作。介入手术室 1 东侧为设备间，西侧为控制室，北侧和南侧均为洁净通道。介入手术室上层为空调机房，下层为急诊科。

干保楼位于医院院区的北侧，其东侧为康久路，西侧为樊羊路，北侧为樊家村路，南侧为医院内部绿化区及人员走道。医院于干保楼 4 楼介入手术室安装了 1 台 DSA，且已完成了调试工作。该介入手术室东侧为 DSA 控制室、设备机房及贵重物品间，西侧为强弱电井及电梯间，北侧为楼外上空，南侧为洁净通道，通道南侧外为交班室、女卫浴室。介入手术室的的上层为设备层，下层为会议室。

3.1.2 直线加速器及伽马刀所在位置及平面布置情况

本次验收涉及的 1 台直线加速器及 1 台伽马刀均位于门诊服务中心地下一层放疗中心。放射治疗中心西侧和南侧均为泥土层，东侧紧邻专科门诊楼地下一层，北侧左部与综合门诊楼地下一层相连，北侧右部为楼内通道，本项目直线加速器位于放疗科 1 号直线加速器机房，其西侧和南侧均为泥土层，北侧为内部通道和候诊区，东侧为控制室，控制室的东侧为还未竣工的 2 号直线加速器机房。机房上层为室外空地，无地下结构。

本项目伽马刀（由 192 枚 ^{60}Co 组成）位于放疗中心的伽马刀机房，该机房西侧为 CT 机房，东侧为病历室，北侧为控制室及缓冲间，南侧泥土层。机房上层为室外空地，无地下结构。

3.1.3 核医学科所在位置及平面布置情况

本项目核医学科位于综合门诊楼地下一层西南侧，放射工作场所可分为回旋加速器中心、显像检查中心、核素治疗中心三个区块（回旋加速器中心、核素治疗中心未竣工，不在本次验收范围内）。显像检查中心所在区域东侧为通道，南侧为核素治疗中心，西侧为回旋加速器中心及办公区，北侧为体外碎石科；楼下为设备层，楼上为综合门诊大厅、挂号收费厅、药房等。

①平面布局

显像检查中心设置于核医学科东侧和中部，其中放射工作用房分别设置于显像检查中心患者通道的东西两侧。患者通道东侧工作用房从北向南依次为：登记室、诊室/功能测定室、SPECT/CT 候诊室（给药后，在候诊室内设置独立卫生间）、放射性废物间、PET 候诊室（给药后，在候诊室内设置独立卫生间）、PET VIP 候诊室（共设置 2 间，南北向排列，每间 VIP 候诊室内均设置独立卫生间）、病人恢复间、患者离开电梯厅；患者通道西侧工作用房从北向南依次为：SPECT/CT 1 室、控制室（2 间 SPECT/CT 共用）、SPECT/CT 2 室（预留机房）、通道、运动负荷室、楼梯通道、高活室、PET 注射室、SPECT/CT 注射室、PET/CT 机房、控制室、校准源存储室（PET/CT 和 PET/MR 共用）、PET/MR 机房、通道。

②工作人员通道、患者通道和放射性药物通道

工作人员通道：该项目工作人员从核医学科东北侧进入核医学科，通过工作人员通道进入休息区、办公室、阅片室、诊室、控制室等；或经卫生通过间进入高活室和注射室（2 间）等，工作结束后，操作非密封放射性药物的工作人员经表面污染监测确认无污染后，按照原路返回，离开核医学科。放射性药物分装、注射等工作场所是核医学操作非密封型放射性物质的主要场所，为了防止对周围场所放射污染，相关工作人员必须更衣后进入放射工作场所，工作结束仍需更衣、检测放射污染合格后才能回到非放射工作场所。因此，该项目在高活室西侧设置卫生通过间，包含更衣、紧急冲淋及放射性表面污染检测功能。

显像检查中心患者通道：患者经核医学科东北侧入口进入核医学科，在给药前

候诊区候诊，通过显像检查中心患者通道（单向门禁）分别进入 PET 注射室、SPECT/CT 注射室完成给药后，核素检查患者根据不同的检查项目分别前往不同区域候诊，然后进入相应的 SPECT/CT、PET/CT、PET/MR 机房进行显像检查；普通核素治疗的患者给药后进入病人恢复间留观，或直接离开。完成检查和治疗的患者通过核医学东南侧核医学科患者专用电梯离开核医学工作场所。而需要延迟显像检查或因图像不满足诊断要求而需再次显像检查的患者，需进入病人恢复间内听候工作人员安排，完成相关检查经医生确认后方可离开。

药物通道： ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{13}N 和 ^{11}C 治疗所需放射性药物由放射性药物配送人员通过核医学科南侧送药专用电梯到达核医学科，经显像检查中心患者通道送至高活室；待医院回旋加速器完成搬迁后， ^{18}F 、 ^{13}N 和 ^{11}C 药物由医用回旋加速器生产出来后经药物传输通道进入合成分装室的化学合成系统合成 ^{18}F 、 ^{13}N 和 ^{11}C 等放射性药物，然后经分装、质控后送至高活室。

3.2 建设内容

3.2.1 DSA 建设情况

据调查，医院目前为本项目 8 台 DSA 共配备有 50 名介入辐射工作人员，本次验收的 8 台 DSA 的设备参数及场所见下表 3-1。

表 3-1 本次验收 DSA 参数及建设场所一览表

序号	设备名称	型号	设备参数	类别	使用场所
1	数字减影 血管造影 X 线机 (DSA)	UNIQ FD20/20	125kV、1000mA	II	介入中心导管室 1
2		IGS630	125kV、1000mA	II	介入中心导管室 2
3		Innova IGS 630	125kV、1000mA	II	介入中心导管室 3
4		Artiszee Biplane	80kV、1250mA	II	介入中心导管室 4
5		Artis zee floor	125kV、1000mA	II	介入中心导管室 5
6		Artis Q Zeego	125kV、1000mA	II	导管手术部 D07 手术室
7		Allura Xper FD20	125kV、1250mA	II	急诊楼介入手术室 1
8		Allure Xper FD20	125kV、1250mA	II	干保楼介入手术室

3.2.2 直线加速器及伽马刀建设情况

直线加速器及伽马刀均属于放疗中心，医院目前为放疗中心共配备有 33 名辐射工作人员。伽马刀共安装 192 枚 ^{60}Co 源，放射源出厂日期为 2018 年 8 月 1 日，出厂总活度为 190.34TBq（5141.5Ci）。放射源供货商为 ELEKTAINSTRUMENTAB。

本次验收的直线加速器及伽马刀的设备参数及场所见下表 3-2。

表 3-2 本次验收直线加速器及伽马刀参数及建设场所一览表

序号	设备名称	型号	设备参数	类别	使用场所
1	直线加速器	Trology	X 射线: 6MV、10MV 电子线: 6MeV、9MeV、12MeV、 15MeV、18MeV、22MeV	II	放疗中心 1 号直线加速器 机房
2	伽马刀	Perfexion	装源总活度为 190.34TBq (由 192 枚 ⁶⁰ Co 源组成)	I	放疗中心伽马刀机房

3.3.3 核医学科建设情况

本项目核医学科可分为回旋加速器中心、显像检查中心和核素治疗中心，目前仅显像检查中心完成建设，显像检查部分配备有 1 台 SPECT/CT、1 台 PET/CT 及 1 台 PET/MR，该场所涉及的核素有 ^{99m}Tc、¹⁸F、¹³N、¹¹C，且均由委托单位供给，待回旋加速器中心及配套设施建设完工后，医院自行生产 ¹⁸F、¹³N、¹¹C。核医学科目目前配备有 11 名辐射工作人员。

①非密封核素使用情况

SPECT/CT 显像检查涉及的核素为 ^{99m}Tc，每天接诊患者数最多 30 人。PET 显像检查涉及的核素为 ¹⁸F、¹³N、¹¹C，3 种核素显像检查每天最多接诊患者数分别为 30 人、5 人及 12 人，PET 显像每天接诊人数最多 30 人。项目配备的设备参数见表 3-3，各核素使用情况见表 3-4。

表 3-3 本次验收直线加速器及伽马刀参数及建设场所一览表

序号	设备名称	型号	设备参数	类别	使用场所
1	SPECT/CT	Discovery NM/CT 670	140kV, 380mA	III	SPECT/CT1 室
2	PET/CT	Discovery PET/CT Elite	140kV, 600mA	III	PET/CT 机房
3	PET/MR	SIGNA	磁场强度: 3.0T	/	PET/MR 机房

表 3-4 核素使用情况一览表

序号	核素名称	剂型	每位病人每日最大用量 (Bq)	日最大接诊数 (人)	日最大操作量 (Bq)	用途	操作方式
1	^{99m} Tc	液体	7.4×10 ⁸	30	2.22×10 ¹⁰	SPECT 显像	简单操作, 需分装至注射器内, 通过留置针注射
2	¹⁸ F	液体	4.44×10 ⁸	30	1.33×10 ¹⁰	PET 显像	简单操作, 需分装至注射器内, 通过留置针注射
3	¹³ N	液体	4.44×10 ⁸	5	2.22×10 ⁹	PET 显像	简单操作, 需分装至注射器内, 通过留置针注射
4	¹¹ C	液体	4.44×10 ⁸	12	5.33×10 ⁹	PET 显像	简单操作, 需分装至注射器内, 通过留置针注射

②密封源使用情况

除用于对患者进行放射诊断或诊疗的非密封放射性物质外，本项目核医学科还配备了 7 枚 ^{68}Ge 密封校准源，其中 PET/CT 配备了 2 枚 ^{68}Ge 校准源，PET/MR 配备了 5 枚 ^{68}Ge 校准源，校准源具体信息见下表 3-5。

表 3-5 校准源信息一览表

序号	核素名称	半衰期	出厂日期	出厂活度 (Bq)	编号	用途
1	^{68}Ge	271 天	2019.1.1	3.5×10^6	US18GE002655	PET/CT 校准源
2	^{68}Ge	271 天	2019.1.1	1.85×10^7	US18GE002695	PET/CT 校准源
3	^{68}Ge	271 天	2019.1.1	5.5×10^7	US18GE002645	PET/MR 校准源
4	^{68}Ge	271 天	2019.1.1	3.5×10^6	US18GE002635	PET/MR 校准源
5	^{68}Ge	271 天	2019.1.1	7×10^5	US18GE002665	PET/MR 校准源
6	^{68}Ge	271 天	2019.1.1	7×10^5	US18GE002675	PET/MR 校准源
7	^{68}Ge	271 天	2019.1.1	7×10^5	US18GE002685	PET/MR 校准源

3.3 工作流程

3.3.1 DSA 工作流程

DSA 全称为数字减影血管造影 X 线机，是影像增强技术、电视技术和计算机技术相结合的产物，它是将造影前、后获得的数字图像进行数字减影，在减影图像中消除骨骼和软组织结构，使低浓度的造影剂所充盈的血管在减影中显示出来，有较高的图像对比度。DSA 在工作过程中产生的主要污染因子为 X 射线。

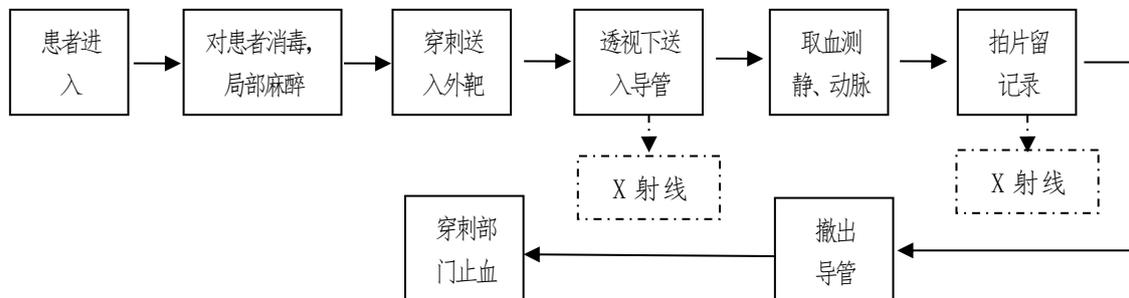


图 3-1 DSA 介入治疗过程与产污环节简图

3.3.2 直线加速器工作流程

医用电子加速器是利用微波电磁场进行加速电子到预定高能的装置。外部电源通过脉冲调制器转换为宽度几微秒、几十千伏电压的脉冲，并同时加到磁控管(或者速调管)和电子枪上。由电子枪出束的电子束经聚焦磁场(聚集磁场作用是避免电子束在加速过程中横向散开)进入真空条件下的加速管。与此同时，磁控管(或者调速管)经波导管将高功率的微波送入加速管，电子束被加速管加速到所需要的能量，获得了高能的电子束经过偏转磁场，直接引出电子束或者打靶产生 X 射线，引出的电子束或者 X 射线经准直器和均整器成为临床治疗所需。

3.3.3 伽马刀工作流程

①安装立体定向头架：在局麻下用金属螺钉将立体定向架固定在患者的颅骨上，并尽可能将病灶置于头架的中间，然后测量头皮到有机玻璃头罩的距离，根据测得头皮距，LGP 自动勾画出患者头型轮廓。

②定位扫描：根据病变的性质和部位可选择 CT、MRI、或 DSA 作为伽玛刀术前定位方式。肿瘤病灶多选用 MRI 定位，AVM 患者多选用 CT+DSA 或 MRI/MRA +DSA 联合定位。

③剂量计划：通过网络、磁光盘或扫描仪将定位片（CT、MRI 或 DSA 片）输入到 LGP 计算机内。在 LGP 上设定剂量矩阵范围、照射时的角度、等剂量曲线。然后选择不同直径准直器设计剂量计划。根据病灶大小可使用一个等中心点（照射点）或多个等中心点，通常选用 50% 的等剂量曲线覆盖病灶的周边。设计的照射范围直接叠加在定位图像内的病灶上，应尽可能使伽玛刀照射范围与颅内病灶的形态吻合一致。根据病变性质、病灶大小以及病灶周围结构制订中心剂量和周边剂量。剂量计划设计完毕，计算机将打印出一份包括照射剂量、每一照射等中心点所使用的准直器、三维坐标、照射时间等内容的治疗计划书。

④治疗：治疗时患者平卧于治疗床上，通过立体定向架将患者的头部固定在准直器头盔上。在治疗操作控制台设定照射时间，启动治疗开关，伽玛刀自动开启防护门，移动式治疗床和准直器进入伽玛刀放射源内。当准直器头盔与放射源内的固定准直器精确吻合时，治疗即开始。第一个等中心点照射结束，治疗床返回原位，

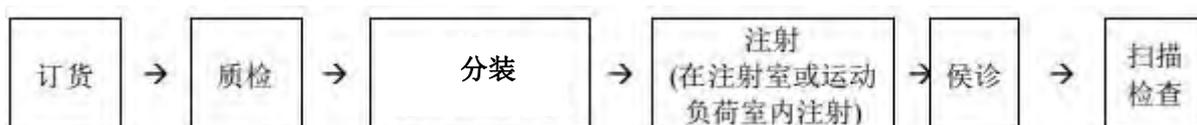
防护门关闭。医生调换下一个等中心点的三维坐标，进行第二等中心点的照射，如此往返这一过程，直至完成所有靶点的治疗。在 C 型伽玛刀治疗时，医师手控 APS 按键，先将 APS 的坐标调整在泊位坐标，然后通过立体定向架将患者的头部固定在 APS 上并验证治疗时的伽玛角。通过 APS 手控键，让 APS 预先运行到每一个靶点的坐标，并确认；之后开启控制台的开关，伽玛刀开始治疗。一个靶点照射完毕，治疗床向外移出 25 厘米，与此同时 APS 已开始自动调整并验证三维坐标，当到达下一个等中心点坐标，治疗床再次进到治疗位置开始第二等中心点的照射，如此往返这一过程，直至完成所有靶点的治疗。

⑤术后处理：治疗结束拆除立体定向架，螺钉安装部位局部包扎，绝大多数患者无不适，常规给予 20%甘露醇 250ml 和地塞米松 5mg 静脉滴注，以减轻急性放射反应，同时给予抗生素预防感染。多数患者观察一晚，次日出院。

3.3.4 核医学科工作流程

①放射性核素诊断

放射性同位素显像医学检查的工作流程：含示踪核素的放射性药物经由静脉注射方式进入受检者体内，药物分布到特定器官并释放 γ 射线，利用 PET 和 SPECT 等探测成像仪器进行扫描和显像。检查工作流程如下：



1.订货：根据预约的检查人数及检查项目，提前一天向药品公司订购 ^{99m}Tc 及 ^{18}F 标记的放射性药物。

2.质检：药品公司负责把药品送至核医学科的卸货区。质检人员核对放射性药物名称、规格和数量，检查包装和外观质量，在摄像头监控下，“点对点”办理交接续，暂存于高活室内。

3.分装： ^{18}F 、 ^{99m}Tc 标记的放射性药物在高活室内分装、注射。

4.注射：在注射车防护下给受检病人注射放射性药物，然后将废注射器装入铅屏蔽盒，送废物暂存间暂存。

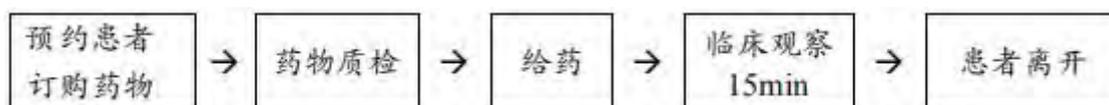
5.检查：病人在给药后病人候诊室等候（15min~180min），待药物在身体内有一定程度的代谢后，进行 SPECT 或 PET 扫描检查。

受检者在扫描检查后，经观察无不良反应即可离开，如有不适则在观察间观察。

②放射性核素治疗

放射性核素治疗是利用在机体内能高度选择性聚集在病变组织内的放射性药物，在体内杀死病变细胞，达到治疗疾病的目的。具有安全，简便，疗效显著，并发症少的特点，对许多疾病的治疗有着不可取代的独到之处。

核素治疗项目操作流程如下：



3.4 项目变动情况

经现场调查与有关资料文件可知，天坛医院核技术利用项目工程规模与环评阶段对比情况见下表。

表 3-6 验收阶段与环评阶段工程规模对比情况一览表

项目	环评阶段	验收阶段	备注
工程内容	(1)门诊服务中心地下 1 楼放疗中心新增 2 台直线加速器、1 台赛博刀、1 台伽马刀 (2) 医技楼 3 楼介入中心新增 8 台 DSA、医技楼 3 楼手术室新增 1 台 DSA、急诊楼 3 楼急诊手术部新增 2 台 DSA 及干保楼 4 楼介入手术室新增 1 台 DSA (3)综合门诊楼地下 1 楼新增核医学科（包含回旋加速器中心、显像检查中心和核素治疗中心） (4) 新增 55 台 III 类射线装置	(1) 门诊服务中心地下 1 楼放疗中心新增 1 台直线加速器、1 台伽马刀 (2) 医技楼 3 楼介入中心新增 5 台 DSA、医技楼 3 楼手术室新增 1 台 DSA、急诊楼 3 楼急诊手术部新增 1 台 DSA、干保楼 4 楼介入手术室新增 1 台 DSA (3)综合门诊楼地下 1 楼新增核医学科（目前仅显像检查中心建设完工） (4) 新增 37 台 III 类射线装置（除核医学科的 1 台 SPECT/CT 和 1 台 PET/CT 外，其余 III 类射线装置不在本次验收范围内） 注：设计终期规模中部分工程还未竣工，本期仅验收已竣工的项目	已竣工的项目环评阶段与验收阶段一致
辐射活动种类和范围	使用 I、II、V 类放射源，使用 II、III 射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所	使用 I、II、V 类放射源，使用 II、III 射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所	一致

本次验收的工程内容与环评阶段一致，项目具体建设地点与环评阶段一致，辐射工作种类和范围与环评阶段一致，污染因子与环评阶段一致。



插图 1 天坛医院总平面布局

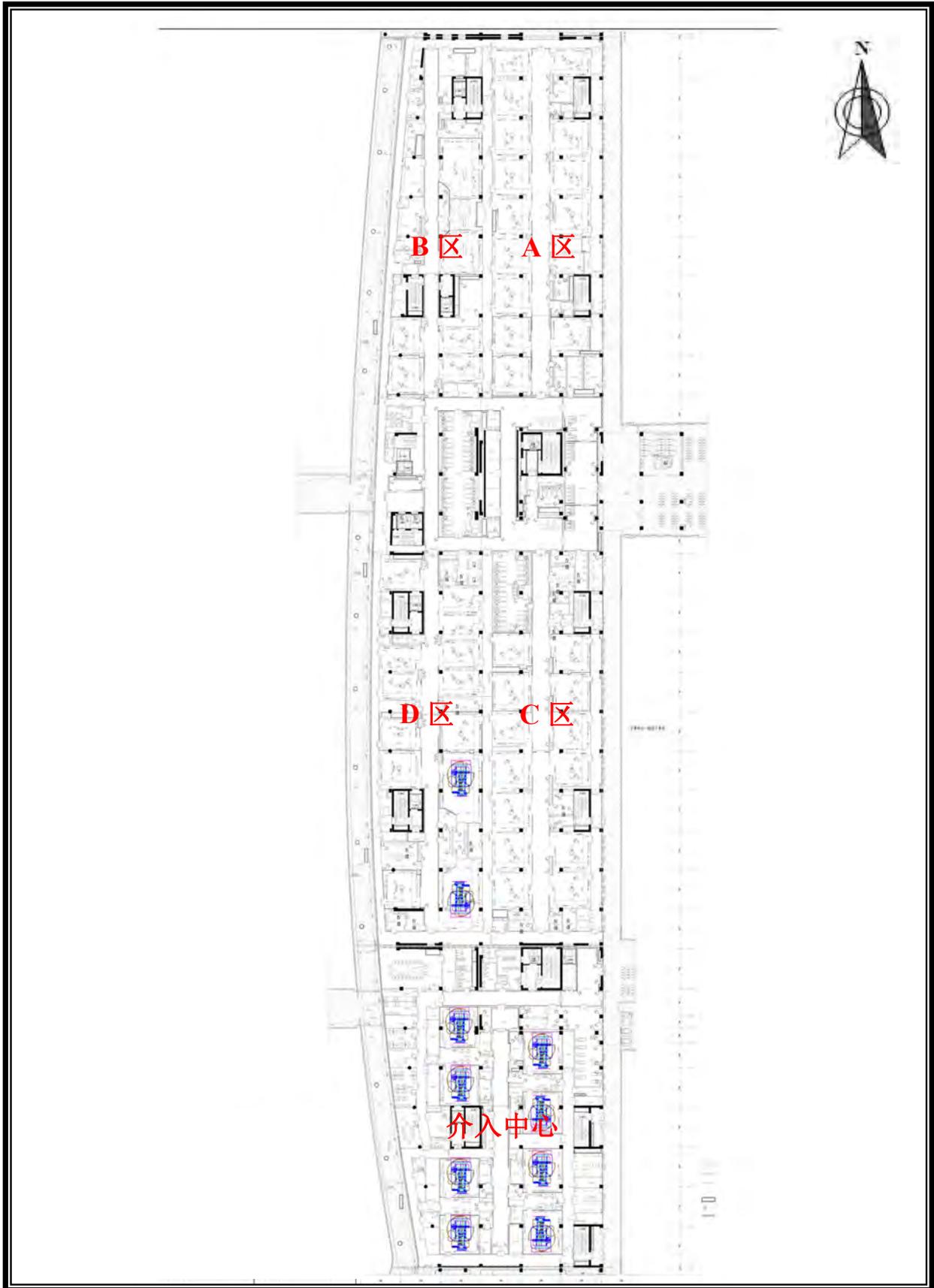


插图 2 医技楼 3 楼导管手术部平面布局

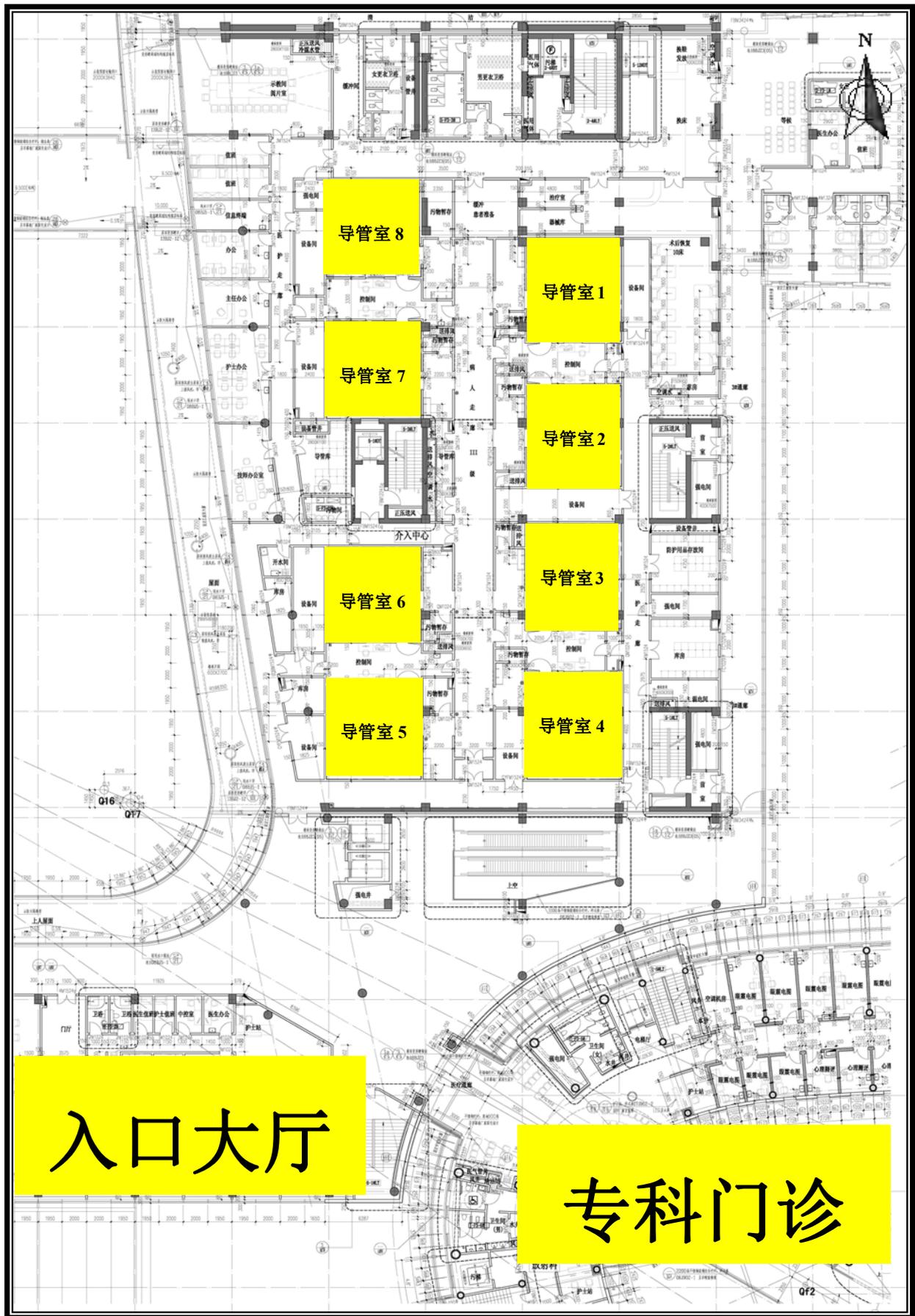


插图 3 医技楼 3 楼介入中心平面布局

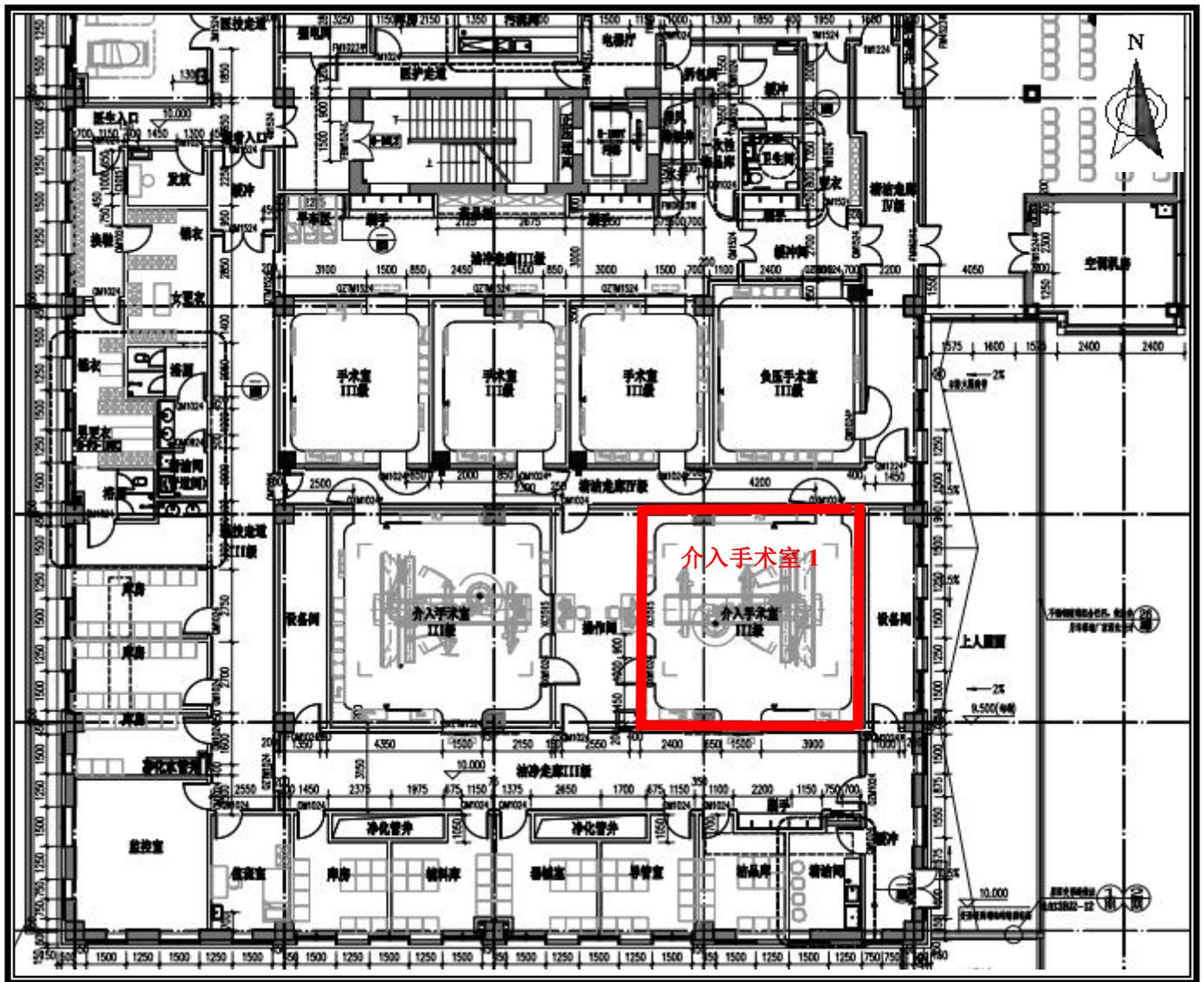


插图 5 急诊 3 楼介入手术室 1 四周平面布局

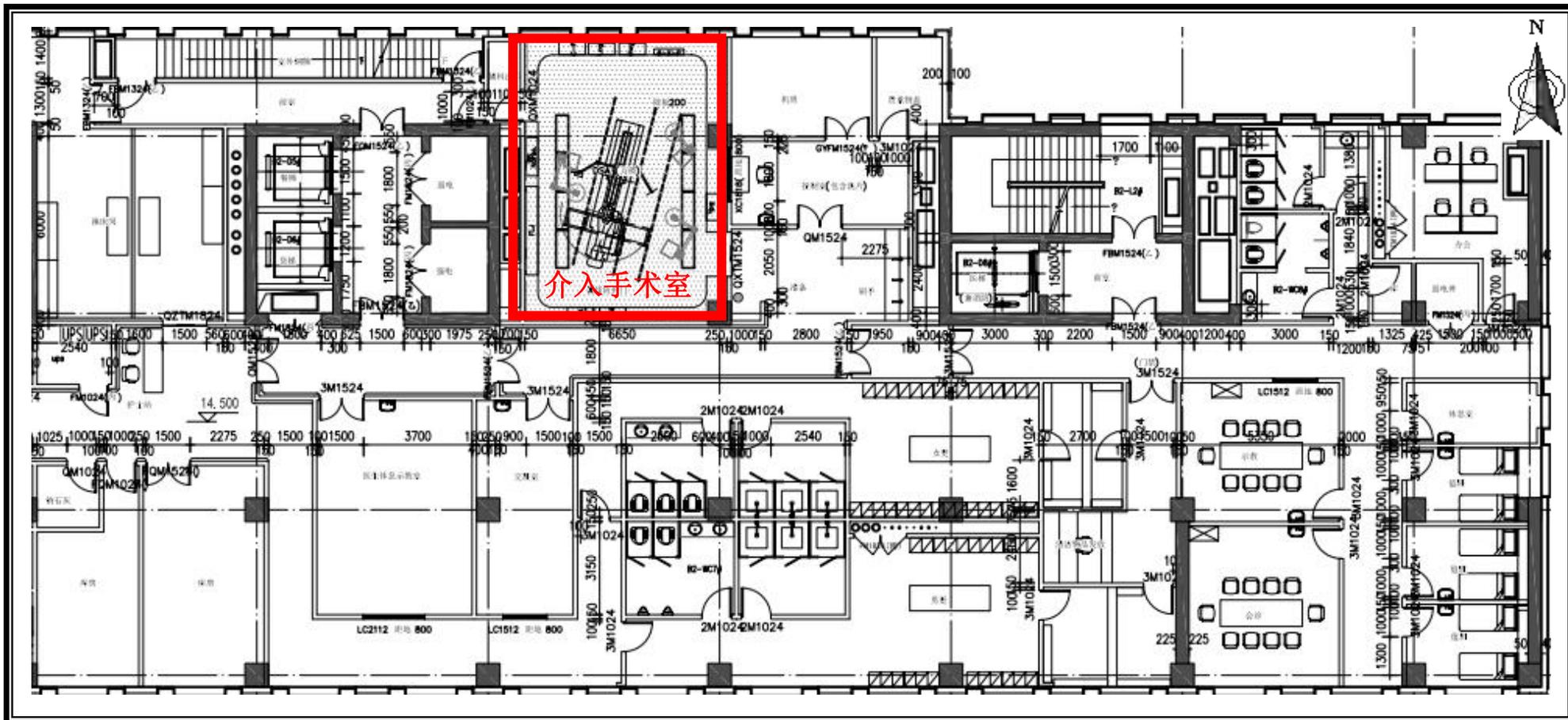


插图 6 干保楼 4 楼介入手术室四周平面布局

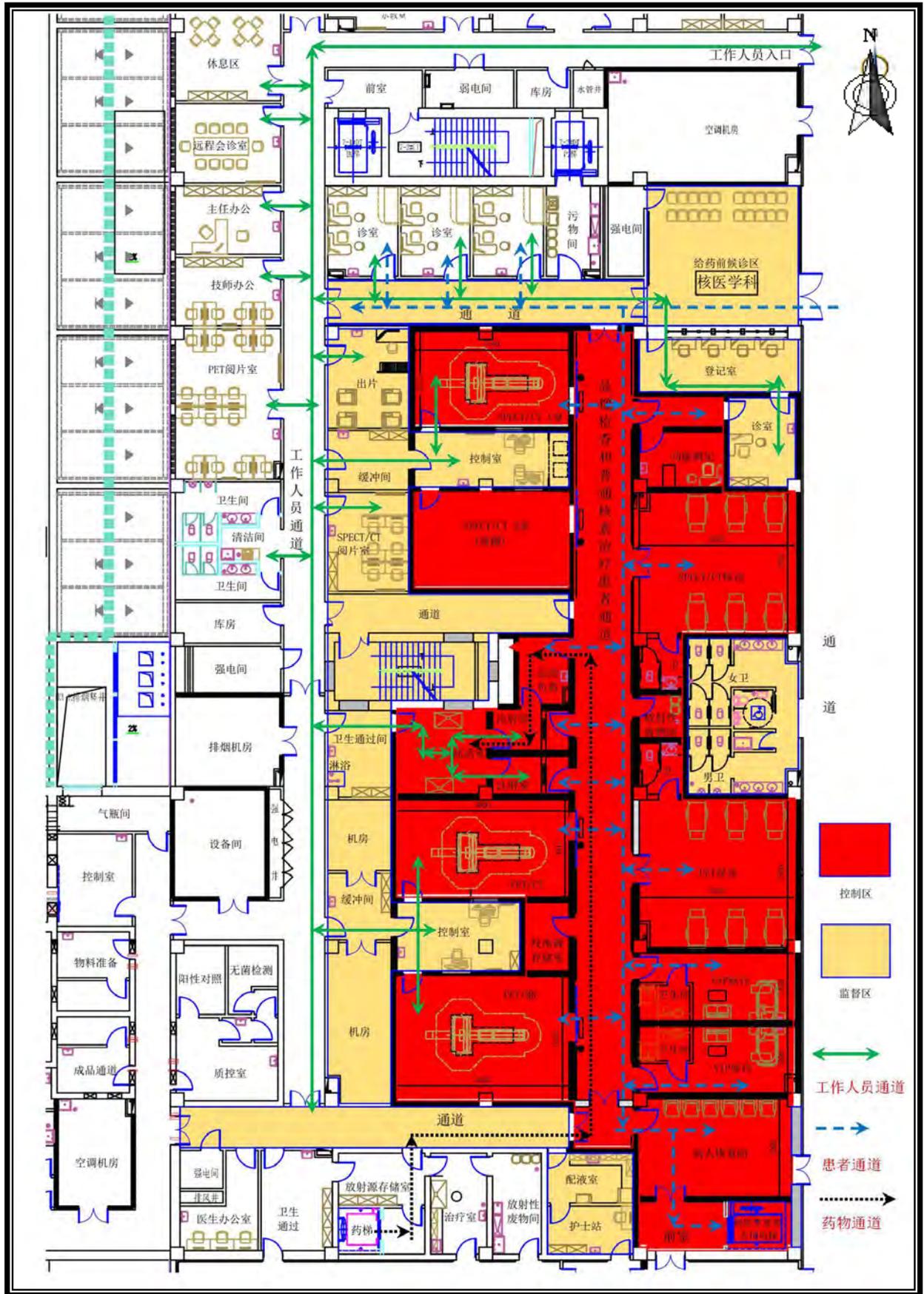


插图 8 核医学科显像检查和普通核素治疗中心平面布局图

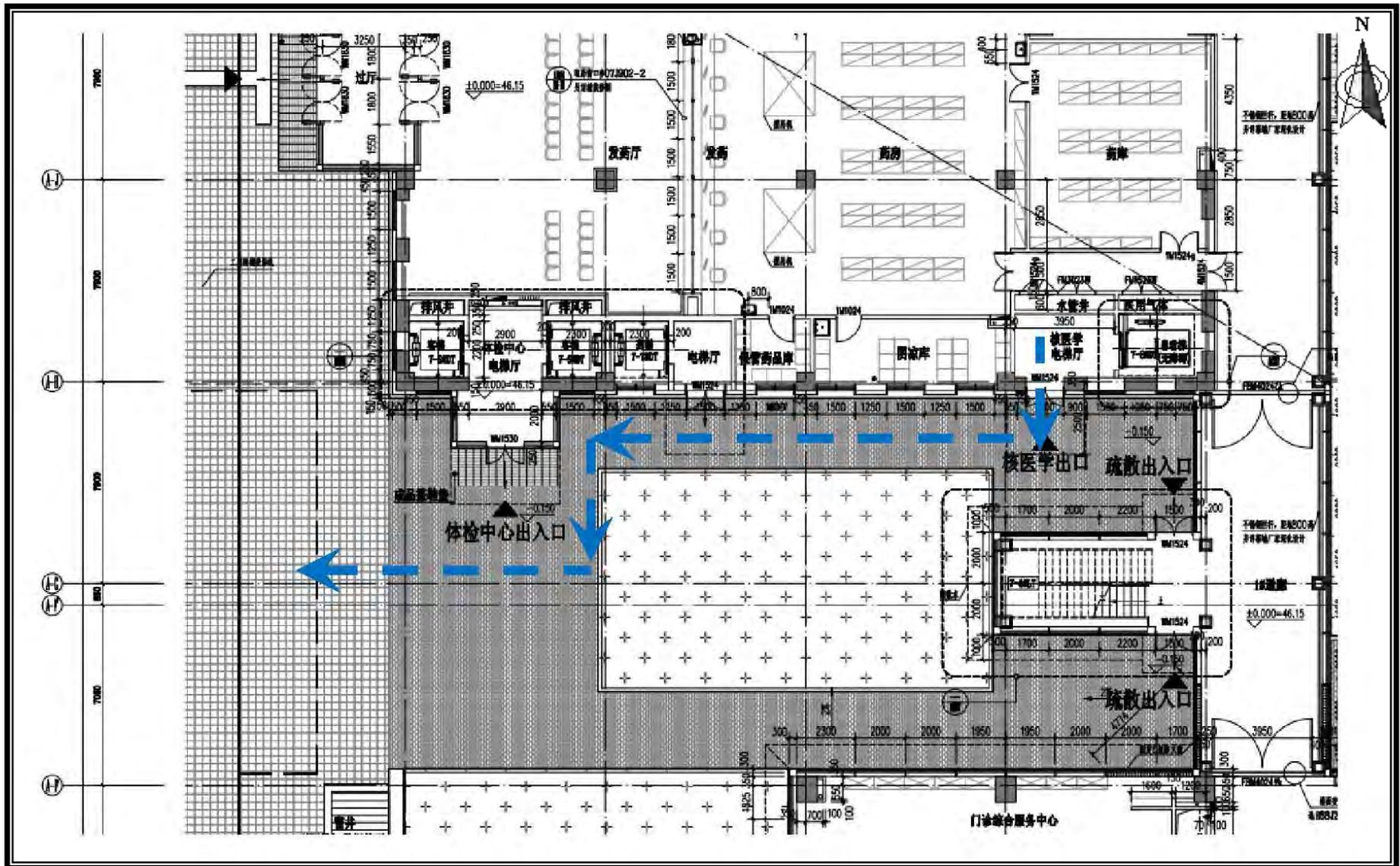


插图 9 综合门诊一楼核医学科患者出口示意图

4.环境保护设施

4.1 污染物治理/处置设施

4.1.1 辐射屏蔽设施

① DSA

根据医院提供的资料，介入中心导管室 1~5、D07 手术室的六面墙体、防护门及观察窗均采用相同厚度的相同材料进行屏蔽，机房四侧墙体均采用方管龙骨加 3mmPb 铅板进行防护，屋顶采用 120mm 混凝土加 3mmPb 铅板进行防护，地面采用 120mm 混凝土加 3mmPb 硫酸钡水泥进行防护，观察窗和各防护门均采用 3mmPb 进行防护，具体参数见下表 4-1。导管室 1~5 的机房面积分别为 48.1m²、48.1m²、50.7m²、50.7m²、44.8m²，各机房最小单边长均为 6.5m。D07 手术室的机房面积为 72.1m²，机房最小单边长为 6.8m。

表 4-1 导管手术部 DSA 机房屏蔽参数一览表

名称	参数		备注
	设计参数	施工参数	
四侧墙体	方管龙骨+3mmPb	方管龙骨+3mmPb	一致
屋顶	120mm 混凝土+3mmPb	120mm 混凝土+3mmPb	一致
地面	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	120mm 混凝土+3mmPb	一致
防护门	3mmPb	3mmPb	一致
观察窗	3mmPb	3mmPb	一致

注：混凝土密度 2.35g/cm³

干保楼 4 楼的介入手术室机房四侧墙体均采用 15cm 空心砌块加 3mmPb 铅板进行防护，屋顶采用 150mm 混凝土加 3mmPb 铅板进行防护，地面采用 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥进行防护，观察窗和各防护门均采用 3mmPb 进行防护，具体参数见下表 4-2。介入手术室机房面积为 47.6m²，最小单边长度为 5.6m。

表 4-2 干保楼介入手术室屏蔽参数一览表

名称	参数		备注
	设计参数	施工参数	
四侧墙体	15cm 空心砌块+3mmPb	15cm 空心砌块+3mmPb	一致
屋顶	150mm 混凝土+3mmPb	150mm 混凝土+3mmPb	一致
地面	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	150mm 混凝土+3mmPb	一致
防护门	3mmPb	3mmPb	一致
观察窗	3mmPb	3mmPb	一致

注：混凝土密度 2.35g/cm³

急诊3楼的介入手术室1机房四侧墙体均采用空心砌砖加3mmPb铅板进行防护，屋顶采用120mm混凝土加3mmPb铅板进行防护，地面采用200mm混凝土加3mmPb硫酸钡水泥进行防护，观察窗和各防护门均采用3mmPb进行防护，具体参数见下表4-3。介入手术室机房面积为59.2m²，最小单边长度为7.4m。

表 4-3 急诊介入手术室1屏蔽参数一览表

名称	参数		备注
	设计参数	施工参数	
四侧墙体	15cm 空心砌块+3mmPb	15cm 空心砌块+3mmPb	一致
屋顶	150mm 混凝土+3mmPb	150mm 混凝土+3mmPb	一致
地面	150mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	150mm 混凝土+3mmPb	一致
防护门	3mmPb	3mmPb	一致
观察窗	3mmPb	3mmPb	一致
注：混凝土密度 2.35g/cm ³			

②伽马刀、直线加速器

根据医院提供的资料，伽马刀四面墙体及顶棚均采用700mm厚的混凝土进行防护，防护门采用8mmPb进行防护，机房无地下结构，具体屏蔽参数见下表4-4。机房面积为49m²。本次验收的1号直线加速器机房的面积为62.6m²，具体屏蔽参数见下表4-5。

表 4-4 伽马刀机房屏蔽参数一览表

名称	参数		备注
	设计参数	施工参数	
四侧墙体	700mm 混凝土	700mm 混凝土	一致
屋顶	700mm 混凝土	700mm 混凝土	一致
防护门	8mmPb	8mmPb	一致
注：混凝土密度 2.35g/cm ³			

表 4-5 1号直线加速器机房屏蔽参数一览表

名称	参数		备注
	设计参数	施工参数	
东墙	主屏蔽墙厚度为2900mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1310mm混凝土，主屏蔽墙宽度6300mm	主屏蔽墙厚度为2900mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1310mm混凝土，主屏蔽墙宽度6300mm	一致
南墙	1300mm 混凝土	1300mm 混凝土	一致
西墙	主屏蔽墙厚度为2700mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1300mm混凝土，主屏蔽墙宽度4000mm	主屏蔽墙厚度为2700mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1300mm混凝土，主屏蔽墙宽度4000mm	一致

续表 4-5 1号直线加速器机房屏蔽参数一览表

名称	参数		备注
	设计参数	施工参数	
东墙	主屏蔽墙厚度为2900mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1310mm混凝土，主屏蔽墙宽度6300mm	主屏蔽墙厚度为2900mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1310mm混凝土，主屏蔽墙宽度6300mm	一致
南墙	1300mm 混凝土	1300mm 混凝土	一致
西墙	主屏蔽墙厚度为2700mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1300mm混凝土，主屏蔽墙宽度4000mm	主屏蔽墙厚度为2700mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1300mm混凝土，主屏蔽墙宽度4000mm	一致
北墙	迷路内墙为600mm~1550mm混凝土，迷路内墙为424mm~1723mm混凝土	迷路内墙为600mm~1550mm混凝土，迷路内墙为424mm~1723mm混凝土	一致
顶棚	主屏蔽墙厚度为2700mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1300mm混凝土，主屏蔽墙宽度4000mm	主屏蔽墙厚度为2700mm混凝土，次屏蔽墙厚度为1300mm混凝土，主屏蔽墙宽度4000mm	一致
防护门	10mmPb	10mmPb	一致
注：混凝土密度2.35g/cm ³			

③核医学科

根据医院提供的资料，本项目核医学科相关工作场所的具体屏蔽参数见下表4-6。

表 4-6 核医学科相关工作场所屏蔽防护情况一览表

场所名称	设计参数	施工参数	备注
PET/CT机房、PET/MR机房、SPECT/CT1室	四侧墙体、顶棚和地坪均采用30cm混凝土，PET/CT机房、PET/MR机房观察窗和防护门推荐屏蔽厚度为6mmPb	四侧墙体、顶棚和地坪均采用30cm混凝土，各机房观察窗为6mmPb铅玻璃，防护门内衬6mm铅板	一致
PET 候诊、VIP 候诊（2间）、高活室、注射室（2间）、SPECT/CT候诊室、运动负荷室、病人恢复间、放射性废物间、校准源存储室	四侧墙体、顶棚和地坪均采用30cm混凝土	不低于预评价要求：四侧墙体、顶棚和地坪均采用30cm混凝土，防护门铅当量为6mmPb	一致
PET注射室注射窗口	40mmPb注射车	40mmPb注射车，注射车两侧增加轻钢龙骨+10mm铅板隔断墙	实际防护效果优于设计方案
SPECT/CT注射室注射窗口	10mmPb注射车	10mmPb注射车，注射车两侧增加轻钢龙骨+10mm铅板隔断墙	实际防护效果优于设计方案
病人通道门	设计方案中未提出具体防护参数	防护门铅当量为3mmPb	实际防护效果优于设计方案
注：混凝土密度2.35g/cm ³			

根据上表 4-1 ~表 4-6，医院各辐射工作场所的设计参数与施工参数的对比可知，相关辐射工作场所屏蔽施工参数达到设计要求，同时根据检测结果可知，其屏蔽能力满足相关标准要求。

4.1.2 废气

① DSA

DSA 装置出束时，空气会被电离，产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本次验收的 9 台 DSA 机房均采用中央空调通风，具有送/排风功能。

② 伽马刀及直线加速器

伽马刀在开束状态出束时，空气会被电离，产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），本项目伽玛刀机房采用机械进、出风，进风管道及排风管道并排从防护门上方的横梁 45°斜穿墙进出。新风管道由防护门上方紧贴顶板进入治疗室，送风口布排在装饰天花板上。排风口设置在机房西墙南、北两端墙角处，与送风口成对角设计，伽玛刀机房风管底部（吸风口）离地 30cm，风管沿墙体内壁向上在装饰天花板上穿过迷道内墙，由防护门上方通往室外。

根据现场测量，该项目伽玛刀机房体积约为 147m³，2 个排风口面积均为 0.16m²，风速分别为 1.09m/s 和 1.04m/s。经计算，伽玛刀机房每小时通风换气量为 1227m³，由此可计算出伽玛刀机房每小时换气次数可达 8 次，满足《X、γ射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》GBZ 168-2005 的相关要求。

加速器机房内的东、西墙下端近地面处分别设置有 1 个排风口，排风口均为正方形，截面均为 48.5cm×48.5cm，检测的风速均为 1.2m/s。加速器机房的面积（含迷路）为 77.9m²，机房高 3m，体积为 233.7m³。由此可计算出加速器机房内的换气次数可达 8 次/h，满足 GBZ126-2011 关于医用加速器机房内的通风换气次数应达到 4 次/h 的要求。

③ 核医学科

该项目涉及非密封放射性药物使用，为了改善场所环境，医院于显像检查中心高活室设置专用通风柜，分装、质控等放射性药物操作在通风柜内进行；通风柜采取独立的排风装置，将室内空气经单独通风管道由风机抽吸至楼顶排出，并设置活性炭过滤装置。经检测，通风柜通风速率分别为 2.00m/s 和 1.33m/s，满足 GBZ120-2006 关于合成和操作放射性药物的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s）的要求。

PET 注射室、SPECT/CT 注射室、VIP 候诊室、SPECT/CT 候诊室、PET 候诊室、PET/CT 机房、PET/MR 机房、SPECT/CT 机房等区域设置独立的机械排风装置，为避免各功能房间通风互相串流，保持各房间处于负压，将室内空气经单独通风管道由风机抽吸至门诊服务中心楼顶排出，并设置活性炭过滤装置。

4.1.3 废水

本项目仅核医学科会产生放射性废水。该项目的放射性废水的主要来源是工作人员操作过程产生的少量废水、清扫工作台面、地面的清洁工具清洗时产生的少量废水以及患者冲洗排便用水。上述放射性废水的处理主要是通过建造衰变池来进行储存，排放限值按照一次不超过 $1ALI/min$ ，一个月内累计不超过 $10ALI/min$ 值，加以严格控制。

根据医院施工方案，医院在综合门诊楼西南侧地下建造有效容积为 $200m^3$ 的推流式三级放射性废水衰变系统，衰变池前端设有双格化粪池（各 $16m^3$ ，有效容积共 $30m^3$ ，化粪池一和化粪池二轮换使用），出水端设置水质检查井和污水泵。核医学科显像检查及普通核素治疗区所产生放射性废水由设在地下二层顶部的铸铁管道排入地下二层设置的积水坑（周围采用 $30cm$ 混凝土防护），然后由提升泵自动提升，再次由设在地下二层顶部的铸铁管道排入衰变池中，经过贮存衰变后进入积水坑，再通过潜污泵将积水坑内的废水排入医院污水管网，最终排入院外市政污水管网。衰变池布置如图 4-1 所示。

衰变池采用抗渗混凝土浇筑，四周池壁和底板为 $30cm$ 混凝土，内部隔断为 $25cm$ 混凝土；衰变池内部采用玻璃钢防腐，外部做沥青油毡防水。放射性废水的水平管道及卫生间楼下的回水湾部分管道外包 $6mm$ 的铅皮进行包裹。化粪池及衰变池检修口设双层井盖，井盖内衬 $10mm$ 铅板。

该项目放射性废水采用推流式衰变池暂存方式，每年委托有资质（CMA 或 CNAS）的检测机构对拟排放废水中的最长半衰期核素的放射性活度浓度进行检测，活度浓度值应满足 GB18871-2002 附录 A 表 A1 的规定。

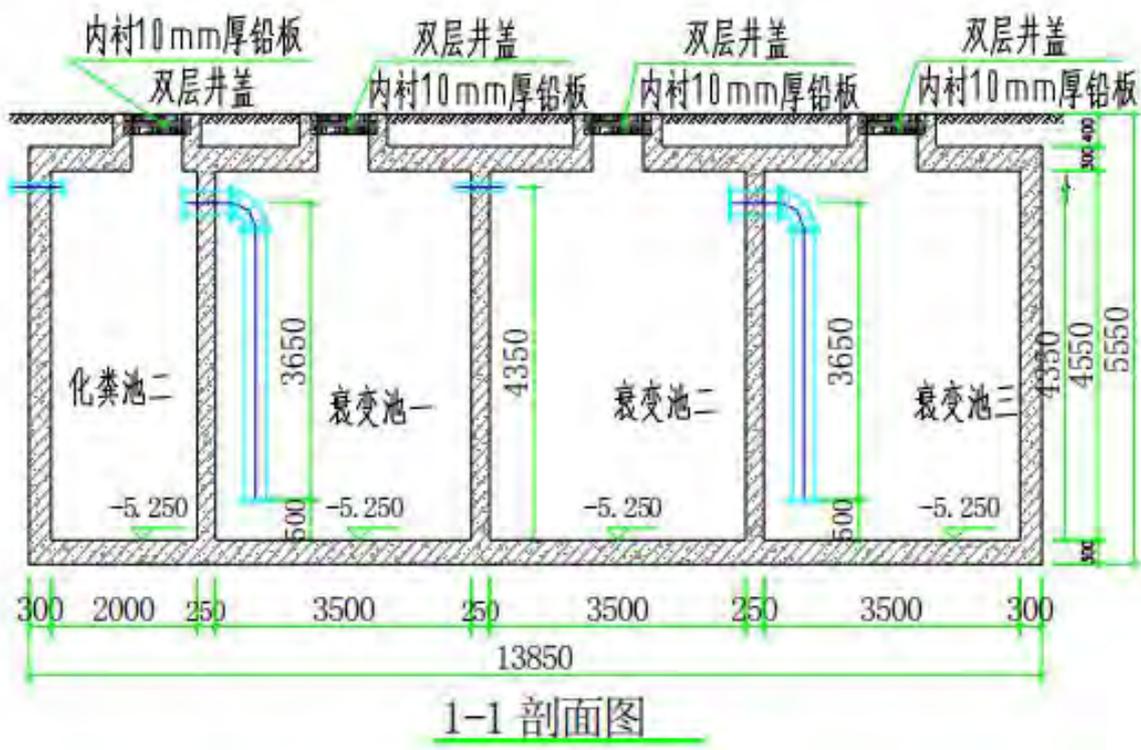
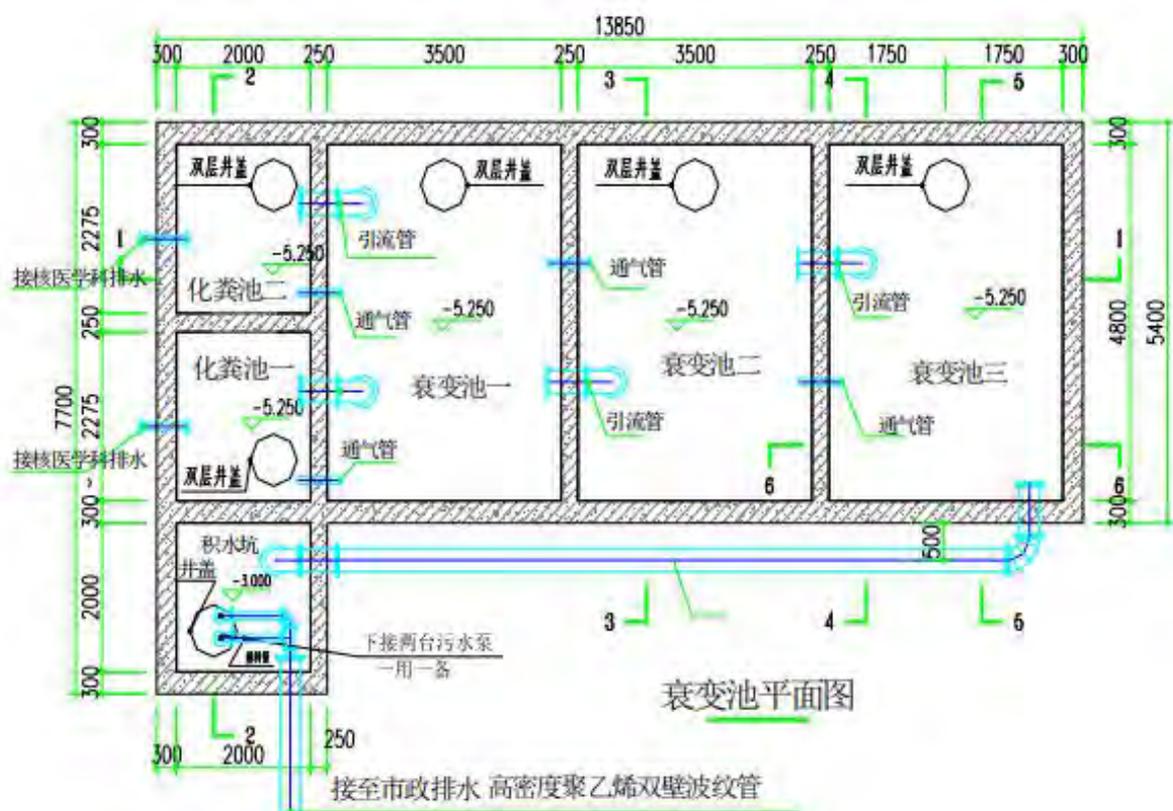


图 4-1 衰变池平面图及剖面图

4.1.4 固体废物

该项目固体废物主要为核医学科患者使用的注射器、棉棒、一次性卫生防护用品、垫料、更换下来的过滤器等物品以及加速器产生废靶。核医学科产生的放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门收集（包装袋标明废物类别、重量（或体积）、所含核素名称、暂存起始日期等信息），按序暂存于专用铅制放射性废物桶内，非工作时间转运至放射性废物间，让放射性物质自行衰变，A类固体废物暂存时间超过30天、B类固体废物暂存时间超过10倍最长半衰期且不少于30天后，使用监测仪器对废物逐袋进行表面巡测，辐射剂量率低于200nSv/h且 α 、 β 表面污染水平分别小于0.08Bq/cm²和0.8Bq/cm²，对废物解控作为一般医疗废物处置。处理工作由受过辐射防护培训的工作人员承担。加速器废靶北京市城市放射性废物管理中心回收。

退役的⁶⁸Ge校准源由北京市城市放射性废物管理中心回收，退役的⁶⁰Co放射源由厂家负责回收至加拿大原产国。

4.2 其他环境保护措施

4.2.1 DSA 的其他保护措施

(1) 医院已为每间 DSA 机房的辐射工作人员配备了 5 套铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅眼镜（铅衣铅当量前 0.5mmPb，后 0.25mmPb，其他均为 0.5mmPb），为患者配备 1 套铅帽、铅围裙、铅围脖（铅当量均为 0.5mmPb）；

(2) 已在每个 DSA 手术床上方设置铅悬挂防护屏、床侧防护帘各 1 件（铅当量均为 0.2mmPb），同时配备 1 面移动铅屏风（铅当量为 2mmPb）；

(3) 已在各手术室患者进出铅防护门处张贴了明显的电离辐射警告标志；

(4) 已在患者进出铅防护门处设置了安全联锁装置，并设置了工作状态指示灯，指示灯上均有“射线有害，灯亮勿入”字样；

(5) 射线装置控制台处均设置了钥匙开关，钥匙由专人保管；

(6) 在每个 DSA 机房和操作间内设置对讲系统；

(7) 已在医生手术位和控制室操作台处设置了紧急停机按钮；

(8) 已对各介入场所实行分区管理，机房内部定为控制区，控制室及机房辅助房间为监督区。

表 4-7 DSA 机房配备的防护用品一览表

机房名称	使用对象	已配备的防护用品	备注
每间 DSA 机房	工作人员	5套铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅眼镜	符合《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的相关要求
	受检者	1套铅帽、铅围裙、铅围脖	
	辅助防护设施	移动铅挡板、床侧防护屏、铅屏风各1个	



导管室 1 DSA



导管室 2 DSA



导管室 3 DSA



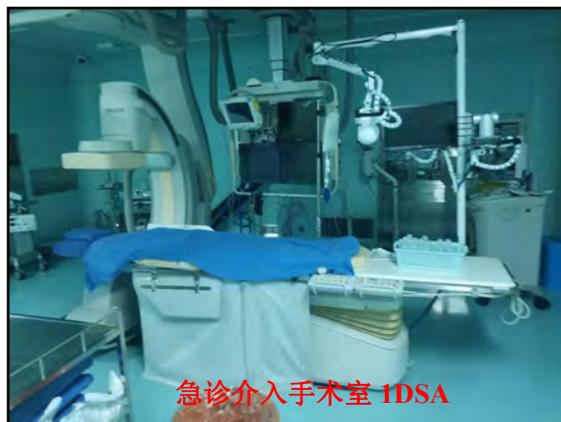
导管室 4 DSA



导管室 5 DSA



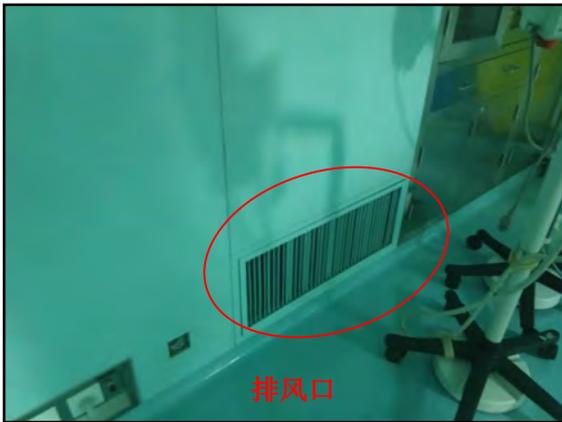
D07 手术室 DSA



急诊介入手术室 1 DSA



干保楼介入手术室 DSA



4.2.2 伽马刀及直线加速器的其他保护措施

①伽马刀

(1) 已设置门机联锁，在机房门没有关闭的情况下，治疗不能进行；在治疗过程中如果机房门被意外打开，则系统立即中断治疗，源自动进入锁定位置；

(2) 已设置钥匙开关，控制台上设置电源钥匙开关；

(3) 已设置治疗联锁，防护门指示传感器、病人治疗床保护挡板安全传感器、伽玛刀及病人就位传感器，当任意传感器不能正常工作，治疗不能启动；

(4) 已在防护门旁安装三色工作状态讯号灯，灯旁张贴“射线有害，灯亮勿入”警示语句；

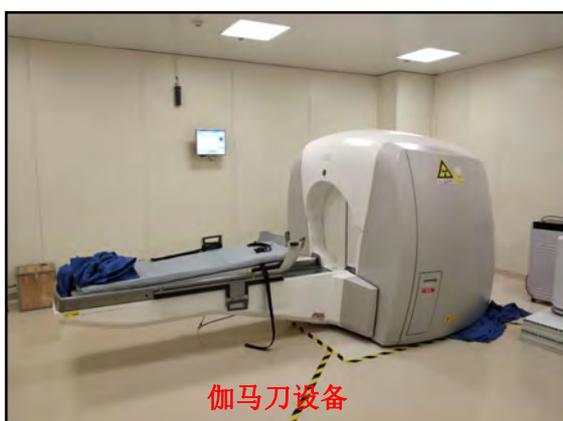
(5) 已在防护门上张贴有效醒目的电离辐射警告标志；

(6) 已在治疗室和控制室之间设置 1 套视频监控装置；

(7) 已在治疗室和控制室之间设置 1 套对讲装置；

(8) 已在治疗室北墙靠近防护门处、控制台及治疗床侧方分别设置 1 个紧急停止放射源照射的应急开关，按下按钮，系统治疗床将紧急制动，源自动进入锁定位置；

(9) 已对伽马刀进行了分区管理，机房内部定为控制区，控制室及机房辅助房间定为监督区。





机房内墙面紧急停机按钮



操作台紧急停机按钮



辐射剂量在线监测报警装置



机房内监控探头



排风装置



制度上墙



铅防护用品



缓冲间

②直线加速器

(1) 警示标志：机房门表面中心贴有电离辐射警告标志；机房门框架上方设置有出束照射状态指示灯；

(2) 防护门“门—机”联锁。防护门为电动推拉门，未关门到位，加速器不能出束照射。加速器出束工作时，防护门不得开启。防护门开关设置于控制室内，仅工作人员可以接触，非工作人员无法开门。出束照射中，防护门意外开启时，加速器自动断束；

(3) 防护门紧急开启：在防护门电动开启故障情况下，将防护门控制设备断电，门轴闸自动松开，可手动推开防护门；

(4) 预防被机房门挤压的装置：防护门门框内设有红外探测器，当有人员或物品经过感应区时，红外线被切断，防护门自动停止动作；

(5) 紧急中断出束的急停按键和按钮：共计 6 个（不含治疗装置上的按键），供意外情况下紧急中断出束使用。其位置分别为：设备机房 3 个、迷路内墙近防护门端 1 个、治疗室墙表面 2 个；

(6) 监控与对讲装置：控制室内设有对讲装置。机房内共设有 4 个摄像头，其位置分别为：迷路终端 1 个、治疗室内迷路内墙 3 个。这些摄像头可将机房门和迷路内的状况、治疗床上的患者状况实时传输到控制室内的监视器屏幕上，操作人员通过监视屏幕图像可观察治疗患者状况，也可判断机房内是否有人员误入或误留；

(7) 固定式剂量率报警仪：治疗机房内安装有固定式辐射剂量监测仪。仪器探头置于机房内，在机房外的控制室读出剂量率，并设有辐射出束的闪光灯及蜂鸣音警示。现场查验表明，警示明显；

(8) 机房内紧邻防护门处设有紧急开门开关，人员误留时可通过该开关开启防护门离开机房；

(9) 加速器治疗机房的控制室内配备有便携式个人剂量报警仪；

(10) 已对直线加速器进行了分区管理，机房内部定为控制区，控制室及机房辅助房间定为监督区。





③核医学科

◆工作场所安全防护:

(1) 在该项目各相关放射工作用房如高活室、注射室、候诊、PET/CT 机房、PET/MR 机房、SPECT/CT 机房等工作场所均设置电离辐射警示标志;

(2) PET/CT 机房、PET/MR 机房、SPECT/CT 机房设置观察窗和对讲装置, 受检者防护门上方设置工作指示灯, 工作状态指示灯与工作人员防护门联动;

(3) 在卫生通过间设置工作人员专用洗手台盆及紧急冲淋装置, 设置患者专用卫生间和工作人员专用卫生间, 并设置放射性废水专用衰变池;

(4) 分装、质控等放射性药物操作在通风柜内进行, 设置注射窗口、注射器防护套、药物转运防护罐、注射防护车等屏蔽体;

(5) 校准源存储室设置双门, 实行双人双锁管理; 并安装入侵报警和视频监控等装置组成的防范系统, 与公安系统联网; 使用时, 由专门保管人员进行监督, 所有操作都在有双人监督管理的情况下进行, 操作完毕后送回存储室, 每次使用均需

要登记记录；

(6) 患者通道、PET 候诊室、SPECT/CT 候诊室、病人恢复间设置语音系统跟患者沟通，尽可能减少工作人员与注射后受检者（患者）的接触，从而降低注射后受检者（患者）对工作人员的照射；

(7) 患者通道专用出入口设置门禁（入口只进不出，出口只出不进）系统（外侧为电动推拉门，设门禁，具有延时关闭功能，内侧是防火门），患者出口门禁由 PET 控制室及 SPECT/CT 控制室工作人员进行控制；

(8) 高活室、放射性废物间、患者通道、病人恢复间等设置安保监控，与远程监控中心联网；PET 注射室、SPECT/CT 注射室、SPECT/CT 候诊室、PET 候诊室、VIP 候诊、SPECT/CT1 室、运动负荷室、PET/CT 机房、PET/MR 机房等区域设置视频监控系统，监控显示器分别设置于 PET 控制室、SPECT/CT 控制室及护士站。

(9) 加强患者显像检查/治疗流程的管理，为受检者/患者配置患者手环，避免放射性药物的施用“张冠李戴”；在给药前候诊区及给药后候诊室配置患者叫号系统；在 PET 控制室、PET 候诊室、SPECT/CT 候诊室及患者通道设置对讲系统，给药后患者卫生间内设置紧急呼叫按钮；

(10) 患者通道设置引导地标，对患者进行引导；

(11) 在校准源存储室、高活室、工作人员通道、患者通道入口防护门外及运动负荷室北侧通道墙壁上设置固定式剂量报警探头，对上述区域的辐射水平进行实时监测，主机设置于主任办公室外通道处墙壁上。

◆核医学表面污染控制与防护：

(1) 工作场所分区管理

该项目按照开展临床核医学项目使用核素的种类及用量，对工作场所进行划分，对于不同区域划为控制区和监督区，并在两区之间设置卫生通过间，卫生通过间内设置更衣、洗手及表面污染监测功能。核医学科工作人员进出放射性工作区域需经卫生通过间进行更衣和去污监测，确定没有受到污染后方可离开。如果发现污染，工作服按照放射性废物处理，皮肤、手部等体表部位污染，需至洗手台或紧急冲淋处

进行清洗、处理，经清洗消除污染后，需再次监测，直至污染达到标准限值以下后方可离开。

(2) 工作场所表面污染防治

为避免放射性污染扩散、渗透，该项目核医学科放射性工作区域墙面、地面、工作台面等采用的表面污染防治材料如下：

①患者通道地面材料为环氧树脂，其它放射性工作场所地面材料为 PVC 板，墙面与地面连接处采用弧度处理，沿墙面翻转向上约 10cm；

②通风柜内的操作台面材料均为不锈钢材料；

③高活室及注射室内的工作台面材料采用 PVC 板等易清洗、不宜渗透材料；

④设置工作人员及患者专用卫生间，卫生通过间和给药后病人卫生间洗手池均为感应式水龙头；

⑤所有涉及放射性核素操作的操作均在铺衬有吸水纸的托盘内进行。

(3) 工作人员的防护措施

工作人员更换服装，穿戴工作衣、防护口罩、胶质手套及相应个人防护用品后进入放射工作场所。工作人员离开放射工作场所前，对手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染后离开，进入非放射工作场所。

(4) 对受检者/患者的防护

受检者/患者根据预约按时来院，在注射室接受给药，到指定地点候诊、检查或直接离开，禁止随意走动，并在专用卫生间如厕。受检者/患者检查/治疗完毕由专门出口处离开，以减少对其他人员的影响。



SPECT/CT



警示灯及警示标志



SPECT/CT 机房排风装置



SPECT/CT 机房对讲装置及急停按钮



PET/CT



PET/CT 对讲装置及急停按钮



患者通道对讲装置



PET/CT 排风装置



4.3 本项目现状与环评报告表建议验收内容的对比情况

本项目现状与《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表》的建议验收内容对比结果见下表 4-8。

表 4-8 天坛医院辐射防护管理现状与环评报告验收内容的对照结果

《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表》的建议验收内容		本项目现状	落实情况
剂量管理约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》要求和环评报告建议，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a	公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a，核医学科药物注射给人员、介入治疗工作人员的剂量约束值执行 5mSv/a，其他辐射工作人员（含药物制备、诊断和治疗场所）年剂量约束值执行 2mSv/a	已落实
工作场所周围环境剂量率水平	人员不常居留场所的附加剂量率不超过 10 μ Sv/h，人员常居留场所的附加剂量率周围不超过 2.5 μ Sv/h	根据项目竣工验收检测报告可知，各辐射工作场所的屏蔽效果能满足要求	已落实
工作场所放射性表面污染控制要求	控制区（核素制备、操作场所、接受药物注射的患者候诊室及走廊、PET 扫描室、SPECT 扫描室等）工作台、设备、墙壁和地面 β 放射性物质 $\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。监督区（扫描设备控制间、回旋加速器操作间）工作台、设备、墙壁和地面 β 放射性物质 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$	控制区（核素制备、操作场所、接受药物注射的患者候诊室及走廊、PET 扫描室、SPECT 扫描室等）工作台、设备、墙壁和地面 β 放射性物质 $\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。监督区（扫描设备控制间、回旋加速器操作间）工作台、设备、墙壁和地面 β 放射性物质 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$	已落实
电离辐射警示标志及中文警示	在含源设备、射线装置机房门口以及核医学科出入口、高活室、扫描机房、病人候诊室外设置放射性警告标识和中文警示说明。在加速器机房、X 线诊断装置机房和伽玛刀门外设置工作状态指示灯	已在辐射工作场所的相关位置设置了放射警示标志及中文警示说明，机房门外设置了工作状态指示灯	已落实
布局和屏蔽设计	射线装置工作场所、核素诊疗工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。屏蔽墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。机房通风换气设施运转正常，通风能力满足设计要求	各辐射场所建设地点与环评阶段一致，屏蔽体防护能力可达到环评要求，各辐射场所的通风能力满足要求	已落实
辐射安全设施	加速器机房、伽玛刀机房设有门机连锁系统，防护门内安装紧急开门按键、机房内和控制台的紧急停束按键。同位素操作场所建筑实体安全设施可靠，安装电视监控探头和防盗报警装置。伽玛刀具有可靠的自屏蔽、安全防护措施，泄漏辐射剂量率满足技术标准要求；伽玛刀安全保卫措施可靠，有安全门、电子防盗报警、视频监控设施	医院已于各辐射场所适当位置安装了门机（灯）连锁、门控制开关、紧急停机按钮、剂量率监控、视频监控装置，在核医学科、伽玛刀、回旋加速器等地方配备了固定式 X- γ 剂量率监测报警仪和个人剂量报警仪。	已落实

续表 4-8 天坛医院辐射防护管理现状与环评报告验收内容的对照结果

《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表》的建议验收内容		本项目现状	落实情况
辐射环境监测	有监测制度、监督检查制度、监测记录。回旋加速器机房、直线加速器治疗室和 PET 药物合成操作场所安装固定式辐射剂量率监测设备。配备 4 台便携式剂量率检测（报警）仪，2 台放射性表面污染检测仪。新增放射工作人员均配备个人剂量计	在核医学科、伽马刀、直线加速器等地方配备了固定式 X-γ剂量率监测报警仪和个人剂量报警仪。医院共配备了 12 台个人剂量报警仪、4 台多功能数字核辐射仪、7 台手持式多功能沾污剂量仪及 3 台固定式剂量监测仪	已落实
“三废”处置设施	核医学科配置满足需要的放射性废物贮存设施，配备具防辐射废物桶；建设容积为 200m ³ 的放射性废水衰变池；回旋加速器机房和放射性物质操作房间及操作柜安装通风设施，排风经过二级净化装置处理后引至门医技楼顶部高处（29m）排放；通风厨及排风口设置满足 GB18871 和《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）要求。加速器机房建设独立通风系统，换气次数满足辐射安全需要。	在核医学科设置了放射性废物暂存间，配置了铅防护废物桶，已建设有效容积为 200m ³ 的推流式三级放射性废水衰变系统。医院于显像检查中心高活室设置专用通风柜，分装、质控等放射性药物操作在通风柜内进行；通风柜采取独立的排风装置，将室内空气经单独通风管道由风机抽吸至楼顶排出，并设置活性炭过滤装置。经检测，通风柜通风速率分别为 2.00m/s 和 1.33m/s，符合要求。加速器机房每小时换气通风量可达 8 次	已落实
规章制度	辐射安全管理制度和操作规程满足管理要求，且得到落实和宣贯。	已制定了操作规程、辐射事故应急预案等各项辐射安全与防护管理制度，可满足管理要求	已落实
人员培训	放射工作人员均参加环保部门认可的培训	已组织所有辐射工作人员参加了辐射防护与安全知识培训，并取得了培训证书，每四年安排进行了复训	已落实
应急预案	针对使用直线加速器和放射性同位素可能存在的风险，建立有针对性的应急预案。落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练	已建立《辐射事故（件）应急管理制度》，列出了可能发生的辐射事故，并对事故发生后的处理流程及应急保障等提出了明确规定	已落实

4.4 本项目现状与环评批复文件的符合情况

本项目现状与环评批复的要求进行了对比，落实情况见下表 4-9。

表 4-9 本项目现状与环评审批文件要求的执行情况

环评批复文件的要求	本项目现状	落实情况
公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a，核医学科药物注射给人员、介入治疗工作人员的剂量约束值执行 5mSv/a，其他辐射工作人员（含药物制备、诊断和治疗场所）年剂量约束值执行 2mSv/a	医院各辐射场所工作人员及场所周边人员已按批复要求规定了年有效剂量的限值及约束值	已落实
所有射线装置使用场所和放射性同位素制备、分装、标记、注射、诊断、治疗、储存场所须满足屏蔽防护要求，屏蔽结构外 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。	根据项目竣工验收检测报告可知，各辐射工作场所的屏蔽效果能满足批复要求	已落实
接受 ^{131}I 治疗的患者，其体内的放射性活度降至低于 400MBq 方可出院。患者被服和个人用品的放射性污染符合 100Bq/g 的清洁解控水平，方可再清洗使用，工作场所和人员用品应满足放射性表面污染控制水平要求。	目前医院核素治疗中心还未竣工	待落实
放射性废水衰变池宜采取间歇式，总体积不小于 200m ³ 。每次排放前需进行监测，确保排放口排水总 β 排放限值不大于 10Bq/L，每次排放的活度不超过 1AL/min，每月排放的活度不超过 10AL/min。	已建设有效容积为 200m ³ 的推流式三级放射性废水衰变系统。医院核医学科目前产生的放射性废水量很少，尚未排放，后期每次废水排放前均需进行监测，并按照一次不超过 1AL/min，一个月内累计不超过 10AL/min 值的要求进行废水排放	已落实
核医学科产生的短寿命放射性固体废物分类收集、暂存于专用废物间，经监测符合清洁解控要求后方可作为医疗废物处置。加速器废靶和活化靶膜等，暂存后送北京市城市放射性废物库	放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门收集（包装袋标明废物类别、重量（或体积）、所含核素名称、暂存起始日期等信息），按序暂存于专用铅制放射性污物桶内，非工作时间转运至放射性废物间，让放射性物质自行衰变，A 类固体废物暂存时间超过 30 天、B 类固体废物暂存时间超过 10 倍最长半衰期且不少于 30 天后，使用监测仪器对废物逐袋进行表面巡测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且 α 、 β 表面污染水平分别小于 0.08Bq/cm ² 和 0.8Bq/cm ² ，对废物解控作为医疗废物处置。加速器废靶和活化靶膜等固体废物暂存后送北京市城市放射性废物库	已落实
标记、分装和操作放射性药物应在专用热室或通风橱内进行，产生的放射性废气应有组织排入独立的排风管道，经活性炭或高效过滤装置过滤后高于建筑屋脊排放，排出空气浓度不超过有关法规标准规定的限值	医院于显像检查中心高活室设置专用通风柜，分装、质控等放射性药物操作在通风柜内进行；通风柜采取独立的排风装置，将室内空气经单独通风管道由风机抽吸至楼顶排出，并设置活性炭过滤装置。经检测，通风柜通风速率分别为 2.00m/s 和 1.33m/s，符合要求。	已落实

续表 4-9 本项目现状与环评审批文件要求的执行情况

环评批复文件的要求	本项目现状	落实情况
<p>你单位须对所有辐射工作场所实行控制区、监督区管理，在主要位置设置明显的放射性标志，中文警示说明和出束工作状态指示。按照法规标准及环评文件要求配置门机（灯）连锁、门控制开关、紧急停机按钮、剂量率监控、避免工作人员和公众受到意外照射。在伽马刀、回旋加速器、直线加速器的机房以及 PET 药物合成、分装操作区，治疗病房楼道内等配备固定式 X-γ剂量率监测报警仪和个人剂量报警仪，在所有非密封放射性同位素场所配备表面污染监测仪</p>	<p>医院已对各辐射场所进行分区管理，已于各辐射场所适当位置安装了门机（灯）连锁、门控制开关、紧急停机按钮、剂量率监控，在核医学科、伽马刀、回旋加速器等地方配备了固定式 X-γ剂量率监测报警仪和个人剂量报警仪。医院共配备了 12 台个人剂量报警仪、4 台多功能数字核辐射仪、7 台手持式多功能沾污剂量仪及 3 台固定式剂量监测仪。</p>	<p>已落实</p>
<p>你单位须完善新建项目辐射安全管理规章制度体系。放疗科、核医学科和放射性的全部工作人员须参加辐射安全与防护培训，进行个人剂量监测，明确增配个人剂量报警仪数量。规范编写、按时上报年度评估报告，落实辐射安全责任制</p>	<p>医院全部辐射工作人员已参加辐射安全与防护知识培训，且已取得培训合格证书。辐射工作人员均已配备个人剂量计，并每两年参加一次职业健康体检，已经按要求每年提交了年度评估报告。</p>	<p>已落实</p>
<p>你单位应严格按照环评报告和本批复有关辐射安全防护和环境保护措施要求实施项目建设，对已经实施并满足人员配置、场所辐射安全防护设施等试运行条件的项目内容，可分期分批办理辐射安全许可证相关手续。办理辐射安全许可证的项目方可投入试运行，试运行后三个月内须办理环保验收手续，经验收合格后方可正式投入使用。你单位还须统筹安排及时办理天坛西里 6 号原有核技术利用的环保验收手续和辐射工作场所退役手续</p>	<p>医院已于 2019 年 8 月 6 日取得了辐射安全许可证，证号为京环辐证[G0318]，将按要求于 2020 年 1 月 31 日前提交 2019 年年度评估报告</p>	<p>落实中</p>

5.环境影响评价回顾

5.1 项目简介（项目批复文号京环审[2016]150号）

2016年7月，天坛医院委托中国人民解放军军事医学科学院编制完成了《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表》，主要内容归纳总结如下：

5.1.1 项目概况

项目名称：首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目

项目地点：北京市丰台区南四环西路119号

项目性质：新建

项目规模：新建使用13台DSA、2台直线加速器、1台赛博刀、1台伽马刀及1个核医学科场所。

5.1.2 监测计划要求

医院应定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行检测，检测结果每年年底向生态环境主管部门上报备案。

检测频率：每年检测一次。

检测范围：辐射工作场所周边敏感点。

检测项目：X辐射空气吸收剂量率、 γ 辐射空气吸收剂量率、 β 表面污染。

5.1.3 辐射监测结果

评价单位委托中国人民解放军军事医学科学院生物医学分析中心对项目地环境 γ 辐射水平进行了检测。由监测结果可知天坛医院辐射背景水平在 $(9.59 \times 10^{-8} \sim 9.94 \times 10^{-8})$ Gy/h之间，属于当地辐射本底水平。

5.1.4 环境影响分析

通过剂量预测可知，天坛医院各辐射工作场所的辐射工作人员及周边公众最大

受照年有效剂量满足环评项目所取辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv 及公众人员 0.1mSv 的要求。

5.1.5 环评结论

(1) 实践的正当性：本项目使用的含源设备、射线装置，以及使用放射性同位素的诊疗手段，均是成熟的、常用的医疗手段，其使用过程中获得的利益远大于辐射效应可能造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

(2) 选址、布局的合理性：本项目放射工作场所全部设在该院工作区医疗建筑内。项目地环境 γ 辐射监测结果与北京市环境天然放射性水平一致，为正常本底水平。门诊放射科设在医技楼地下一层。核医学科诊断场所、药物制备场所和碘病人均设在综合门诊楼地下一层。放射治疗工作场所也设在综合门诊楼地下一层，其它射线装置机房布置于使用科室工作区。放射工作场所布置充分考虑了保护工作人员和公众，避免受到不必要的照射，以及患者就诊和临床应用的便利性。其场址选择、建筑结构和布局设计基本合理，控制区和监督区划分明确，基本满足放射工作场所安全使用的要求。

(3) 辐射防护措施评价：根据项目放射工作场所设计文件和辐射安全防护技术措施分析可知，操作放射性物质场所和射线装置机房建筑的辐射屏蔽能力满足辐射防护安全要求。放射工作区布局、工作流程和辐射安全设施、防护器材配置计划符合辐射安全管理要求。

(4) 保护目标剂量评价：辐射影响预测表明，预测数值能够满足 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、GBZ130—2013《医用 X 射线诊断放射防护要求》中受照剂量限值、剂量当量率控制目标值和本项目目标管理限值。

(5) 三废处理：使用 X 线诊断装置过程不会产生放射性废水、废气和固体放射性废物。直线加速器最大能量 10MV，不考虑中子所致部件活化和感生放射性问题。回旋加速器机房运行时机房内空气也会产生气体活化，但产生量很小，经过二级过滤净化后，引至综合门诊楼楼顶高处排放，对周围环境的影响轻微。加速器运行时一些部件因核反应而活化。加速器循环水系统中使用的离子交换树脂，使用一定期

限后含有感生放射性物质。设备维修更换的活化部件和废弃树脂将送交北京市放射性废物库收贮妥善处置。

制备放射性药物和核素显像检查过程放射性“三废”产生及排放。核医学科投入使用后，操作非密封放射性物质工作场所会产生含放射性废水、废气和固体废物。预计每年排放放射性废水总量约 270m³。放射性废水经过暂存衰变后，废水中 I-131 浓度约为 5.2Bq/L，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》导出的核素排放限值要求，并且符合《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）排放要求。项目运行产生放射性物质沾染的医疗废物约 1200kg/a。放射性沾染废弃物分类收集暂存衰变，待符合清洁解控要求后按照医疗废物管理要求处理。PET 设备校验源废源送交城市放射性废物库。放射性气体过滤装置更换的滤材，将送交北京市放射性废物库收贮妥善处置。工作区产生的放射性废气所含放射性核素以 ¹⁸F 为主，经过二级过滤净化后，引至楼顶约 29m 高处稀释排放。预计含放射性核素气溶胶扩散至公众停留区域时 ¹⁸F 浓度不超过 3.4Bq/m³，远低于到处空气浓度限值。

（6）放射工作人员培训及安全管理：本项目放射性工作场所门口贴有电离辐射警告标志和安设有醒目的工作指示灯。放射性工作人员配备个人剂量计并建立个人剂量档案。每 2 年进行放射工作人员体检，并为放射工作人员建立人员职业健康档案。天坛医院辐射安全措施能够满足当前的管理要求。

5.1.6 生态环境主管部门批复

原北京市环境保护局对《首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目环境影响报告表》提出审批要求如下：

（1）公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a，核医学科药物注射给人员、介入治疗工作人员的剂量约束值执行 5mSv/a，其他辐射工作人员（含药物制备、诊断和治疗场所）年剂量约束值执行 2mSv/a。

（2）所有射线装置使用场所和放射性同位素制备、分装、标记、注射、诊断、治疗、储存场所须满足屏蔽防护要求，屏蔽结构外 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5μSv/h。

(3) 接受 ^{131}I 治疗的患者，其体内的放射性活度降至低于 400MBq 方可出院。患者被服和个人用品的放射性污染符合 100Bq/g 的清洁解控水平，方可再清洗使用，工作场所和人员用品应满足放射性表面污染控制水平要求。

(4) 放射性废水衰变池宜采取间歇式，总体积不小于 200m³。每次排放前需进行监测，确保排放口排水总 β 排放限值不大于 10Bq/L，每次排放的活度不超过 1ALI/min，每月排放的活度不超过 10ALI/min。

(5) 核医学科产生的短寿命放射性固体废物分类收集、暂存于专用废物间，经监测符合清洁解控要求后方可作为医疗废物处置。加速器废靶和活化靶膜等，暂存后送北京市城市放射性废物库。

(6) 标记、分装和操作放射性药物应在专用热室或通风橱内进行，产生的放射性废气应有组织排入独立的排风管道，经活性炭或高效过滤装置过滤后高于建筑屋脊排放，排出空气浓度不超过有关法规标准规定的限值。

(7) 你单位须对所有辐射工作场所实行控制区、监督区管理，在主要位置设置明显的放射性标志，中文警示说明和出束工作状态指示。按照法规标准及环评文件要求配置门机（灯）连锁、门控制开关、紧急停机按钮、剂量率监控、避免工作人员和公众受到意外照射。在伽马刀、回旋加速器、直线加速器的机房以及 PET 药物合成、分装操作区，治疗病房楼道内等配备固定式 X- γ 剂量率监测报警仪和个人剂量报警仪，在所有非密封放射性同位素场所配备表面污染监测仪。

(8) 你单位须完善新建项目辐射安全管理规章制度体系。放疗科、核医学科和放射性的全部工作人员须参加辐射安全与防护培训，进行个人剂量监测，明确增配个人剂量报警仪数量。规范编写、按时上报年度评估报告，落实辐射安全责任制。

(9) 你单位应严格按照环评报告和本批复有关辐射安全防护和环境保护措施要求实施项目建设，对已经实施并满足人员配置、场所辐射安全防护设施等试运行条件的项目内容，可分期分批办理辐射安全许可证相关手续。办理辐射安全许可证的项目方可投入试运行，试运行后三个月内须办理环保验收手续，经验收合格后方可正式投入使用。你单位还须统筹安排及时办理天坛西里 6 号原有核技术利用的环保验收手续和辐射工作场所退役手续。

6.验收执行标准

6.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本项目引用条款节选如下：

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

（1）剂量限值的确定

根据附录 B 中的规定：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），
20mSv；

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

根据辐射防护最优化原则，应尽量降低人员受照剂量。本项目对核医学科药物注射给人员、介入治疗工作人员取年有效剂量限值的 1/4 为年有效剂量约束值，即 5mSv；对其他辐射工作人员（含药物制备、诊断和治疗场所）取年有效剂量限值的 1/10 为年有效剂量约束值即 2mSv；对公众人员取年有效剂量限值的 1/10 作为年有效剂量约束值，即 0.1mSv。

（2）表面污染控制水平

根据附录 B 中的规定：

B2.1 工作场所表面污染控制水平，见表 6-1 所示：

表 6-1 辐射工作场所表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

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	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
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				

6.2 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）

本项目引用条款节选如下：

本标准适用于医用诊断放射学、牙科放射学和介入放射学的实践。

4.7 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求。

4.7.1 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视限时装置。

4.7.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

4.7.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20 cm 的装置。

4.7.5 X 射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，按附录 B 中 B.1.2 的要求，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400μGy/h（按附录 C 图 C.3 的要求）。

5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

5.1 X 射线设备机房（照射室）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。

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 6-5 要求。

b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

表 6-2 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
介入 X 射线设备机房	2	2

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求（其检测方法按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 6-6 基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.25mmPb ；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb 。

表 6-3 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		患者和受检者	
	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、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、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、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—

6 医用 X 射线诊断防护安全操作

6.1 医用 X 射线诊断防护安全操作一般要求

6.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律培训，满足放射工作人员岗位要求。

6.1.2 根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。

6.1.3 按 GB16348 和 GBZ179 中有关医疗照射指导水平的要求，合理选择各种操作参数，在满足医疗诊断的条件下，应确保在达到预期诊断目标时，患者和受检者所受到的照射剂量最低。

6.1.4 尽量不使用普通荧光屏透视，使用中应避免卧位透视；健康体检不得使用直接荧光屏透视。

6.1.5 X 射线机曝光时，应关闭与机房相通的门。

6.1.6 所有放射工作人员应接受个人剂量监测，并符合 GBZ128 的规定。

6.1.7 对示教病例不应随意增加曝光时间和曝光次数。

6.1.8 不应用加大摄影曝光条件的方法，提高胶片已过期或疲乏套药的显影效果。

6.7 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护安全操作要求。

6.7.1 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确记录受检者受照剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后患者受照剂量记录在病历中。

6.7.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

6.3 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）

本项目引用条款节选如下：

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子加速器的生产和使用。

6 治疗室防护和安全操作要求

6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合GB18871的要求，保障职业场所和周围环境安全。

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙(包括天棚)按初级辐封屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合GBZ/ T201.1的要求。

6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外30cm处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X射线能量超过10MV的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m^2 。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

6.1.9 相关位置(例如治疗室人口处上方等)应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于4次/h。

6.4 《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ 168-2005）

本项目引用条款节选如下：

本标准适用于头部 γ -刀与X-刀治疗的实施和放射防护与安全管理及检测。

6.1 γ -刀或X-刀治疗室应独立建筑或设置在建筑物底层的一端，面积应不小于 30m^2 ，层高不低于3.5m。

6.2 治疗室建筑应有满足防护要求的屏蔽厚度，保证在距治疗室墙体外30cm可达界面处停留的医务人员（不含放射工作人员）或其他公众人员所收到的平均年有效剂量不超过 1mSv ，该处因透射产生的空气比释动能率一般应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

6.3 控制室操作台与防护门至少应有两种以上安全连锁装置。治疗室内应安装能紧急终止照射的应急开关。入口处应设置显示治疗源工作状态的讯号灯。

6.4 控制室与治疗室应设有观察患者状态的影像监控装置和与患者交谈的对讲装置。

6.5 γ -刀治疗室应配置固定式剂量监测报警装置。

6.6 治疗室内应有良好的通风，机械通风换气次数一般为每小时 3~4 次。

6.5 放射性废水排放标准

(1) 水污染物排放标准

《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)适用于医疗机构污水排放的控制，医疗机构建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工验收及验收后的排放管理。天坛医院衰变池排放口总 β 排放限值执行该标准：10Bq/L。

(2) 放射性核素排放限值

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》的第 8.6.2 款规定，不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录。本项目衰变池废水排放执行该标准，排放活度要求如下：

a) 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$ (ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 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 $1ALI_{min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。核医学科放射性废水的具体数值见表 6-4。

表 6-4 废水中放射性核素排放导出限值

核素名称	月排放限值(Bq)	一次排放限值(Bq)
^{18}F	4.1×10^9	4.1×10^8
^{99m}Tc	9.1×10^9	9.1×10^8

注：表中的排放导出限值根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》数值导出。

(3) 低放废液排放要求

放射性废水排放前，医院将委托有监测资质单位对放射性废水进行监测，若满足（1）和（2）的要求，则向北京市环保局提交排放申请，审批同意后，将放射性废液直接排入流量大于 10 倍排放量的普通下水道，并每次排放后用不少于 3 倍排放量的水冲洗。

6.6 放射性固体废物管理

本项目使用的非密封放射性物质，半衰期均较短，可以将放射性废物收集暂存，待衰变时间超过所含半衰期最长核素的 10 个半衰期后，委托有资质单位进行辐射水平监测，如果符合清洁解控水平，再按医疗废物环境管理要求委托有资质的公司收运进行无害化处理。

6.7 放射性废气排放管理

《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）第 4.5 款要求，合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般不小于 1m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限制。

6.8 验收标准限值要求

根据以上标准并结合北京市生态环境局的管理要求，本项目采用的相关标准限值及要求如下表 6-5。

表 6-5 验收标准一览表

项目	环评控制值	验收控制值
年有效剂量限值	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 辐射工作人员: 20mSv/a, 公众人员 1mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 辐射工作人员: 20mSv/a, 公众人员 1mSv/a
年有效剂量约束值	核医学科药物注射给人员、介入治疗辐射工作人员: 5mSv/a, 其他辐射工作人员 2mSv/a, 公众人员 0.1mSv/a	核医学科药物注射给人员、介入治疗辐射工作人员: 5mSv/a, 其他辐射工作人员 2mSv/a, 公众人员 0.1mSv/a
介入机房屏蔽能力	《医用 X 射线诊断放射防护要求》 (GBZ130-2013) 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处, 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求: 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时, 周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h。 在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400 μ Gy/h。	《医用 X 射线诊断放射防护要求》 (GBZ130-2013) 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处, 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求: 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时, 周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h。 在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400 μ Gy/h。
直线加速器机房屏蔽能力	《电子加速器放射治疗放射防护要求》 (GBZ126-2011) 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。	《电子加速器放射治疗放射防护要求》 (GBZ126-2011) 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。
伽马刀机房屏蔽能力	《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005) 治疗室建筑应有满足防护要求的屏蔽厚度, 保证在距治疗室墙体外 30cm 处因透射产生的空气比释动能率一般应不大于 2.5 μ Gy/h。	《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005) 治疗室建筑应有满足防护要求的屏蔽厚度, 保证在距治疗室墙体外 30cm 处因透射产生的空气比释动能率一般应不大于 2.5 μ Gy/h。
表面污染控制水平	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 工作台、设备、墙壁、地面: 控制区 40Bq/cm ² , 监督区 4Bq/cm ² ; 工作服、手套、工作鞋 4Bq/cm ² ; 其他 0.4Bq/cm ²	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 工作台、设备、墙壁、地面: 控制区 40Bq/cm ² , 监督区 4Bq/cm ² ; 工作服、手套、工作鞋 4Bq/cm ² ; 其他 0.4Bq/cm ²

7.验收监测内容

为掌握本项目辐射工作场所及周围环境的辐射水平，2019年9月20日~2019年9月22日及2019年11月15日，武汉网绿环境技术咨询有限公司对天坛医院直线加速器机房、伽马刀机房、医技楼3楼介入中心导管室1~5、D07手术室、急诊3楼介入手术室1、干保楼4楼介入手术室及周围环境进行了X- γ 辐射剂量率检测，对核医学科场所进行了 γ 辐射剂量率检测及 β 表面污染进行了检测。

7.1 辐射监测

本次现场检测期间，天坛医院各辐射工作场的各种设备运行正常、稳定，各项环保治理设施处于正常运行状态，检测工况均采用正常运行工况。本次检测内容见表7-1。

表7-1 检测内容一览表

监测日期	监测因子	机房名称	点位名称
2019年9月20日 2019年9月21日 2019年9月22日 2019年11月15日	X- γ 辐射剂量率、 γ 辐射剂量率、 β 表面污染	各辐射工作场所	介入 DSA 机房： 机房内透视防护区测试平面，机房外各侧墙体表面 30cm 处、铅防护门表面 30cm 处、操作位及周边环境保护目标处。 直线加速器： 机房外各侧墙体表面 30cm 处、铅防护门表面 30cm 处、操作位及周边环境保护目标处。 伽马刀： 闭源状态下，设备表面 5cm 及 60cm 处；开源状态下，机房外各侧墙体表面 30cm 处、铅防护门表面 30cm 处、操作位及周边环境保护目标处。 核医学科： 场所内可能存在污染的桌面、墙面、地面、卫生间、垃圾桶等地方布置 β 表面污染检测点，在各屏蔽体外布置 γ 辐射剂量率检测点。

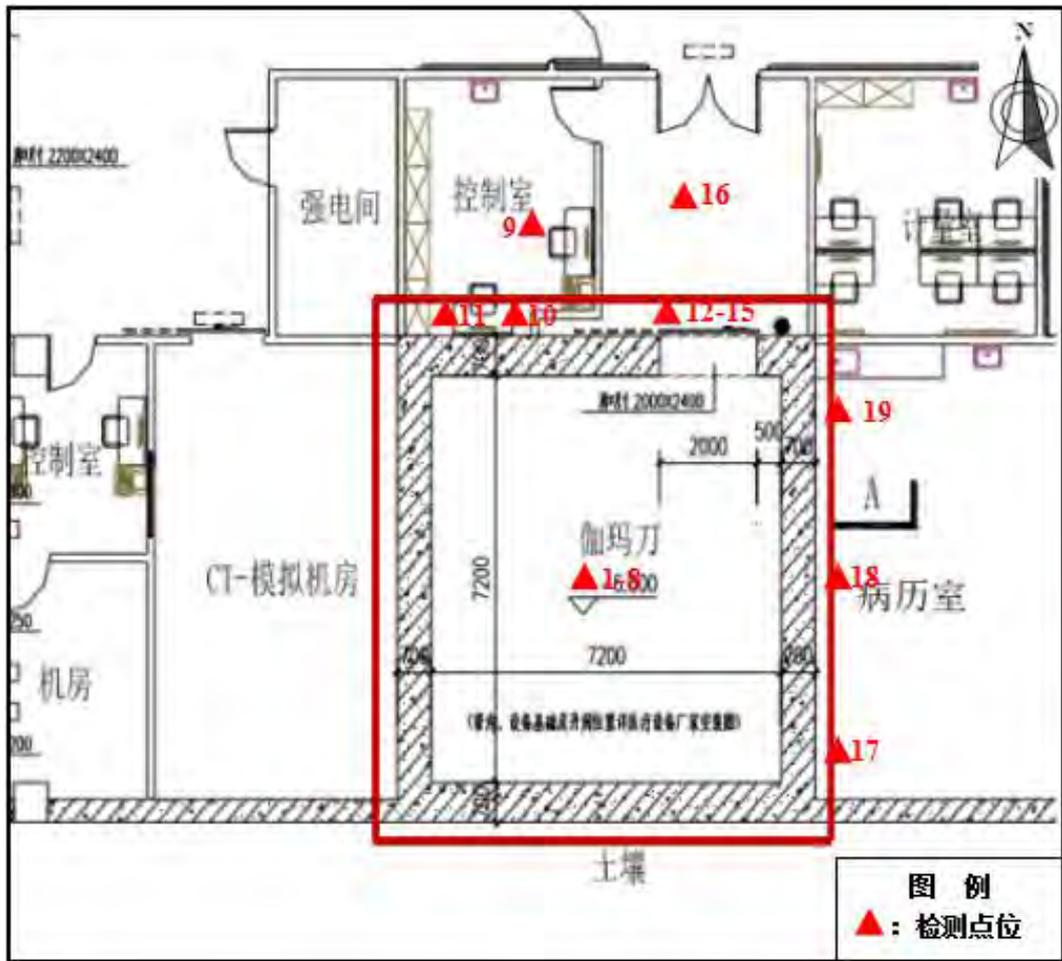


图 7-1 门诊服务中心 B1 伽马刀机房防护效果检测点位示意图



图 7-2 门诊服务中心 B1 直线加速器机房防护效果检测点位示意图

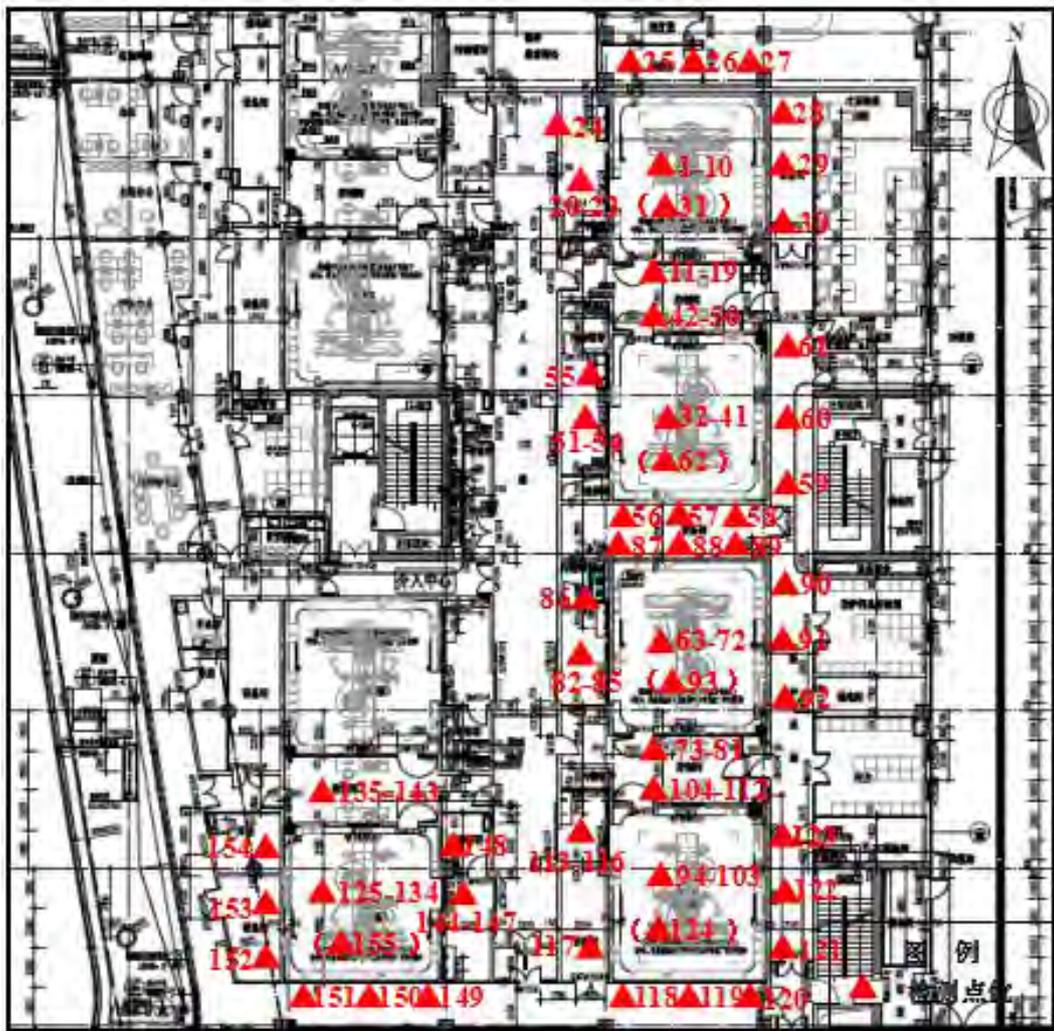


图 7-3 医技楼 F3 介入中心防护效果检测点位示意图

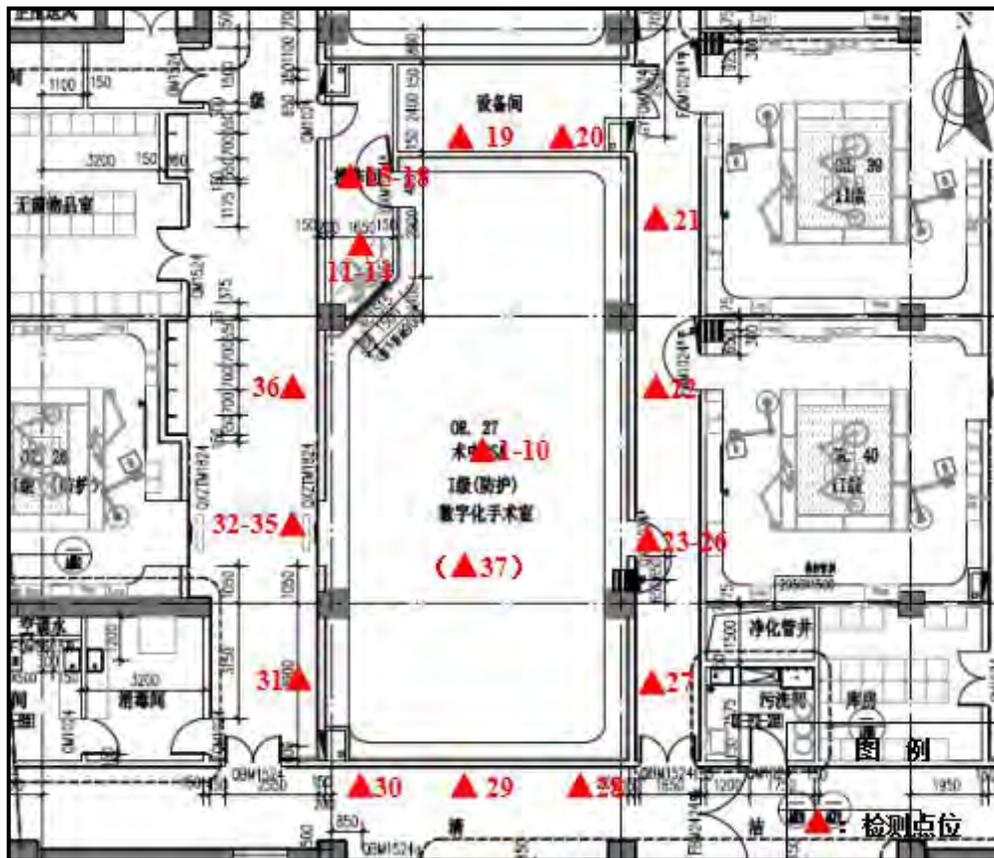


图 7-4 医技楼 F3 导管手术部 D07 手术室防护效果检测点位示意图

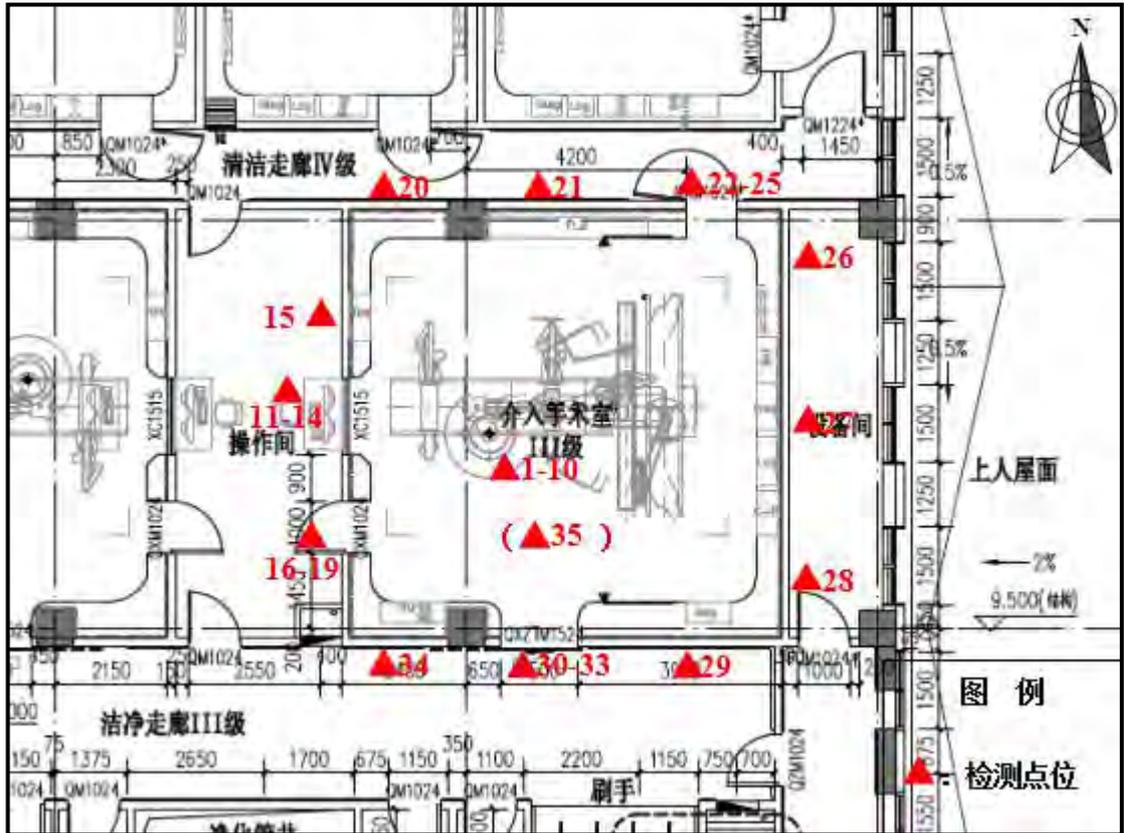


图 7-5 急诊楼 F3 介入手术室 1 防护效果检测点位示意图

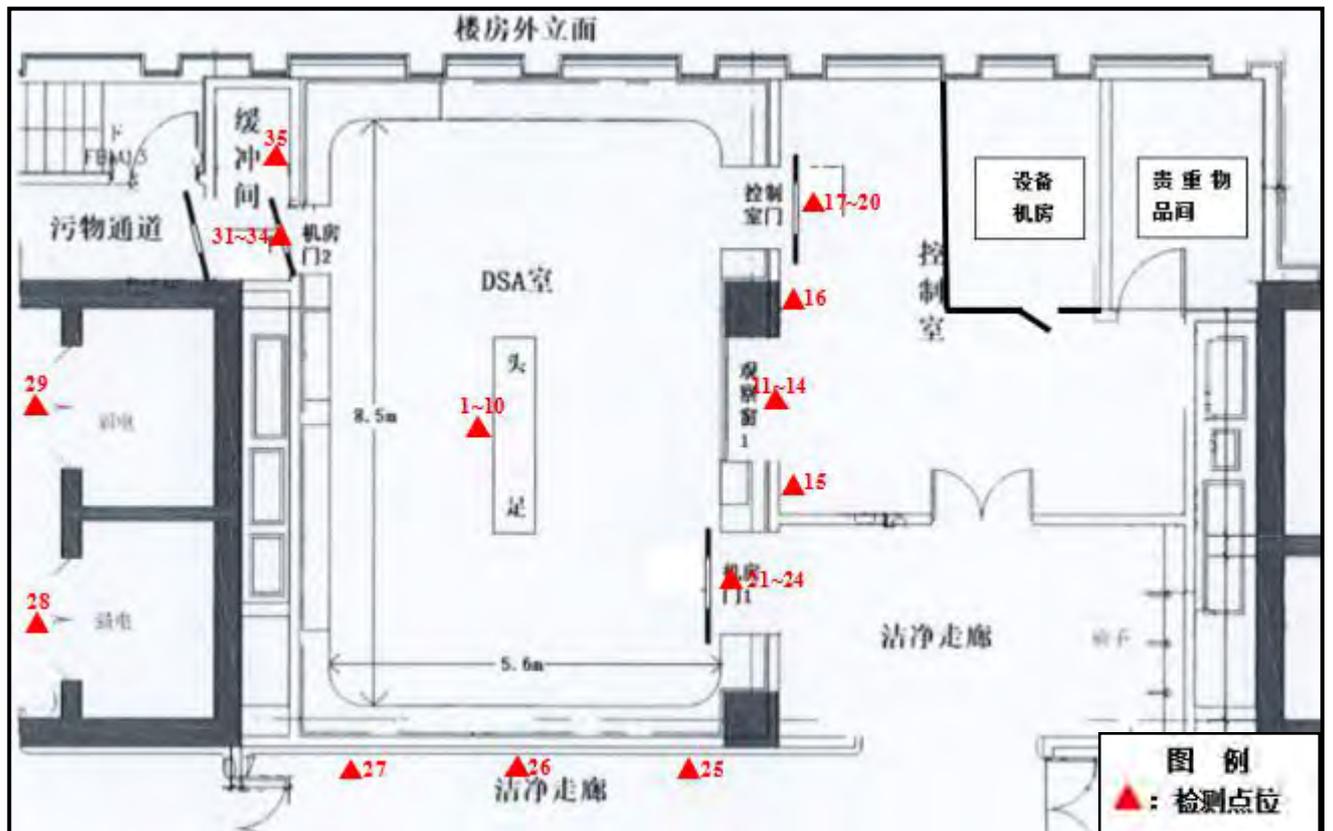


图 7-6 干保楼 F4 介入手术室防护效果检测点位示意图



图 7-7 使用 ^{18}F 药物工作场所辐射检测点位示意图



图 7-8 使用 ^{99m}Tc 药物工作场所辐射检测点位示意图



图 7-9 核医学科工作场所β辐射检测点位示意图

7.2 环境质量监测

结合本项目的现状及周边环境状况，本次的辐射环境验收调查范围为：各辐射工作场所屏蔽体外 50m 的范围。根据该医院实际情况确定本项目的环境质量监测点位见图 7-10。



图 7-10 天坛医院周边辐射环境检测点位示意图

8.质量保证和质量控制

8.1 监测分析方法

按照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）和《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93），用 X- γ 剂量率仪直接测量点位上辐射吸收剂量率瞬时值，用 α 、 β 表面污染测量仪测量点位上 β 表面沾污。

8.2 监测仪器

表 8-1 X- γ 检测仪器性能参数一览表

仪器名称	高灵敏度环境级 γ 剂量率仪
仪器型号	6150AD-b（出厂编号：161047+161661）
能量响应	38keV~7MeV
剂量率量程	1nSv/h~99.9 μ Sv/h（探头接主机）、0.0 μ Sv/h~999mSv/h（主机）
读数显示	nSv/h、 μ Sv/h（探头接主机）、 μ Sv/h、mSv/h（主机）
检定日期/校准系数	2018年10月31日~2019年10月30日/0.91
	2019年10月15日~2020年10月14日/1.13

表 8-2 α 、 β 表面污染测量仪性能参数一览表

仪器名称	α 、 β 表面污染测量仪
仪器型号	CoMo 170（7824）
探测面积	170cm ²
α 表面发射率响应	0.42（相对 ²⁴¹ Am）
β 表面发射率响应	0.51（相对 ²⁰⁴ Tl）
读数显示	Bq/cm ²
检定日期	2019年8月26日~2020年8月25日

8.3 人员能力

检测人员均经过检测机构内部培训合格后持证上岗。

8.4 质量保证和质量控制

检测机构已通过国家计量认证，并处于有效期内。

本次辐射剂量检测质量保证措施：

- ①验收检测在运行正常、工况稳定情况下进行；
- ②合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性；
- ③每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好；
- ④按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑤检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

9.验收监测结果

9.1 运行工况

表 9-1 验收监测工况一览表

设备	场所	监测因子	型号/参数	监测工况	备注
DSA	介入中心导管室 1	X- γ 辐射剂量率	UNIQ FD20/20 型 /125kV;1000mA	透视: 92kV, 8.9mA	正常工况
				摄影: 91kV, 13.6mA	
DSA	介入中心导管室 2	X- γ 辐射剂量率	IGS630 型 /125kV;1000mA	透视: 76kV, 12.3mA	正常工况
				摄影: 104kV, 7.6mA	
DSA	介入中心导管室 3	X- γ 辐射剂量率	IGS630 型 /125kV;1000mA	透视: 98kV, 8.7mA	正常工况
				摄影: 101kV, 7.7mA	
DSA	介入中心导管室 4	X- γ 辐射剂量率	Artiszee Biplane 型 /80kV;1000mA	透视: 87.2kV, 125.7mA	正常工况
				摄影: 94.2kV, 112.5mA	
DSA	介入中心导管室 5	X- γ 辐射剂量率	Artis zee floor 型 /125kV;1000mA	透视: 78.5kV, 158.4mA	正常工况
				摄影: 91.5kV, 119.4mA	
DSA	导管手术部 D07 手术室	X- γ 辐射剂量率	Artis Q Zeego 型 /125kV;1000mA	透视: 87.2kV, 235.4mA	正常工况
				摄影: 87.2kV, 235.4mA	
DSA	急诊楼介入手术室 1	X- γ 辐射剂量率	Allura Xper FD20 型 /125kV;1250mA	透视: 85kV, 669mA	正常工况
				摄影: 85kV, 669mA	
DSA	干保楼介入手术室	X- γ 辐射剂量率	Allura Xper FD20 型 /125kV;1250mA	透视: 58kV, 2.1mA	正常工况
				摄影: 80kV, 2.9mA	
直线加速器	放疗中心 1 号直线加速器机房	X- γ 辐射剂量率	Trology 型 X 射线: 6MV、10MV 电子线: 6MeV、9MeV、12MeV、15MeV、18MeV、22MeV	运行工况: 10MV; 600cGy/min; 机头旋转 90°, 对控制室出束	正常工况
伽马刀	放疗中心伽马刀机房	γ 辐射剂量率	Perfexion 型 装源活度为 190.34TBq (由 192 枚 ^{60}Co 源组成)	闭源状态, 开源状态总活度: 4384Ci	正常工况
核医学科	高活室	γ 辐射剂量率	/	180mCi 的 ^{18}F 药物 300mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物	正常工况
	注射室	γ 辐射剂量率	/	12mCi 的 ^{18}F 药物 20mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物	正常工况

续表 9-1 验收监测工况一览表

设备	场所	监测因子	型号/参数	监测工况	备注	
核医学科	运动负荷室	γ辐射剂量率	/	20mCi 的 99mTc 药物	正常工况	
	SPECT 机房	γ辐射剂量率	/	20mCi 的 99mTc 药物	正常工况	
	SPECT 候诊室	γ辐射剂量率	/	80mCi 的 99mTc 药物	正常工况	
	PET/CT 机房	γ辐射剂量率	/	12mCi 的 18F 药物	正常工况	
	PET/MR 机房	γ辐射剂量率	/	12mCi 的 18F 药物	正常工况	
	PET 候诊室	γ辐射剂量率	/	72mCi 的 18F 药物	正常工况	
	VIP 候诊室	γ辐射剂量率	/	12mCi 的 18F 药物	正常工况	
	患者通道		γ辐射剂量率	/	12mCi 的 18F 药物	正常工况
					20mCi 的 99mTc 药物	
	各场所内的墙面、地面、座椅、垃圾桶、卫生间等地方	β表面污染	/	/	正常工况	

9.2 监测结果

表 9-2 门诊服务中心地下一层伽马刀室辐射环境检测结果一览表

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
1	伽马刀室 192 枚 60Co 总活度: 4384Ci (运行工况: 闭源状态)	设备东侧表面 5cm 处	1.08×10 ³
2		设备东侧表面 60cm 处	861
3		设备北方表面 5cm 处	5.15×10 ³
4		设备北方表面 60cm 处	4.62×10 ³
5		设备西侧表面 5cm 处	1.24×10 ³
6		设备西侧表面 60cm 处	892
7		设备南面表面 5cm 处	9.45×10 ³
8		设备南面表面 60cm 处	4.76×10 ³
9		操作位	88
10		机房北侧防护墙外 0.3m 处 (左)	85
11		机房北侧防护墙外 0.3m 处 (右)	97

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
12	伽马刀室 192 枚 60Co 总活度: 4384Ci (运行工况: 开 源状态)	机房防护门外 0.3m 处 (左)	88
13		机房防护门外 0.3m 处 (中)	87
14		机房防护门外 0.3m 处 (右)	86
15		机房防护门底缝	82
16		准备间	84
17		机房东侧防护墙外 0.3m 处 (左)	69
18		机房东侧防护墙外 0.3m 处 (中)	70
19		机房东侧防护墙外 0.3m 处 (右)	70
20		机房上层 (门诊大厅入口)	89

表 9-3 1 号加速器机房辐射环境检测结果一览表

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
1	1 号加速器机房 加速器 Trilogy (运行工况: 10MV; 600cGy/min; 机 头旋转 90°, 对控 制室出束)	操作位	85
2		线缆口	93
3		机房东侧墙外 0.3m 处 (右)	85
4		机房东侧墙外 0.3m 处 (中)	585
5		机房东侧墙外 0.3m 处 (左)	95
6		机房防护门外 0.3m 处 (左)	212
7		机房防护门外 0.3m 处 (中)	276
8		机房防护门外 0.3m 处 (右)	152
9		机房防护门底缝	203
10		机房北侧墙外 0.3m 处 (右)	128
11		机房北侧墙外 0.3m 处 (中)	126
12		机房北侧墙外 0.3m 处 (左)	128
13		候诊区	87
14		机房上层空地 (绿化)	94

表 9-4 医技楼 F3 导管手术部介入中心辐射环境检测结果一览表

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
1	导管室 1 DSA UNIQ FD20/20 (运行工况: 92kV, 8.9mA)	第一术者位 (头部, 距地面 155cm)	14.8×10^3
2		第一术者位 (胸部, 距地面 125cm)	33.1×10^3
3		第一术者位 (腹部, 距地面 105cm)	44.5×10^3
4		第一术者位 (下肢, 距地面 80cm)	9.45×10^3

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)	
5		第一术者位 (足部, 距地面 20cm)	10.8×10 ³	
6		第二术者位 (头部, 距地面 155cm)	9.59×10 ³	
7		第二术者位 (胸部, 距地面 125cm)	24.8×10 ³	
8		第二术者位 (腹部, 距地面 105cm)	31.1×10 ³	
9		第二术者位 (下肢, 距地面 80cm)	16.5×10 ³	
10		第二术者位 (足部, 距地面 20cm)	29.9×10 ³	
11		导管室 1 DSA UNIQ FD20/20 (运行工况: 91kV, 13.6mA)	操作位	64
12			观察窗 (左)	75
13			观察窗 (中)	66
14			观察窗 (右)	74
15	机房南侧墙外0.3m 处		72	
16	医生进出防护门外0.3m 处 (左)		76	
17	医生进出防护门外0.3m 处 (中)		78	
18	医生进出防护门外0.3m 处 (右)		69	
19	医生进出防护门底缝		74	
20	病人进出防护门外0.3m 处 (左)		75	
21	病人进出防护门外0.3m 处 (中)		68	
22	病人进出防护门外0.3m 处 (右)		76	
23	病人进出防护门底缝		74	
24	机房西侧墙外 0.3m 处		76	
25	机房北侧墙外0.3m 处 (右)		78	
26	机房北侧墙外0.3m 处 (中)		78	
27	机房北侧墙外0.3m 处 (左)		74	
28	机房东侧墙外0.3m 处 (右)		72	
29	机房东侧墙外0.3m 处 (中)		79	
30	机房东侧墙外0.3m 处 (左)		77	
31	机房楼下 (值班室)		79	
32	导管室 2 DSA IGS630 (运行工况: 76kV, 12.3mA)	第一术者位 (头部, 距地面 155cm)	19.2×10 ³	
33		第一术者位 (胸部, 距地面 125cm)	46.6×10 ³	
34		第一术者位 (腹部, 距地面 105cm)	80.3×10 ³	
35		第一术者位 (下肢, 距地面 80cm)	82.9×10 ³	
36		第一术者位 (足部, 距地面 20cm)	65.2×10 ³	
37		第二术者位 (头部, 距地面 155cm)	15.2×10 ³	

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
38		第二术者位 (胸部, 距地面 125cm)	24.3×10 ³
39		第二术者位 (腹部, 距地面 105cm)	52.4×10 ³
40		第二术者位 (下肢, 距地面 80cm)	43.2×10 ³
41		第二术者位 (足部, 距地面 20cm)	32.3×10 ³
42	导管室 2 DSA IGS630 (运行工况: 104kV, 7.6mA)	操作位	80
43		观察窗 (左)	81
44		观察窗 (中)	76
45		观察窗 (右)	72
46		机房北侧墙外0.3m 处	76
47		医生进出防护门外0.3m 处 (左)	82
48		医生进出防护门外0.3m 处 (中)	80
49		医生进出防护门外0.3m 处 (右)	78
50		医生进出防护门底缝	84
51		病人进出防护门外0.3m 处 (左)	78
52		病人进出防护门外0.3m 处 (中)	76
53		病人进出防护门外0.3m 处 (右)	82
54		病人进出防护门底缝	72
55		机房西侧墙外 0.3m 处	75
56		机房南侧墙外0.3m 处 (左)	75
57		机房南侧墙外0.3m 处 (中)	72
58		机房南侧墙外0.3m 处 (右)	78
59		机房东侧墙外0.3m 处 (左)	82
60		机房东侧墙外0.3m 处 (中)	82
61		机房东侧墙外0.3m 处 (右)	79
62	机房楼下 (脱水包埋室)	76	
63	导管室 3 DSA Innova IGS630 (运行工况: 98kV, 8.7mA)	第一术者位 (头部, 距地面 155cm)	20.3×10 ³
64		第一术者位 (胸部, 距地面 125cm)	44.4×10 ³
65		第一术者位 (腹部, 距地面 105cm)	46.3×10 ³
66		第一术者位 (下肢, 距地面 80cm)	28.6×10 ³
67		第一术者位 (足部, 距地面 20cm)	19.3×10 ³
68		第二术者位 (头部, 距地面 155cm)	16.9×10 ³
69		第二术者位 (胸部, 距地面 125cm)	31.1×10 ³
70		第二术者位 (腹部, 距地面 105cm)	30.1×10 ³

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
71		第二术者位（下肢，距地面 80cm）	25.8×10 ³
72		第二术者位（足部，距地面 20cm）	14.1×10 ³
73	导管室 3 DSA Innova IGS630 (运行工况： 101kV, 7.7mA)	操作位	82
74		观察窗（左）	82
75		观察窗（中）	79
76		观察窗（右）	76
77		机房南侧墙外0.3m处	75
78		医生进出防护门外0.3m处（左）	80
79		医生进出防护门外0.3m处（中）	82
80		医生进出防护门外0.3m处（右）	86
81		医生进出防护门底缝	82
82		病人进出防护门外0.3m处（左）	80
83		病人进出防护门外0.3m处（中）	78
84		病人进出防护门外0.3m处（右）	82
85		病人进出防护门底缝	78
86		机房西侧墙外 0.3m 处	77
87		机房北侧墙外0.3m处（右）	77
88		机房北侧墙外0.3m处（中）	81
89		机房北侧墙外0.3m处（左）	82
90		机房东侧墙外0.3m处（右）	84
91		机房东侧墙外0.3m处（中）	84
92		机房东侧墙外0.3m处（左）	83
93	机房楼下（生物实验室）	79	
94	导管室 4 DSA Artiszee Biplane (运行工况： 87.2kV, 125.7mA)	第一术者位（头部，距地面 155cm）	33.6×10 ³
95		第一术者位（胸部，距地面 125cm）	50.2×10 ³
96		第一术者位（腹部，距地面 105cm）	65.6×10 ³
97		第一术者位（下肢，距地面 80cm）	24.5×10 ³
98		第一术者位（足部，距地面 20cm）	16.8×10 ³
99		第二术者位（头部，距地面 155cm）	23.8×10 ³
100		第二术者位（胸部，距地面 125cm）	31.9×10 ³
101		第二术者位（腹部，距地面 105cm）	48.1×10 ³
102		第二术者位（下肢，距地面 80cm）	21.3×10 ³
103		第二术者位（足部，距地面 20cm）	18.7×10 ³

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
104	导管室 4 DSA Artiszee Biplane (运行工况: 94.2kV, 112.5mA)	操作位	86
105		观察窗(左)	84
106		观察窗(中)	83
107		观察窗(右)	81
108		机房北侧墙外0.3m处	86
109		医生进出防护门外0.3m处(左)	85
110		医生进出防护门外0.3m处(中)	80
111		医生进出防护门外0.3m处(右)	81
112		医生进出防护门底缝	80
113		病人进出防护门外0.3m处(左)	79
114		病人进出防护门外0.3m处(中)	81
115		病人进出防护门外0.3m处(右)	80
116		病人进出防护门底缝	84
117		机房西侧墙外0.3m处	85
118		机房南侧墙外0.3m处(左)	85
119		机房南侧墙外0.3m处(中)	83
120		机房南侧墙外0.3m处(右)	77
121		机房东侧墙外0.3m处(左)	79
122		机房东侧墙外0.3m处(中)	80
123		机房东侧墙外0.3m处(右)	83
124	机房楼下(诊断间)	79	
125	导管室 5 DSA Artiszee Biplane (运行工况: 78.5kV, 158.4mA)	第一术者位(头部,距地面155cm)	18.1×10^3
126		第一术者位(胸部,距地面125cm)	47.2×10^3
127		第一术者位(腹部,距地面105cm)	71.1×10^3
128		第一术者位(下肢,距地面80cm)	41.4×10^3
129		第一术者位(足部,距地面20cm)	23.1×10^3
130		第二术者位(头部,距地面155cm)	11.5×10^3
131		第二术者位(胸部,距地面125cm)	33.3×10^3
132		第二术者位(腹部,距地面105cm)	56.3×10^3
133		第二术者位(下肢,距地面80cm)	34.1×10^3
134		第二术者位(足部,距地面20cm)	14.3×10^3
135		操作位	80
136		观察窗(左)	81

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
137	导管室 5 DSA Artiszee Biplane (运行工况: 91.5kV, 119.4mA)	观察窗 (中)	80
138		观察窗 (右)	79
139		机房北侧墙外0.3m 处	81
140		医生进出防护门外0.3m 处 (左)	80
141		医生进出防护门外0.3m 处 (中)	84
142		医生进出防护门外0.3m 处 (右)	75
143		医生进出防护门底缝	75
144		病人进出防护门外0.3m 处 (左)	73
145		病人进出防护门外0.3m 处 (中)	80
146		病人进出防护门外0.3m 处 (右)	84
147		病人进出防护门底缝	85
148		机房东侧墙外 0.3m 处	85
149		机房南侧墙外0.3m 处 (右)	83
150		机房南侧墙外0.3m 处 (中)	81
151		机房南侧墙外0.3m 处 (左)	78
152		机房东侧墙外0.3m 处 (右)	79
153		机房东侧墙外0.3m 处 (中)	81
154		机房东侧墙外0.3m 处 (左)	82
155	机房楼下 (办公室)	84	

表 9-5 医技楼三层导管手术部 D07 室辐射环境检测结果一览表

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
1	D07 手术室 DSA Artis Q Zeego (运行工况: 87.2kV, 235.4mA)	第一术者位 (头部, 距地面 155cm)	32.6×10^3
2		第一术者位 (胸部, 距地面 125cm)	62.7×10^3
3		第一术者位 (腹部, 距地面 105cm)	50.9×10^3
4		第一术者位 (下肢, 距地面 80cm)	89.1×10^3
5		第一术者位 (足部, 距地面 20cm)	77.3×10^3
6		第二术者位 (头部, 距地面 155cm)	30.8×10^3
7		第二术者位 (胸部, 距地面 125cm)	53.6×10^3
8		第二术者位 (腹部, 距地面 105cm)	32.7×10^3
9		第二术者位 (下肢, 距地面 80cm)	71.1×10^3
10		第二术者位 (足部, 距地面 20cm)	31.7×10^3
11		操作位	86
12		观察窗 (左)	88
13		观察窗 (中)	85

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
14	D07 手术室 DSA Artis Q Zeego (运行工况: 87.2kV, 235.4mA)	观察窗(右)	82
15		医生进出防护门外0.3m处(左)	80
16		医生进出防护门外0.3m处(中)	87
17		医生进出防护门外0.3m处(右)	88
18		医生进出防护门底缝	81
19		机房北侧墙外0.3m处(右)	82
20		机房北侧墙外0.3m处(左)	81
21		机房东侧墙外0.3m处(右)	79
22		机房东侧墙外0.3m处(中)	82
23		东侧防护门外0.3m处(左)	80
24		东侧防护门外0.3m处(中)	83
25		东侧防护门外0.3m处(右)	86
26		东侧防护门底缝	86
27		机房东侧墙外0.3m处(左)	81
28		机房南侧墙外0.3m处(右)	80
29		机房南侧墙外0.3m处(中)	78
30		机房南侧墙外0.3m处(左)	77
31		机房西侧墙外0.3m处(右)	82
32		西侧防护门外0.3m处(左)	80
33		西侧防护门外0.3m处(中)	86
34		西侧防护门外0.3m处(右)	82
35		西侧防护门底缝	85
36		机房西侧墙外0.3m处(左)	79
37		机房楼下(护士站)	78

表 9-6 门诊楼三层门急诊手术部介入手术室 1 辐射环境检测结果一览表

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
1	介入手术室 1 DSA Allura Xper FD20 (运行工况: 85kV, 669mA)	第一术者位(头部, 距地面 155cm)	24.6×10^3
2		第一术者位(胸部, 距地面 125cm)	48.2×10^3
3		第一术者位(腹部, 距地面 105cm)	53.7×10^3
4		第一术者位(下肢, 距地面 80cm)	56.5×10^3
5		第一术者位(足部, 距地面 20cm)	38.3×10^3
6		第二术者位(头部, 距地面 155cm)	19.1×10^3
7		第二术者位(胸部, 距地面 125cm)	39.1×10^3
8		第二术者位(腹部, 距地面 105cm)	24.3×10^3
9		第二术者位(下肢, 距地面 80cm)	19.4×10^3
10		第二术者位(足部, 距地面 20cm)	18.2×10^3
11		操作位	79

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
12	介入手术室 1 DSA Allura Xper FD20 (运行工况: 85kV, 669mA)	观察窗(左)	82
13		观察窗(中)	81
14		观察窗(右)	83
15		机房西侧墙外0.3m处	85
16		医生进出防护门外0.3m处(左)	85
17		医生进出防护门外0.3m处(中)	81
18		医生进出防护门外0.3m处(右)	84
19		医生进出防护门底缝	85
20		机房北侧墙外0.3m处(右)	85
21		机房北侧墙外0.3m处(左)	82
22		北侧防护门外0.3m处(左)	81
23		北侧防护门外0.3m处(中)	81
24		北侧防护门外0.3m处(右)	79
25		机房北侧防护门底缝	81
26		机房东侧墙外0.3m处(右)	80
27		机房东侧墙外0.3m处(中)	84
28		机房东侧墙外0.3m处(左)	75
29		机房南侧墙外0.3m处(右)	78
30		南侧防护门外0.3m处(左)	82
31		南侧防护门外0.3m处(中)	79
32		南侧防护门外0.3m处(右)	78
33		南侧防护门底缝	77
34		机房南侧墙外0.3m处(左)	81
35		机房楼下(病房)	82

表 9-7 干保楼 4 楼介入手术室辐射环境检测结果一览表

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
1	介入手术室 Allura Xper FD20 型 DSA (运行工况: 58kV, 2.1mA)	第一术者位(头部, 距地面 155cm)	12.6×10 ³
2		第一术者位(胸部, 距地面 125cm)	31.3×10 ³
3		第一术者位(腹部, 距地面 105cm)	102×10 ³
4		第一术者位(下肢, 距地面 80cm)	79×10 ³
5		第一术者位(足部, 距地面 20cm)	91×10 ³
6		第二术者位(头部, 距地面 155cm)	25.4×10 ³
7		第二术者位(胸部, 距地面 125cm)	145×10 ³
8		第二术者位(腹部, 距地面 105cm)	129×10 ³
9		第二术者位(下肢, 距地面 80cm)	104×10 ³
10		第二术者位(足部, 距地面 20cm)	91.7×10 ³
11		操作位	101

序号	场所、设备及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)
12	介入手术室 Allura Xper FD20 型 DSA (运行工况: 80kV, 2.9mA)	观察窗 (左)	107
13		观察窗 (中)	106
14		观察窗 (右)	103
15		机房东侧墙外0.3m 处 (左)	90
16		机房东侧墙外0.3m 处 (右)	90
17		控制室门外0.3m 处 (左)	95
18		控制室门外0.3m 处 (中)	98
19		控制室门外0.3m 处 (右)	99
20		控制室门底缝	97
21		机房门1外0.3m 处 (左)	85
22		机房门1外0.3m 处 (中)	91
23		机房门1外0.3m 处 (右)	90
24		机房门 1 底缝	94
25		机房西侧墙外 0.3m 处	98
26		机房南侧墙外0.3m 处 (右)	93
27		机房南侧墙外0.3m 处 (中)	95
28		机房南侧墙外0.3m 处 (左)	97
29		机房东侧强电井门外	111
30		机房东侧弱电井门外	82
31		机房门2外0.3m 处 (左)	98
32		机房门2外0.3m 处 (中)	94
33		机房门2外0.3m 处 (右)	100
34		机房门 2 底缝	97
35		缓冲间防护墙外0.3m 处	98
36		机房楼下会议室	94

表 9-8 ¹⁸F 工作场所辐射检测结果一览表

序号	场所名称、核素量	检测点位	γ辐射剂量率检测值 (nSv/h)
1	高活室 180mCi 的 ¹⁸ F 药物置 于通风柜的铅罐内	通风柜外表面前方 0.3m 处 (操作位)	2.36×10 ³
2		通风柜外表面左侧 0.3m 处	1.23×10 ³
3		通风柜外表面右侧 0.3m 处	1.00×10 ³
4		通风柜铅观察窗外表面 0.3m 处	2.62×10 ³
5		通风柜左手洞外表面 0.3m 处	1.03×10 ³
6		通风柜右手洞外表面 0.3m 处	1.13×10 ³
7	高活室 180mCi 的 ¹⁸ F 药物置 于通风柜的铅罐内, 左右两侧手洞打开	M1 铅防护门外 0.3m 处 (左)	81
8		M1 铅防护门外 0.3m 处 (中)	80
9		M1 铅防护门外 0.3m 处 (右)	81
10		M1 铅防护门底缝处	87
11		M3 铅防护门外 0.3m 处 (左)	81
12		M3 铅防护门外 0.3m 处 (中)	82

序号	场所名称、核素量	检测点位	γ 辐射剂量率检测值 (nSv/h)	
13		M3 铅防护门外 0.3m 处 (右)	79	
14		M3 铅防护门底缝处	91	
15		M6 铅防护门外 0.3m 处 (左)	84	
16		M6 铅防护门外 0.3m 处 (中)	78	
17		M6 铅防护门外 0.3m 处 (右)	77	
18		M6 铅防护门底缝处	89	
19		西侧防护墙外 0.3m 处	85	
20		北侧防护墙外 0.3m 处	87	
21		楼上	85	
22		南侧注射室 12mCi 的 ^{18}F 置于注 射器内	工作人员操作位	4.69×10^3
23			铅玻璃观察窗外 0.3m 处	6.15×10^3
24	M2 铅防护门外 0.3m 处 (左)		83	
25	M2 铅防护门外 0.3m 处 (中)		88	
26	M2 铅防护门外 0.3m 处 (右)		87	
27	M2 铅防护门底缝处		90	
28	北侧防护墙外 0.3m 处		71	
29	楼上		75	
30	PET/CT 机房 12mCi 的 ^{18}F 置于室 内		控制室操作位	178
31		电缆口	224	
32		观察窗外 0.3m 处 (左)	944	
33		观察窗外 0.3m 处 (中)	939	
34		观察窗外 0.3m 处 (右)	928	
35		南侧防护墙外 0.3m 处	210	
36		医生进出门外 0.3m 处 (左)	92	
37		医生进出门外 0.3m 处 (中)	89	
38		医生进出门外 0.3m 处 (右)	93	
39		医生进出门底缝处	95	
40		西侧防护墙外 0.3m 处 (右)	84	
41	PET/CT 机房 12mCi 的 ^{18}F 置于室 内	西侧防护墙外 0.3m 处 (左)	88	
42		南侧高活室防护墙外 0.3m 处	87	
43		南侧注射室防护墙外 0.3m 处	88	
44		患者进出门外 0.3m 处 (左)	264	
45		患者进出门外 0.3m 处 (中)	259	
46		患者进出门外 0.3m 处 (右)	263	
47		患者进出门底缝处	252	
48		东侧防护墙外 0.3m 处	159	
49		机房楼上	78	
50	PET/MR 机房 12mCi 的 ^{18}F 置于室 内	控制室操作位	222	
51		电缆口	249	
52		观察窗外 0.3m 处 (左)	646	
53		观察窗外 0.3m 处 (中)	650	
54		观察窗外 0.3m 处 (右)	652	

序号	场所名称、核素量	检测点位	γ 辐射剂量率检测值 (nSv/h)	
55		北侧防护墙外 0.3m 处	104	
56		医生进出门外 0.3m 处 (左)	189	
57		医生进出门外 0.3m 处 (中)	149	
58		医生进出门外 0.3m 处 (右)	171	
59		医生进出门底缝处	169	
60		西侧防护墙外 0.3m 处 (左)	94	
61		西侧防护墙外 0.3m 处 (中)	93	
62		西侧防护墙外 0.3m 处 (右)	94	
63		南侧防护墙外 0.3m 处 (左)	93	
64		南侧防护墙外 0.3m 处 (中)	90	
65		南侧防护墙外 0.3m 处 (右)	92	
66		东侧防护墙外 0.3m 处	97	
67		患者进出门外 0.3m 处 (左)	268	
68		患者进出门外 0.3m 处 (中)	266	
69		患者进出门外 0.3m 处 (右)	265	
70		患者进出门底缝处	286	
71		机房楼上	96	
72		PET 候诊室 72mCi 的 ^{18}F 置于室内	西侧防护墙外 0.3m 处 (左)	194
73			西侧防护门外 0.3m 处 (左)	564
74			西侧防护门外 0.3m 处 (中)	563
75			西侧防护门外 0.3m 处 (右)	560
76	西侧防护门底缝处		551	
77	西侧防护墙外 0.3m 处 (右)		189	
78	南侧防护墙外 0.3m 处 (左)		497	
79	南侧防护墙外 0.3m 处 (中)		487	
80	南侧防护墙外 0.3m 处 (右)		493	
81	北侧防护墙外 0.3m 处 (左)		160	
82	北侧防护墙外 0.3m 处 (右)		152	
83	PET 候诊室 72mCi 的 ^{18}F 置于室内	东侧防护墙外 0.3m 处 (右)	512	
84		东侧防护墙外 0.3m 处 (中)	509	
85		东侧防护墙外 0.3m 处 (左)	503	
86		楼上	101	
87	VIP 候诊室 (3-B150) 12mCi 的 ^{18}F 置于室 内	西侧防护门外 0.3m 处 (左)	372	
88		西侧防护门外 0.3m 处 (中)	370	
89		西侧防护门外 0.3m 处 (右)	367	
90		西侧防护门底缝处	396	
91		南侧防护墙外 0.3m 处 (左)	258	
92		南侧防护墙外 0.3m 处 (中)	247	
93		南侧防护墙外 0.3m 处 (右)	257	
94		北侧防护墙外 0.3m 处 (左)	134	
95		北侧防护墙外 0.3m 处 (中)	130	
96		北侧防护墙外 0.3m 处 (右)	129	

序号	场所名称、核素量	检测点位	γ 辐射剂量率检测值 (nSv/h)
97	VIP 候诊室(3-B152) 12mCi 的 ^{18}F 置于室内	东侧防护墙外 0.3m 处	164
98		楼上	85
99		西侧防护门外 0.3m 处 (左)	342
100		西侧防护门外 0.3m 处 (中)	327
101		西侧防护门外 0.3m 处 (右)	359
102		西侧防护门底缝处	367
103		南侧防护墙外 0.3m 处 (左)	264
104		南侧防护墙外 0.3m 处 (中)	231
105		南侧防护墙外 0.3m 处 (右)	246
106		北侧防护墙外 0.3m 处 (左)	122
107	北侧防护墙外 0.3m 处 (中)	126	
108	北侧防护墙外 0.3m 处 (右)	121	
109	东侧防护墙外 0.3m 处	172	
110	楼上	85	
111	患者通道 12mCi 的 ^{18}F 置于通道内	M12 铅防护门外 0.3m 处 (左)	652
112		M12 铅防护门外 0.3m 处 (中)	652
113		M12 铅防护门外 0.3m 处 (右)	649
114		M12 铅防护门底缝处	627
115		M8 铅防护门外 0.3m 处 (左)	858
116		M8 铅防护门外 0.3m 处 (中)	842
117		M8 铅防护门外 0.3m 处 (右)	847
118		M8 铅防护门底缝处	868
119		楼上	96

表 9-9 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 工作场所辐射检测结果一览表

序号	场所名称、核素量	检测点位	γ 辐射剂量率检测值 (nSv/h)
1	高活室 300mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物置于通风 柜的铅罐内	通风柜外表面前方 0.3m 处 (操作位)	1.19×10^3
2		通风柜外表面左侧 0.3m 处	1.22×10^3
3		通风柜外表面右侧 0.3m 处	1.02×10^3
4		通风柜铅观察窗外表面 0.3m 处	2.75×10^3
5		通风柜左手洞外表面 0.3m 处	719
6		通风柜右手洞外表面 0.3m 处	656
7	高活室 300mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物置于通风 柜的铅罐内, 左右两 侧手洞打开	M1 铅防护门外 0.3m 处 (左)	90
8		M1 铅防护门外 0.3m 处 (中)	87
9		M1 铅防护门外 0.3m 处 (右)	86
10		M1 铅防护门底缝处	92
11		M3 铅防护门外 0.3m 处 (左)	93
12		M3 铅防护门外 0.3m 处 (中)	87
13		M3 铅防护门外 0.3m 处 (右)	83
14		M3 铅防护门底缝处	90
15		M6 铅防护门外 0.3m 处 (左)	86

序号	场所名称、核素量	检测点位	γ 辐射剂量率检测值 (nSv/h)
16		M6 铅防护门外 0.3m 处 (中)	79
17		M6 铅防护门外 0.3m 处 (右)	78
18		M6 铅防护门底缝处	84
19		西侧防护墙外 0.3m 处	79
20		北侧防护墙外 0.3m 处	81
21		南侧防护墙外 0.3m 处	83
22		楼上	90
23	北侧注射室 20mCi 的 ^{99m}Tc 置于注射器 内	工作人员操作位	5.88×10^3
24		铅玻璃观察窗外 0.3m 处	7.30×10^3
25		M4 铅防护门外 0.3m 处 (左)	94
26		M4 铅防护门外 0.3m 处 (中)	90
27		M4 铅防护门外 0.3m 处 (右)	89
28		M4 铅防护门底缝处	93
29		南侧防护墙外 0.3m 处	83
30	楼上	81	
31	运动负荷室 20mCi 的 ^{99m}Tc 置于 注射器内	M5 铅防护门外 0.3m 处 (左)	154
32		M5 铅防护门外 0.3m 处 (中)	161
33		M5 铅防护门外 0.3m 处 (右)	155
34		M5 铅防护门底缝处	190
35		西侧楼梯间墙外 0.3m 处	102
36		北侧防护墙外 0.3m 处	148
37		M7 铅防护门外 0.3m 处 (左)	184
38	M7 铅防护门外 0.3m 处 (中)	183	
39	M7 铅防护门外 0.3m 处 (右)	179	
40	运动负荷室 20mCi 的 ^{99m}Tc 置于 注射器内	M7 铅防护门底缝处	172
41		东侧防护墙外 0.3m 处	164
42		楼上	105
43	SPET/CT 机房 20mCi 的 ^{99m}Tc 置于 室内	控制室操作位	93
44		电缆口	102
45		铅观察窗外 0.3m 处 (左)	93
46		铅观察窗外 0.3m 处 (中)	93
47		铅观察窗外 0.3m 处 (右)	94
48		南侧防护墙外 0.3m 处	92
49		医生进出门外 0.3m 处 (左)	95
50		医生进出门外 0.3m 处 (中)	95
51		医生进出门外 0.3m 处 (右)	98
52		医生进出门底缝处	102
53		西侧防护墙外 0.3m 处 (右)	107
54		西侧防护墙外 0.3m 处 (中)	104
55		西侧防护墙外 0.3m 处 (左)	106
56		北侧防护墙外 0.3m 处 (右)	97

序号	场所名称、核素量	检测点位	γ 辐射剂量率检测值 (nSv/h)
57		北侧防护墙外 0.3m 处 (中)	98
58		北侧防护墙外 0.3m 处 (左)	99
59		东侧防护墙外 0.3m 处	89
60		患者进出门外 0.3m 处 (左)	119
61		患者进出门外 0.3m 处 (中)	121
62		患者进出门外 0.3m 处 (右)	120
63		患者进出门底缝处	125
64		楼上	81
65	SPET/CT 候诊室 80mCi 的 ^{99m}Tc 置于 室内	西侧防护墙外 0.3m 处 (左)	95
66		西侧防护门外 0.3m 处 (左)	105
67		西侧防护门外 0.3m 处 (中)	105
68		西侧防护门外 0.3m 处 (右)	103
69		西侧防护门底缝处	121
70		西侧防护墙外 0.3m 处 (右)	94
71		北侧功能测定室防护墙外 0.3m 处	92
72		北侧诊室防护墙外 0.3m 处	94
73		东侧防护墙外 0.3m 处 (右)	98
74		东侧防护墙外 0.3m 处 (中)	96
75		东侧防护墙外 0.3m 处 (左)	97
76		南侧防护墙 0.3m 处 (右)	102
77		南侧防护墙 0.3m 处 (左)	100
78		楼上	98
79	患者通道内, 20mCi 的 ^{99m}Tc 置于通道	M12 铅防护门外 0.3m 处 (左)	343
80		M12 铅防护门外 0.3m 处 (中)	341
81	患者通道内, 20mCi 的 ^{99m}Tc 置于通道	M12 铅防护门外 0.3m 处 (右)	362
82		M12 铅防护门底缝处	400
83		M8 铅防护门外 0.3m 处 (左)	462
84		M8 铅防护门外 0.3m 处 (中)	462
85		M8 铅防护门外 0.3m 处 (右)	476
86		M8 铅防护门底缝处	506
87		楼上	102

表 9-10 核医学科工作场所 β 表面污染辐射检测结果一览表

序号	场所名称	检测点位	β 表面污染检测值 (Bq/cm ²)
1	SPECT/CT 机房	地面	<LLD
2		墙面	<LLD
3		诊断床表面	<LLD
4		SPECT/CT 设备表面	<LLD
5		垃圾桶表面	<LLD
6		患者进出门表面	<LLD
7	高活室卫生通过间	地面	<LLD

序号	场所名称	检测点位	β 表面污染检测值 (Bq/cm ²)
8		墙面	<LLD
9		工作台面	<LLD
10		洗手台表面	<LLD
11	高活室	地面	<LLD
12		墙面	<LLD
13		工作台面	<LLD
14		分装柜表面	<LLD
15		桌椅表面	<LLD
16		垃圾桶表面	<LLD
17	运动负荷室	地面	<LLD
18		墙面	<LLD
19		跑步机表面	<LLD
20		防护门表面	<LLD
21	北侧注射室	地面	<LLD
22		墙面	<LLD
23		工作台面	<LLD
24		注射窗口表面	<LLD
25		桌椅表面	<LLD
26		垃圾桶表面	<LLD
27		防护门表面	<LLD
28	南侧注射室	地面	<LLD
29		墙面	<LLD
30		工作台面	<LLD
31		注射窗口表面	<LLD
32		桌椅表面	<LLD
33		垃圾桶表面	<LLD
34		防护门表面	<LLD
35	PET/CT 机房	地面	<LLD
36		墙面	<LLD
37		诊断床表面	<LLD
38		PET/CT 设备表面	<LLD
39		垃圾桶表面	<LLD
40		患者进出门表面	<LLD
41	PET/CT 机房	地面	<LLD
42	PET/MR 机房	墙面	<LLD
43		诊断床表面	<LLD
44		PET/CT 设备表面	<LLD
45		垃圾桶表面	<LLD
46		患者进出门表面	<LLD
47	患者通道	M12 防护门表面	<LLD
48		患者通道北侧表面	<LLD
49		患者通道中部表面	<LLD

序号	场所名称	检测点位	β 表面污染检测值 (Bq/cm ²)
50		M8 防护门表面	<LLD
51		患者通道南侧表面	<LLD
52	SPECT/CT 候诊室	防护门表面	<LLD
53		地面	<LLD
54		墙面	<LLD
55		椅子表面	1.02
56		柜子表面	<LLD
57		卫生间地面	7.30
58		卫生间墙面	1.39
59		洗手台表面	6.55
60		便池表面	17.8
61		垃圾桶表面	5.21
62	PET/CT 候诊室	防护门表面	<LLD
63		地面	<LLD
64		墙面	<LLD
65		病床表面	<LLD
66		柜子表面	<LLD
67		卫生间地面	5.26
68		卫生间墙面	1.21
69		洗手台表面	3.23
70		便池表面	4.16
71		垃圾桶表面	3.87
72	VIP 候诊室(3-B150)	防护门表面	<LLD
73		地面	<LLD
74		墙面	<LLD
75		椅子表面	0.17
76		柜子表面	<LLD
77		卫生间地面	0.44
78		卫生间墙面	0.12
79		洗手台表面	0.12
80		便池表面	1.55
81		垃圾桶表面	2.14
82	VIP 候诊室(3-B152)	防护门表面	<LLD
83		地面	<LLD
84		墙面	<LLD
85		椅子表面	0.18
86		柜子表面	<LLD
87		卫生间地面	0.35
88		卫生间墙面	0.30
89		洗手台表面	0.07
90		便池表面	1.15

序号	场所名称	检测点位	β表面污染检测值 (Bq/cm ²)
91		垃圾桶表面	1.72
92	病人恢复间	M10 防护门表面	<LLD
93		地面	<LLD
94		墙面	<LLD
95		垃圾桶表面	<LLD
96		M11 防护门表面	<LLD

由表 9-2 可知，伽马刀正常运行时，设备表面γ辐射剂量率检测平均值范围为（861~9.45×10³）nSv/h，满足《X、γ射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ 168-2005）中“非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平：距设备外表面 5cm 处 ≤200μGy/h，距设备外表面 60cm 处 ≤20μGy/h”的要求；机房周边γ辐射剂量率检测平均值范围为（69~97）nSv/h，满足《X、γ射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ 168-2005）中“治疗室建筑应有满足屏蔽防护要求的屏蔽厚度：保证在距治疗室墙外 30cm 可达界面处因透射产生的空气比释动能率一般应不大于 2.5μSv/h。”的要求。

由表 9-3 可知，加速器正常运行时，机房周边 X 辐射剂量率检测平均值范围为（85~585）nSv/h，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

由表 9-4~表 9-7 可知，各介入手术机房 DSA 正常运行时，手术位 X 辐射剂量率检测平均值范围为（9.4×10³~145×10³）nSv/h，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400μGy/h”的要求。机房周边 X 辐射剂量率检测平均值范围为（64~111）nSv/h；满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h”的要求。

由表 9-8~表 9-10 可知，医院核医学科的γ辐射剂量率检测平均值范围为（71~7.30×10³）nSv/h；β表面污染检测平均值范围为（<LLD~17.8）Bq/cm²，满足《电离辐射与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作场所的放射性表面污染控制水平：控制区 40Bq/cm²，监督区 4 Bq/cm²的限值要求。

◆ 天坛医院院区辐射环境质量检测结果

表 9-11 医院周边辐射环境检测结果一览表

序号	检测点位	检测平均值 (nSv/h)
1	专科门诊楼南侧	91
2	专科门诊楼东侧	93
3	专科门诊楼北侧	91
4	A2 病房东侧	92
5	A2 病房北侧	92
6	A3 病房东侧	91
7	A3 病房北侧	93
8	A4 病房东侧	90
9	A4 病房北侧	91
10	干保楼南侧	92
11	干保楼东侧	93
12	干保楼北侧	91
13	办公楼南侧	93
14	办公楼西侧	92
15	康复楼北侧	92
16	感染楼西侧	91
17	急诊楼西侧	92
18	综合门诊楼西侧	91
19	综合门诊楼南侧	92
20	专科门诊楼西侧	92
21	综合门诊楼东侧	93
22	急诊楼东侧	91
23	感染楼东侧	92

由表 9-11 可知，医院周边辐射环境检测平均值范围为（90~93）nSv/h，属于当地本底水平。

9.3 工程建设对环境的影响

9.3.1 介入 DSA

本项目 8 台介入 DSA 投入运行后，保守按医生一年全负荷工作，完成 800 台手术，透视工况下工作时间为 233h，摄影工况下工作时间为 33h。保守按间介入机房

一年全负荷工作，完成 2400 台手术，透视工况下工作时间为 699h，摄影工况下工作时间为 99h。

9.3.2 年有效剂量估算

X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times 10^{-6} (mSv) \dots\dots\dots (公式 9-1)$$

其中：

H_{E-r} ：X- γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

D_r ：X- γ 射线空气吸收剂量率， μ Sv/h；

t ：X- γ 射线照射时间，h。

每位医师进行手术操作时，均穿了 0.5mmPb 的铅衣，在进行透视时，其铅衣内的剂量率约降到铅衣外的 1/15。按上述公式、监测数据和医院射线装置（DSA）出束时间，可知导管手术部干保楼 4 楼介入手术室的辐射工作人员及有关公众人员所受外照射年有效剂量为介入辐射工作人员所受外照射年有效剂量的最大值，具体计算结果见表 9-12。

表 9-12 干保楼介入手术室人员所受外照射剂量一览表

保护对象	监测点位	DSA 运行状态	空气吸收剂量率 (nSv/h)	年受照时间 (h)	总年有效剂量 (mSv)	年有效剂量约束值 (mSv)
辐射工作人员	第二术者位 (胸部，距地面 125cm)	透视状态	9.67×10^3	233	2.25	5
	观察窗（左）	摄影状态	107	33		
公众人员	机房东侧强电井门外	摄影状态	111	798	0.088	0.1

由表 9-12 可知，医院介入辐射工作人员和介入室周边公众人员的最大年有效剂量分别为 2.25mSv 和 0.088mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员、公众人员年有效剂量限值分别为 20mSv、1mSv

的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员、公众人员所取年有效剂量限值分别为 5mSv、0.1mSv 的要求。

9.3.2 直线加速器

本项目直线加速器投入运行后，预计每日接诊数约为 60 人，每年工作 50 周，每年接诊数约为 15000 人，每位患者的平均治疗照射时间约为 2min。本项目辐射工作人员工作时间及装置出束情况见表 9-13。

表 9-13 直线加速器机房辐射工作人员工作时间及装置出束情况一览表

机房名称	日接诊数量(人)	年工作天数(日)	年接诊数(人)	每位病人的照射时间(min)	年出束时间(h/a)
直线加速器机房	60	250	15000	2	600

按上公式 9-1、监测数据和加速器出束时间，可计算出辐射工作人员及有关公众人员所受外照射年有效剂量，具体计算结果见表 9-14。

表 9-14 直线加速器机房人员所受外照射剂量一览表

保护对象	监测点位	空气吸收剂量率(nSv/h)	年出束时间(h)	总有效剂量(mSv)	年有效剂量约束值(mSv)
辐射工作人员	机房东侧墙外 0.3m 处(中)	585	600	0.35	2
公众人员	机房上层空地(绿化)	94	600	0.056	0.1

由表 9-14 可知，医院直线加速器机房辐射工作人员和机房周边公众人员的最大年有效剂量分别为 0.35mSv 和 0.056mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射工作人员、公众人员年有效剂量限值分别为 20mSv、1mSv 的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员、公众人员所取年有效剂量限值分别为 2mSv、0.1mSv 的要求。

9.3.3 伽马刀

本项目伽马刀设备投入运行后，预计每年接诊数约为 3750 人，医生为每位患者的摆位时间约为 2min/人，每位患者的平均治疗照射时间约为 8min。本项目辐射工作人员工作时间及装置出束情况见表 9-15。

表 9-15 伽马刀机房辐射工作人员工作及装置出束情况一览表

机房名称	年接诊数 (人)	每位患者的摆位时间 (min)	每位患者的照射治疗时间 (min)	医生年摆位时间 (h/a)	年出束时间(h/a)
伽马刀机房	3750	2	8	125	500

按上公式 9-1、监测数据和伽马刀出束时间，可计算出辐射工作人员及有关公众人员所受外照射年有效剂量，具体计算结果见表 9-16。

表 9-16 伽马刀机房人员所受外照射剂量一览表

保护对象	监测点位	空气吸收剂量率 (nSv/h)	年出束 (摆位) 时间 (h)	总年有效剂量 (mSv)	年有效剂量约束值 (mSv)
辐射工作人员	设备南面表面 5cm 处	9.45	125	1.23	2
	机房北侧防护墙外 0.3m 处 (右)	97	500		
公众人员	机房上层 (门诊大厅入口)	89	500	0.044	0.1

由表 9-16 可知，医院伽马刀机房辐射工作人员和机房周边公众人员的最大年有效剂量分别为 1.23mSv 和 0.044mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中辐射工作人员、公众人员年有效剂量限值分别为 20mSv、1mSv 的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员、公众人员所取年有效剂量限值分别为 2mSv、0.1mSv 的要求。

9.3.4 核医学科

(1) 显像检查人员剂量估算

根据监测数据，SPECT/CT 机房技师操作位 γ 辐射剂量率为 102nSv/h。根据本项目环评报告，技师进行患者摆位时的剂量率为 30 μ Sv/h(距患者 1m 处的实测结果)，技师摆位时穿着 0.5mmPb 的铅衣，铅衣内的剂量率约降低为铅衣外的 1/15，即 2 μ Sv/h。SPECT/CT 每日检查患者人数约为 30 人，每年工作 50 周，每年接诊数约为 7500 人，患者每次摆位时间 30s/人，每次扫描时间为 15min，可知技师每年摆位时间为 62.5h，患者每年扫描总时间为 1875h，根据公式 9-1 可得出显像检查辐射工作人员最大年受照剂量约为 0.32mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中辐射工作人员为 20mSv 的要求，同时也满足本项目对显像检查

工作人员 2mSv 的要求。

根据监测数据，PET 检查机房技师操作位 γ 辐射剂量率为 178nSv/h，根据本项目环评报告，技师进行患者摆位时的剂量率为 3.75 μ Sv/h，技师摆位时穿着 0.5mmPb 的铅衣，铅衣内的剂量率约降低为铅衣外的 1/15，即 0.25 μ Sv/h。PET/CT 每日检查患者人数约为 30 人，每年工作 50 周，每年接诊数约为 7500 人，患者每次摆位时间 30s/人，每次扫描时间为 15min，可知技师每年摆位时间为 62.5h，患者每年扫描总时间为 1875h，根据公式 9-1 可得出显像检查辐射工作人员最大年受照剂量约为 0.35mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员为 20mSv 的要求，同时也满足本项目对显像检查工作人员 2mSv 的要求。

（2）药物分装人员剂量估算

根据监测数据， ^{99m}Tc 和 ^{18}F 通风柜人员操作位的 γ 辐射剂量率为 1.19 μ Sv/h 和 2.36 μ Sv/h，人员每日操作时间约为 10min，每年工作 50 周，年受照总时间约为 42h，根据公式 9-1 可得出药剂分装工作人员最大年受照剂量约为 0.15mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员为 20mSv 的要求，同时也满足本项目对药剂分装辐射工作人员 2mSv 的要求。

（3）药物注射人员剂量估算

根据监测数据，SPECT 药物注射窗口操作位和 PET 药物注射窗口操作位的 γ 辐射剂量率为 5.88 μ Sv/h 和 4.69 μ Sv/h，注射每位病人的时间约为 30s，两个窗口的年接诊患者数均约为 7500 人，则年注射累积时间均为年受照总时间约为 62.5h，根据公式 9-1 可得出 SPECT 药物注射人员和 PET 药物注射人员的最大年受照剂量分别为 0.37mSv 和 0.29mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员为 20mSv 的要求，同时也满足本项目对药物注射工作人员 5mSv 的要求。

（4）公众人员剂量估算

根据检测结果公众所受瞬时剂量率的最高点出现在“患者通道 M8 铅防护门底缝处”，此处 γ 辐射剂量率为 1.374 μ Sv/h，保守估计每位患者在此处停留 2s，年受照时

间约为 8.3h，根据公式 9-1 可得出公众人员最大年受照剂量为 0.01mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员为 1mSv 的要求，同时也满足本项目对核医学科周边公众人员 0.1mSv 的要求。

9.3.5 辐射工作人员职业健康体检

医院已于 2019 年组织了全院辐射工作人员进行了职业健康体检，根据体检可知，介入 DSA 配备的 50 名辐射工作人员中仅 1 人体检不合格，医院已暂时将其调离放射工作岗位，其余 49 人适应性结论均为可继续从事放射工作。伽马刀 14 名辐射工作人员、放疗科 19 名辐射工作人员及核医学科 11 名辐射工作人员适应性结论均为可继续从事放射工作。

10.验收监测结论

10.1 环保设施调试运行效果

(1)首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目(第一阶段)根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《建设项目环境保护管理条例》等规定进行了环境影响评价工作,按照环保行政主管部门和环评报告提出的要求,在建设过程中执行了国家对建设项目要求的“三同时”等环境保护管理制度。

(2)根据核实《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》以及环评措施的落实情况,该医院在设立专门管理机构、制定各项安全操作规程、采取有效防护措施等方面基本符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对使用射线装置单位的要求。在运行期间各项辐射防护措施、环保设施运行正常。

(3)根据天坛医院的辐射环境检测报告可知,医院周边辐射环境检测平均值范围为(90~93) nSv/h,属于当地本底水平。

伽马刀正常运行时,设备表面 γ 辐射剂量率检测平均值范围为(861~9.45 $\times 10^3$) nSv/h,满足《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)中“非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平:距设备外表面 5cm 处 $\leq 200\mu\text{Gy/h}$,距设备外表面 60cm 处 $\leq 20\mu\text{Gy/h}$ ”的要求;机房周边 γ 辐射剂量率检测平均值范围为(69~97) nSv/h,满足《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)中“治疗室建筑应有满足屏蔽防护要求的屏蔽厚度:保证在距治疗室墙外 30cm 可达界面处因透射产生的空气比释动能率一般应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。”的要求。

加速器正常运行时,机房周边 X 辐射剂量率检测平均值范围为(85~585) nSv/h,满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)中“在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

各介入手术机房 DSA 正常运行时,手术位 X 辐射剂量率检测平均值范围为(9.4 $\times 10^3$ ~145 $\times 10^3$) nSv/h,满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)中“在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400 $\mu\text{Gy/h}$ ”的要求。机房周

边 X 辐射剂量率检测平均值范围为（64~111）nSv/h；满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

医院核医学科的 γ 辐射剂量率检测平均值范围为（71~7.30 $\times 10^3$ ）nSv/h； β 表面污染检测平均值范围为（<LLD~17.8）Bq/cm²，满足《电离辐射与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作场所的放射性表面污染控制水平：控制区 40Bq/cm²，监督区 4 Bq/cm² 的限值要求。

(4)根据剂量估算结果可知，天坛医院各辐射场所的辐射工作人员、公众人员年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众人员的年有效剂量限值为 20mSv、1mSv 的要求，同时也满足药物注射给人员、介入治疗工作人员年有效剂量约束值 5mSv 的要求，其他辐射工作人员（含药物制备、诊断和治疗场所）年有效剂量约束值 2mSv 的要求以及公众人员年有效剂量约束值 0.1mSv 的要求。

10.2 工程建设对环境的影响

天坛医院各辐射工作场所设计合理，满足防护要求，严格执行了各项规章制度，各种辐射安全防护措施达到了环评报告及批复文件提出的要求。验收检测结果及剂量估算结果表明，本项目各项环境影响满足相应的验收标准要求。

11.建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位（盖章）：

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建设项目	项目名称	首都医科大学附属北京天坛医院迁建工程核技术应用项目（第一阶段）				项目代码	/			建设地点	北京市丰台区南四环西路 119 号			
	行业类别（分类管理名录）	191 核技术利用建设项目				建设性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造			项目厂区中心经度/纬度	116/40			
	设计生产能力	13 台 DSA、2 台直线加速器、1 台伽马刀、1 台赛博刀及 1 个核医学科			实际生产能力	9 台 DSA、1 台直线加速器、1 台伽马刀及核医学科				环评单位	中国人民解放军军事医学科学院武汉网绿环境技术咨询有限公司			
	环评文件审批机关	北京市生态环境局				审批文号	京环审[2016]150 号、京环审[2018]169 号			环评文件类型	报告表			
	开工日期	2016 年 7 月				竣工日期	2019 年 10 月			辐射安全许可证申领时间	2019 年 8 月 6 日			
	环保设施设计单位	/				环保设施施工单位	/			本工程辐射安全许可证编号	京环辐证[A0154]			
	验收单位	武汉网绿环境技术咨询有限公司				环保设施监测单位	武汉网绿环境技术咨询有限公司			验收监测时工况	正常			
	投资总概算（万元）	13250				环保投资总概算（万元）	3070			所占比例（%）	23			
	实际总投资	13250				实际环保投资（万元）	3070			所占比例（%）	23			
	废水治理（万元）	废气治理（万元）		噪声治理（万元）		固体废物治理（万元）				绿化及生态（万元）	其他（万元）			
	新增废水处理设施能力					新增废气处理设施能力				年平均工作时				
	运营单位	首都医科大学附属北京天坛医院				运营单位社会统一信用代码（或组织机构代码）				验收时间	2019 年 12 月			
污染物排放达标与总量控制（工业建设项目详填）	污染物	原有排放量(1)	本期工程实际排放浓度(2)	本期工程允许排放浓度(3)	本期工程产生量(4)	本期工程自身削减量(5)	本期工程实际排放量(6)	本期工程核定排放总量(7)	本期工程“以新带老”削减量(8)	全厂实际排放总量(9)	全厂核定排放总量(10)	区域平衡替代削减量(11)	排放增减量(12)	
	废水													
	化学需氧量													
	氨氮													
	石油类													
	废气													
	二氧化硫													
	烟尘													
	工业粉尘													
	氮氧化物													
	工业固体废物													
与项目有关的其他特征污染物														

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