

编号：RDHP2024440020

核技术利用建设项目
深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施
使用小动物 PET/CT 建设项目
环境影响报告表
(报批稿)

中国科学院深圳先进技术研究院 (盖章)

2024 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施
使用小动物 PET/CT 建设项目
环境影响报告表



建设单位名称：中国科学院深圳先进技术研究院

建设单位法人代表（签名或签章）：

A handwritten signature in black ink, appearing to be "林泽".

通讯地址：广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号

邮政编码：518055

联系人：林泽

电子邮箱：



联系电话：



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	26
表 3 非密封放射性物质	27
表 4 射线装置	28
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	29
表 6 评价依据	30
表 7 保护目标与评价标准	33
表 8 环境质量和辐射现状	39
表 9 项目工程分析与源项	58
表 10 辐射安全与防护	70
表 11 环境影响分析	94
表 12 辐射安全管理	116
表 13 结论与建议	126
表 14 审批	129
附件 1： 委托书	130
附件 2： 事业单位法人证书	131
附件 3： 辐射安全许可证	132
附件 4： 可行性研究报告批复：深发改【2020】43 号	146
附件 5： 环保手续履行情况	153
附件 6： 辐射工作人员培训材料	164
附件 7： 辐射安全管理制度和应急预案	168
附件 8： 个人剂量监测报告	217
附件 9： 环境现状检测报告	237
附件 10： 小动物 PET/CT 检测报告	251

表 1 项目基本情况

建设项目名称		深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施 使用小动物 PET/CT 建设项目			
建设单位		中国科学院深圳先进技术研究院			
法人代表	吴创之	联系人	林泽	联系电话	
注册地址		广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号			
项目建设地点		广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与羌下一路交叉口）光明科学城 D 栋			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		1250	项目环保投 资(万元)	50	投资比例（环保 投资/总投资） 4%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²) 616
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封 放射性 物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装 置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

1.1 建设单位概况

1.1.1 脑解析与脑模拟重大科技基础设施概况

深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施（以下简称“脑设施”）于 2020 年获深圳市发展和改革委员会批复，由中国科学院深圳先进技术研究院（以下简称“先进院”，建设单位）牵头建设，为光明科学城启动区的重点建设项目。脑设施总建筑面积 5 万余平方米，设备总值 8.8 亿元，包含脑编辑、脑解析和脑模拟三大技术模块，具备跨物种动物模型的制备以及跨尺度神经结构功能解析的能力。依托中国科学院深圳先进技术研究院脑认知与脑疾病研究所(脑所)和深港脑科学创新研究院(脑院)，脑设施已组建了三大科学部(非人灵长类实验动物、啮齿类实验动物、大设备)和九大技术平台，致力于支撑深圳综合性国家科学中心和粤港澳大湾区国际科技创新中心的建设，将为脑科学与类脑智能

领域的基础和临床前研究、认知教育和产业生态打造提供全面的技术支撑，并实现信息和资源的高效共享。

根据深圳市发展和改革委员会关于《脑解析与脑模拟重大科技基础设施可行性研究报告的批复》(深发改[2020]43号，见附件4)，深圳市政府拟投资建设深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施项目，总投资约89600万元，资产归属深圳市政府所有，项目建设后以合同形式委托相关机构运营管理。根据批复文件，项目牵头建设单位为中国科学院深圳先进技术研究院，共建单位为南方科技大学、香港科技大学深圳研究院、深圳市神经科学研究所、北京大学深圳研究生院。中国科学院深圳先进技术研究院和共建单位成立项目建设管理机构，共同协调和推进项目建设，中国科学院深圳先进技术研究院作为建设期的责任主体单位。

1.1.2 建设单位及本项目背景介绍

中国科学院深圳先进技术研究院位于广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号，成立于2006年，是由中国科学院、深圳市人民政府及香港中文大学根据中央建设创新型国家的总体战略目标和国家中长期科技发展规划纲要，结合中国科学院科技布局调整的要求，围绕深圳市实施创新型城市战略，在深圳市共同建立的科研单位。

建设单位目前已初步构建了以科研为主的集科研、教育、产业、资本为一体的微型协同创新生态系统，由八个研究所(先进集成技术研究所、生物医学与健康工程研究所、先进计算与数字工程研究所、生物医药与技术研究所、广州中国科学院先进技术研究所、脑认知与脑疾病研究所、合成生物学研究所、先进材料与工程研究所)，和一所特色学院(深圳先进技术学院)及五个特色产业育成基地(深圳蛇口机器人基地、深圳龙岗低成本健康基地、深圳李朗云计算与物联网基地、上海嘉定电动汽车基地、龙华先进制造产业园)，多个具有独立法人资质的新型专业科研机构(深圳创新设计研究院、深圳北斗应用技术研究院、济宁中科先进技术研究院、天津中科先进技术研究院等)组成，设有学术委员会、学位委员会和工业委员会。

建设单位累计承担科研项目经费近60亿元，累计申请专利7171件，发表论文8565篇，经过十余年的发展，建立了平台式的研究院，实现良性发展，体制和机制有创新，已成为国内海归密度最高、国际化学术交流氛围最好的国立研究机构。

作为牵头建设单位，建设单位承担了深圳市“十大行动”计划中的2个重大科技基础设施(本项目深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施项目列入，取得的重大项目证书、

3 个基础类研究机构，成为深圳承担“十大行动”计划项目最多单位。

脑解析与脑模拟重大科技基础设施项目建设对深圳市生命科学相关领域发展具有重要的引领和支撑作用，有利于提升深圳基础研究和原始创新能力，汇聚全球高水平科研人才团队，打造竞争力影响力卓越的创新引领型全球城市。

1.2 本项目目的

建设单位于2020年6月委托广东智环创新环境科技有限公司对回旋加速器制药区和核医学实验场所进行环境影响评价，编制了《深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施核技术利用建设项目环境影响报告表》（编号：20DLFSHP009，以下简称“原环评报告”），并于2020年8月30日取得《广东省生态环境厅关于深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施核技术利用建设项目环境影响报告表的批复》（编号：粤环审（2020）203号），批复的建设内容有：

①回旋加速器制备PET用放射性药物项目

在脑解析与脑模拟平台2栋A座楼负一层设置回旋加速器放射性药物制备工作场所，制备放射性药品用于自单位核医学实验用。该工作场所包括：建设1间回旋加速器机房以及合成热室等其他功能场所，在该回旋加速器机房内安装使用1台回旋加速器(最大能量为18兆电子伏，属Ⅱ类射线装置),用于制备放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15以及镓-68。该工作场所属乙级非密封放射性物质工作场所。

②核医学实验项目

在脑解析与脑模拟平台2栋A座楼一层设置核医学实验非密封放射性物质工作场所。在该工作场所内建设1间小动物活体PET/CT机房、1间人体/大动物PET/MRI(3T)机房、1间小动物PET/MRI机房和1间灵长类全身PET(MRI兼容)机房，配套分装室、注射室、注射后休息室、动物扫描前等待区、动物扫描后观察室等配套功能用房。并在对应功能房共安装使用1台小动物活体PET/CT(属Ⅲ类射线装置)、2台PET/MRI以及1台PET，使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15以及镓-68开展小动物核素显像实验、人体和动物核素显像实验以及灵长类动物核素显像实验；配套使用4枚锞-68放射源和4枚钠-22放射源(均属Ⅴ类放射源)用于PET/CT和PET/MRI设备校准。该核医学实验场所属乙级非密封放射性物质工作场所。

③普通放射诊断实验项目

在脑解析与脑模拟平台2栋A座楼一层设置1间放射诊断实验机房、1间Micro CT成像

系统机房以及1间组织超微X光机房，分别安装使用1台便携式动物X射线机用于动物组织器官的结构和骨密度测定、1台Micro CT成像系统用于大小鼠及狨猴骨结构测试以及1台组织超微X射线机(带自屏蔽)用于动物组织器官的结构、骨密度测定。同时，在五层设置1间身体成分分析仪机房，安装使用1台身体成分分析仪(带自屏蔽)用于骨、脂肪含量测定；在十二层设置1间动物X射线数字化成像系统机房，安装使用1台动物X射线数字化成像系统用于临床动物疾病X射线检测。以上5台射线装置均属III类射线装置。

以上项目除回旋加速器制药区域外其余场所已完成建设，暂未投入运行。

取得批复后，考虑到研究方向的增加以及小动物PET/CT高分辨率、高灵敏度和低剂量的技术特点，建设单位拟新购1台小动物PET/CT，并固定安装在光明科学城D栋（原环评报告中该楼栋命名为2栋A座，现因物业统一管理规划命名为D栋）第一层核医学实验场所大小动物PET/CT机房中，使用D栋负一层回旋加速器（该场所在原环评报告中已进行评价）生产的 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 五种放射性核素进行小动物显像检查研究。因原环评报告中放射性核素生产量和使用量均考虑了充足的富余度，因此本项目增加小动物PET/CT后放射性核素生产量与日最大操作量（备药量）均不发生改变。

1.3 评价目的和任务由来

1.3.1 评价目的

本项目评价目的如下：

（1）对建设项目环境辐射现状进行调查或监测，以评价该地区辐射环境状况及场址周围的辐射环境现状水平；

（2）评价项目在运行过程中本项目对工作人员及公众人员所造成的辐射影响；

（3）评价本项目辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境主管部门的管理提供依据；

（4）通过建设项目环境影响评价，为建设单位保护环境和公众利益给予技术支持；对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

1.3.2 任务由来

根据《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）对射线装置的分类，本项目拟使用的小动物 PET/CT 属于 III 类射线装置。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对非密封源工作场所的分级办法，本项目小动物 PET/CT 所在的核医学实验场所为乙级非密封放射性物质工作场所（日等效最大操作量具体核算见表 10.1-1）。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《建设项目环境保护管理条例》，辐射工作单位申领辐射安全许可证前应编制环境影响评价文件。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于名录中的“五十五、核与辐射：172 核技术利用建设项目——乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。根据《深圳市建设项目环境影响评价审批和备案管理名录（2021 年版）》，本项目属于名录中的“五十四、核与辐射：165 核技术利用建设项目——乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。

因此，受建设单位委托（委托书见附件 1），深圳市瑞达检测技术有限公司承担了该项目环境影响报告表的编制工作。

1.4 项目建设规模

建设单位拟新购 1 台小动物 PET/CT（80kV，0.7mA，属 III 类射线装置），并安装在光明科学城 D 栋第一层核医学实验场所大小动物 PET/CT 机房中，使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 等五种放射性核素进行小动物显像检查研究。本项目投入使用后，原备药量能满足本项目扩建后的核医学实验场所需求，无需新增备药量，因此本项目扩建后，所在的核医学实验场所放射性核素日最大操作量（按备药量计）与原环评报告中保持一致。本项目建设规模见表 1.4-1。

表 1.4-1 本项目建设规模

项目地点	光明科学城 D 栋第一层
建筑面积	核医学实验场所约 616m ² ，大小动物 PET/CT 机房约 43.37m ²
场所现状	核医学实验场所
辐射工作场所	1 个核医学实验场所及其放射性废水衰变间
使用射线装置	1 台小动物 PET/CT，新增（80kV，0.7mA，属 III 类射线装置）
使用非密封放射性核素	^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga
使用密封放射源	无
用途	小动物显像诊断研究：

	^{18}F : 1.11E+8Bq (3mCi) /次, 20 次/天, 100 次/周, 5000 次/年; ^{11}C : 1.11E+8Bq (3mCi) /次, 5 次/天, 25 次/周, 1000 次/年; ^{13}N : 1.11E+8Bq (3mCi) /次, 5 次/天, 25 次/周, 1000 次/年; ^{15}O : 1.11E+8Bq (3mCi) /次, 5 次/天, 25 次/周, 1000 次/年; ^{68}Ga : 1.11E+8Bq (3mCi) /次, 5 次/天, 25 次/周, 1000 次/年。
备注	放射性药物均为 D 栋负一层回旋加速器生产, 场所平面布局见图 1-6

1.5 项目选址及周边情况

1.5.1 光明科学城位置及周边情况

光明科学城位于广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与羌下一路交叉口），场地内主要建设的大楼有 A 座（综合研究院，东南侧，地上 17F），B 座（青年公寓，东北侧，地上 26F），C 座（专家楼，北侧，地上 26F），D 栋（脑解析与脑模拟平台、脑设施楼，西北侧，地上 14F），F 座（合成生物平台，西南侧，地上 14F），其中西南侧的 D 栋与 F 座通过二楼形成连廊。光明科学城周围情况见表 1.5-1，本项目所在区域图见图 1-1，本项目地理位置图见图 1-2，本项目 50m、200m 范围示意图见图 1-3。

表 1.5-1 光明科学城位置及其四至情况表

方位	周边情况
东南侧	隔永创路为深圳大友钢铁有限公司和深圳市金大鑫贸易有限公司
西南侧	隔荒地深圳市卓峰盛包装制品有限公司、深圳市深长青精密五金科技有限公司和深圳市东芝五金科技有限公司
西北侧	荒地
东北侧	荒地

1.5.2 项目位置及四至情况

脑设施核技术利用项目集中建设在 D 栋（地上 14 层，地下 2 层），距离最近地铁站深理工站（地铁 6 号线支线）约 544m。本项目小动物 PET/CT 所在机房位于第一层，处于原环评报告中核医学实验场所内部。本项目辐射工作场所原环评报告设计图、现设计图以及其楼上、楼下的平面布置和衰变池所在楼层平面布置图见图 1-4 至 1-8，本项目四至图见图 1-9，项目周边情况见表 1.5-2。

表 1.5-2 项目四至情况表

位置	机房/场所名称	方位	工作场所四至情况
D 栋 一层	大小动物 PET/CT	东北侧	紧邻脏垫料存放间、控制室
		东南侧	紧邻小动物 PET/MRI 机房

	机房	西北侧	紧邻内部通道，隔内部通道为小动物打包间、小动物观察室、灵长类全身 PET（MRI 兼容）机房
		西南侧	紧邻内部通道，隔内部通道为大动物注射室、注射准备间
		楼上	紧邻动物接收区
		楼下	紧邻清洗间前区
	核医学实验场所	东北侧	紧邻走道、配电间，隔走道为楼梯、便携式 X 光机室及其控制室、小动物高磁场 MRI 机房设备间、控制室和手术准备间、人体高磁场 MRI 机房及其控制室
		东南侧	紧邻 Micro CT 机房及其控制室、人体中高磁场 MRI 扫描间及其设备间、更衣室、移动 MRI 扫描间、走道
		西北侧	紧邻扩大前室、楼梯间、气瓶间、室外道路，隔室外道路为荒地
		西南侧	紧邻室外道路，隔室外道路为荒地
		楼上	紧邻清洗室、仪器存放室、示踪病毒实验室、研究室、办公室、动物接收室、示踪病毒注射实验室、大鼠饲养间、小鼠饲养间、机房、走道
		楼下	紧邻清洗间前区、清洗间后区、空调新风机房、小动物尸体存放间、大动物尸体灭活间、暂存间、饲料间、排烟机房、笼具维修间、空压机房

由表 1.5-2 可知，本项目机房毗邻场所无敏感人群的功能用房及人员密集区域。

1.5.3 项目边界 50m 范围内情况介绍

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定，本项目评价范围为本项目辐射工作场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。本项目辐射工作场所 50m 范围内为 D 栋（项目所在楼栋，楼高约 77m）、园区内道路等脑设施内部场所、荒地和羌下一路部分区域。本项目辐射工作场所 50m 范围示意图见图 1-3，辐射工作场所周围情况见表 1.5-3。

表 1.5-3 本项目评价范围内情况

方位	距离	周围情况
东北侧	0-50m	园区内道路
东南侧	0-45m	D 栋
	45-50m	园区内道路
西南侧	0-20m	园区内道路
	20-50m	羌下一路、荒地
西北侧	0-20m	园区内道路
	20-50m	羌下一路、荒地

由表 1.5-3 可知，该项目辐射工作场所边界 50m 评价范围内均属脑解析与脑模拟实验区域，无居民小区、学校等环境敏感点。

1.5.4 项目周边 200m 范围情况

本项目 200m 范围内主要建筑物为脑设施内部建筑（A 座、B 座、C 座、D 栋、F 座）、东南侧光明科学城规划展厅、西南侧深圳市卓峰盛包装制品有限公司、深圳市深长青精密五金科技有限公司、深圳市东芝五金科技有限公司和荒地，无中小学、幼儿园等未成年人学校，满足《广东省未成年人保护条例》中“第三十二条 学校周围直线延伸二百米范围内禁止设立易燃易爆、剧毒、放射性、腐蚀性等危险物品的生产、经营、储存、使用场所或者设施”的要求。

1.5.5 选址分析

本项目考虑到尽可能不改变原环评报告中核医学实验场所的布局、辐射防护设施和路线规划，选址于一层核医学实验场所内部大小动物 PET/CT 机房中。因本项目工作原理、工艺流程均与医疗机构开展核医学诊疗活动类似，因此本项目选址参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）进行分析。本项目内部选址与标准要求的符合分析见表 1.5-4。

表 1.5-4 本项目辐射工作场所选址与标准要求对照分析表

《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ 1188-2021)	本项目实际情况	分析
核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	本项目核医学实验场集中设置于 D 栋西南侧（属于建筑物的一端）。辐射工作场所已设置实体屏蔽措施的物理隔离措施，并设有独立的人员、物流通道。	满足
核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	光明科学城不属于医疗机构，无产科、儿科，其食堂位于 A 栋，距离辐射工作场所约 116m，由此可见，食堂等人员密集区不毗本项目邻核医学实验场所。本项目核医学实验场所均设有实体屏蔽措施，与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离。	满足
核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。	本项目核医学实验场所产生的废气经排风管道引至 D 栋屋顶南侧排放，排风口高度约 77m。本项目 50m 范围内仅 D 栋一栋建筑，排风口已尽可能远离周边高层建筑。	满足
《核医学放射防护要求》 (GBZ 120-2020)	本项目实际情况	分析
在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。	本项目位于集中设置于核医学实验场所内部，设置有单独的出、入口，出口为污梯，不属于人群稠密区域。光明科学城无产科、儿科，食堂位于 A 座，距离辐射工作场所至少 116m，由此可见食堂等人	满足

<p>尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。</p>	<p>员密集区均不毗邻核医学实验场所。</p>	
--	-------------------------	--

由表 1.5-4 可知，本项目核医学实验场集中设置于 D 栋第一层西南侧（属于建筑物的一端），不毗邻食堂等人员密集区，排风口的位置尽可能远离周边高层建筑，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的选址要求。

综上所述，本项目核医学实验场所与原环评报告一致，未发生改变，选址基本合理。

1.6 产业政策符合性分析

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 10 款“科技创新平台建设：国家级工程（技术）研究中心、国家产业创新中心、国家农业高新技术产业示范区、国家农业科技园区、国家认定的企业技术中心、国家实验室、全国重点实验室、国家重大科技基础设施、科技企业孵化器、众创空间、绿色技术创新基地平台、新产品开发设计中心、科教基础设施、产业集群综合公共服务平台、中试基地、实验基地、国家技术创新中心建设”和第六项“核能”第 4 款“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”。因此，本项目符合国家产业政策。

深圳市地图

分区设色有邻区基本要素版



图1-1 本项目所在区域图

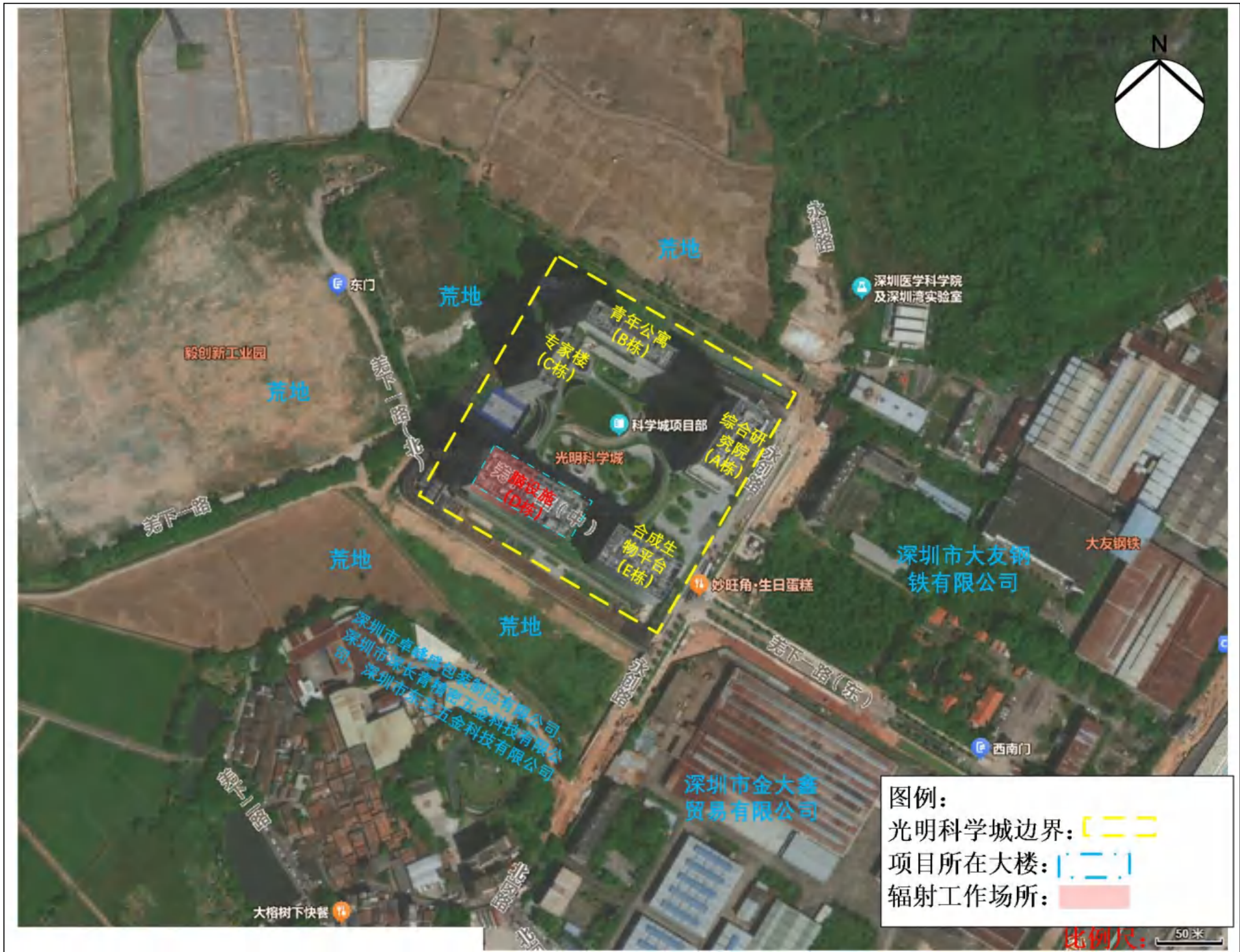


图1-2 本项目地理位置图

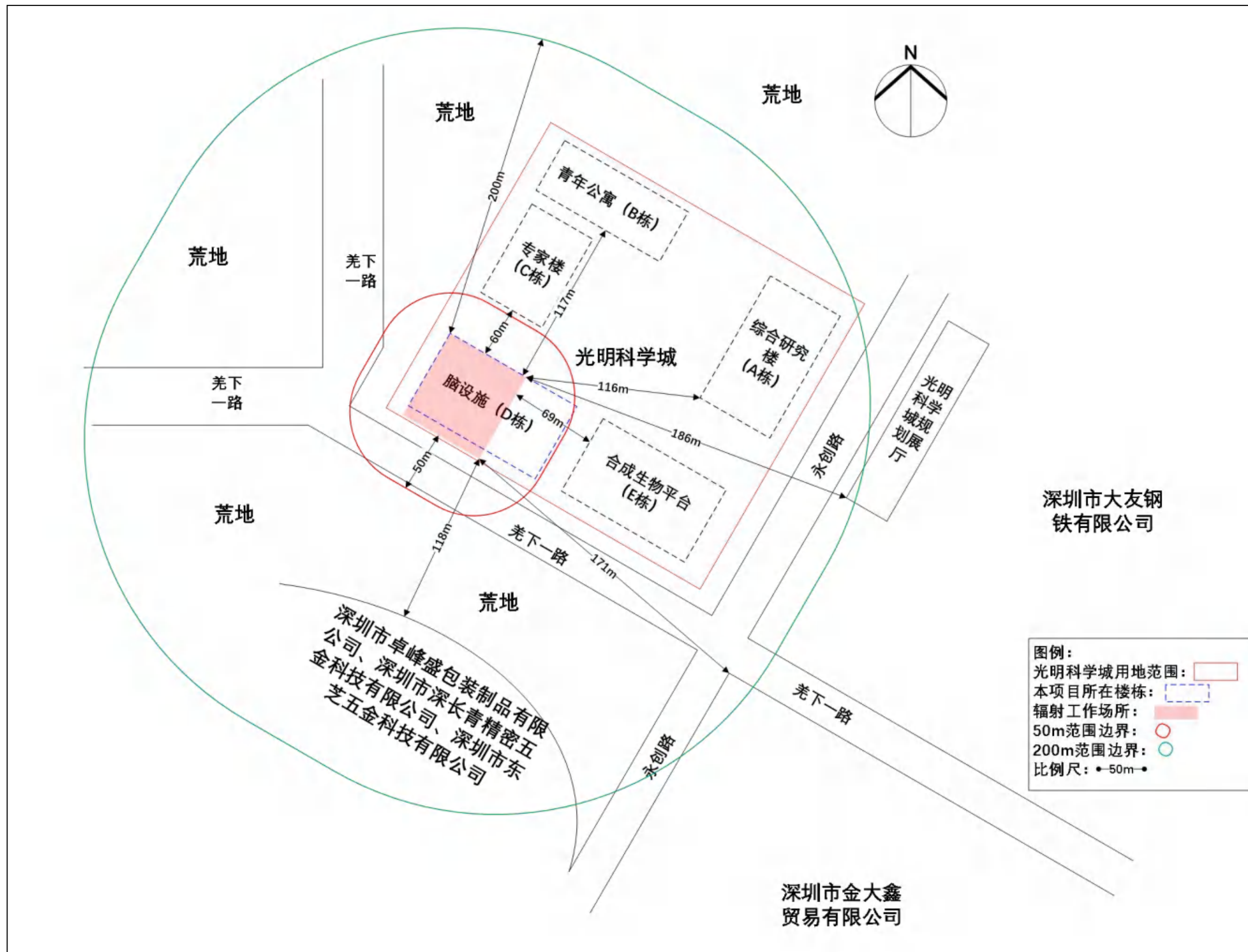


图1-3 本项目50m、200m范围示意图

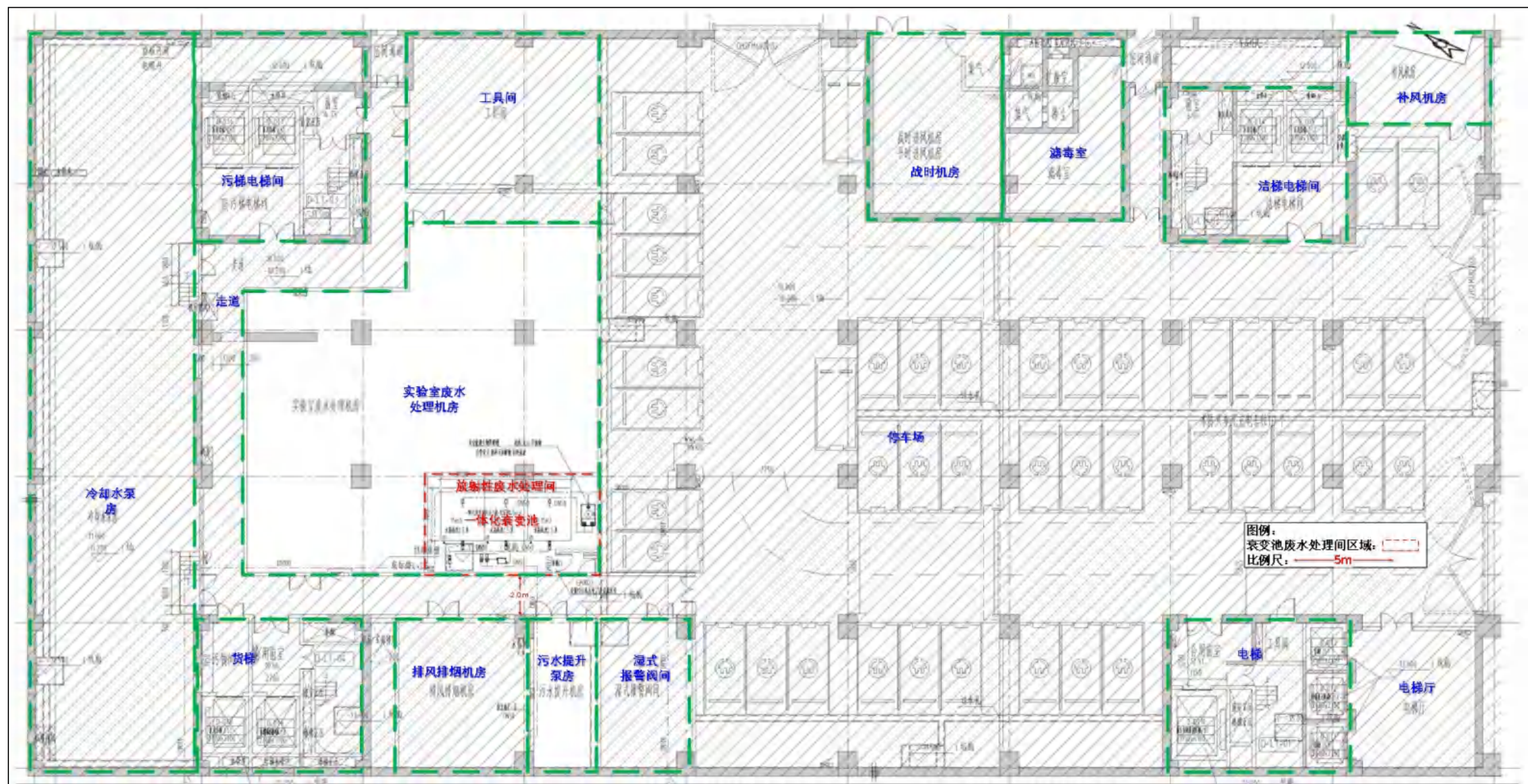


图1-4 D栋负二层平面布局图

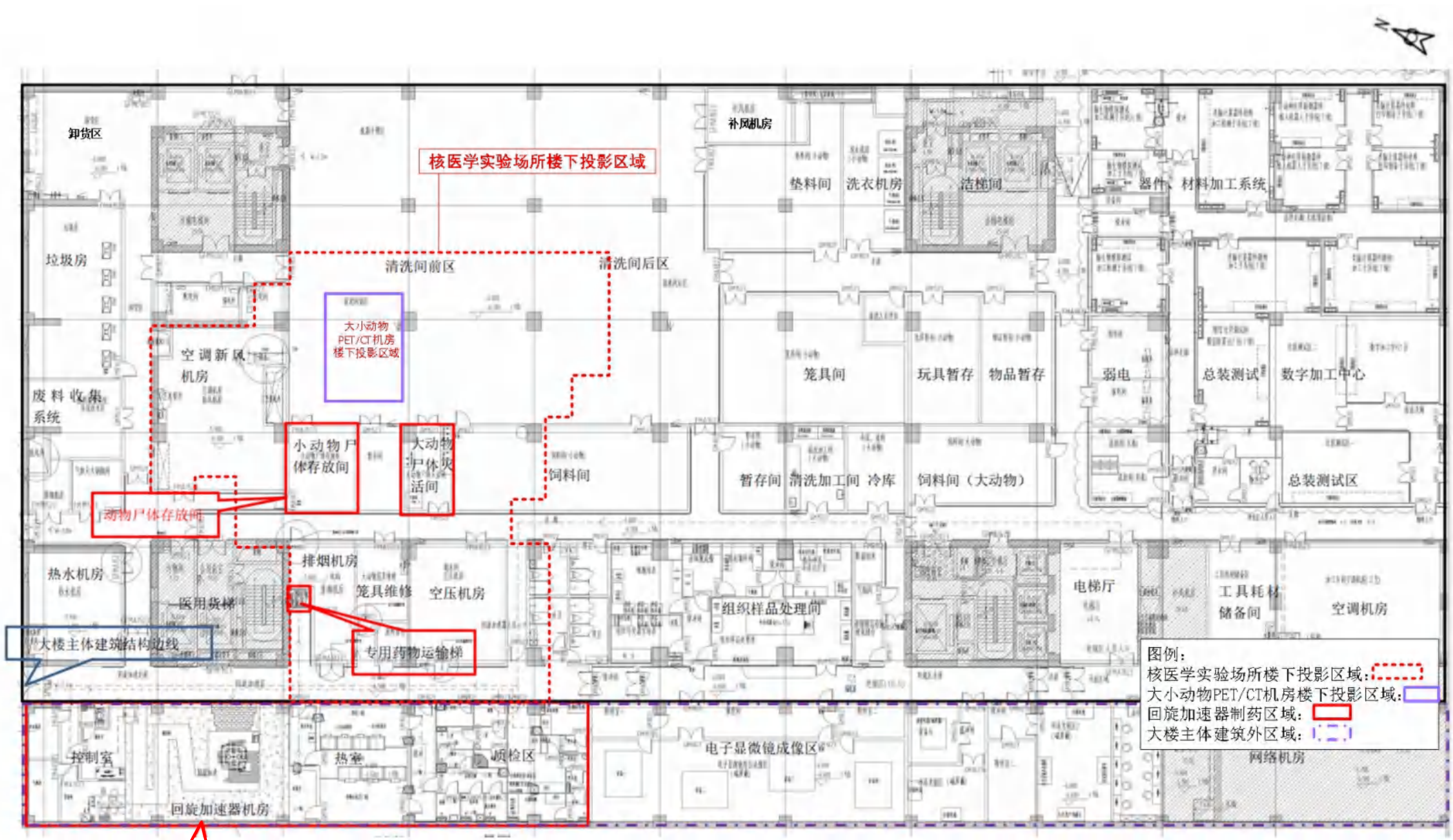


图1-5 D栋负一层平面布局图

说明：大楼主建筑在负一层的区域主要分界线在加速器东南侧墙体，因此回旋加速器制药区域的顶棚与一层建筑基本无重叠。

回旋加速器制药区域（主建筑外）

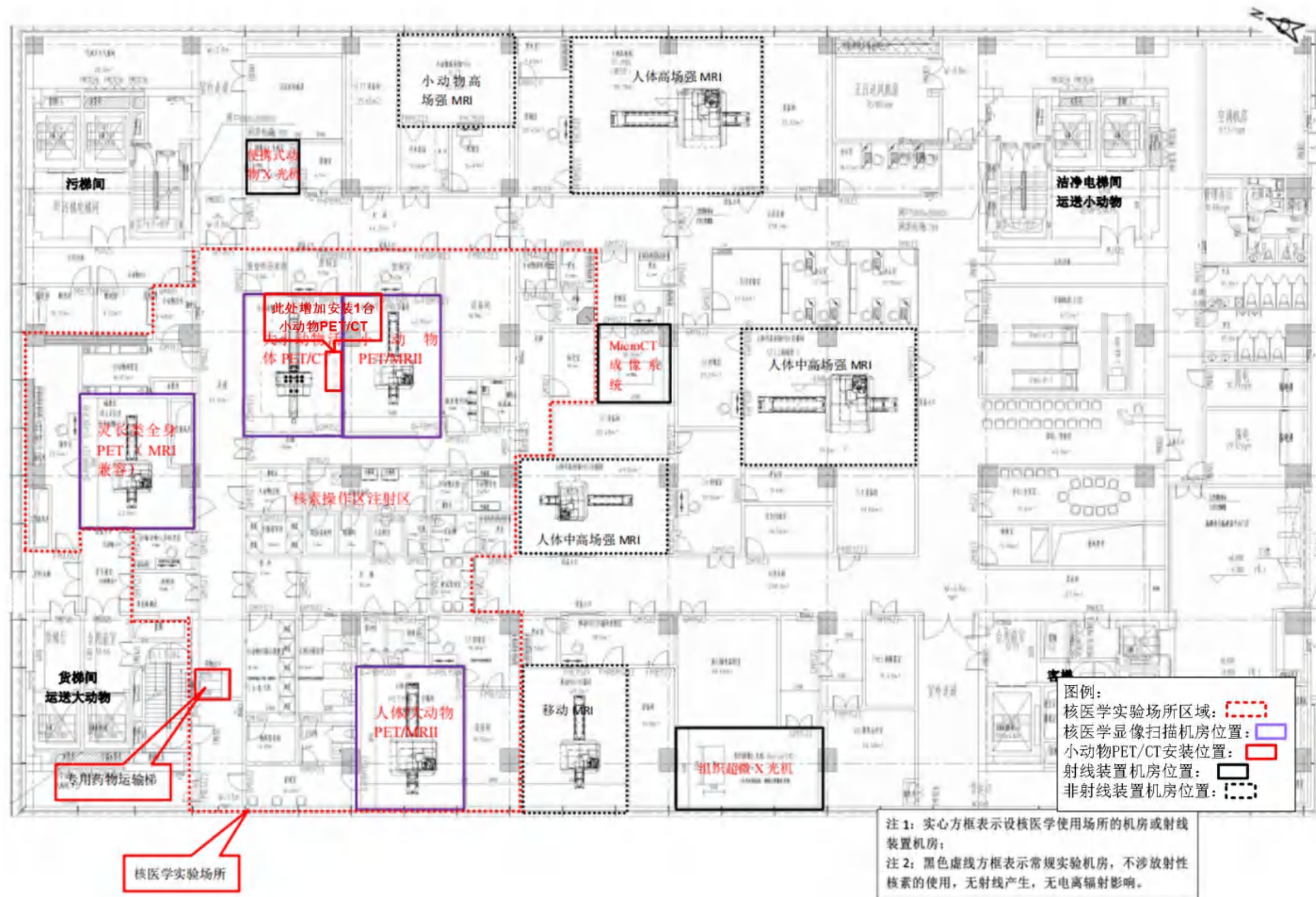


图1-6 D栋一层平面布局图（原环评报告）

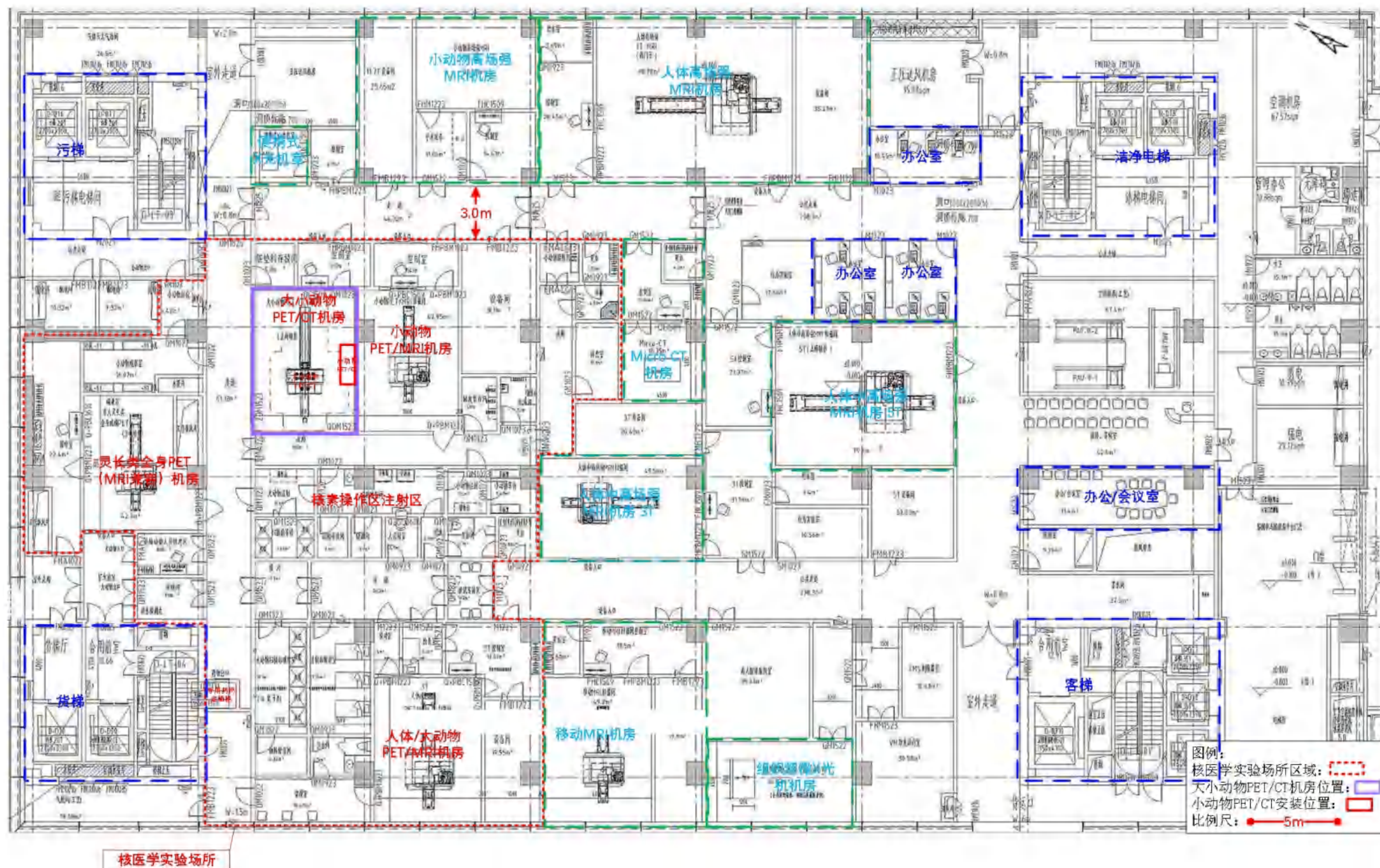


图1-7 D栋一层平面布局图（增加本项目设备后）

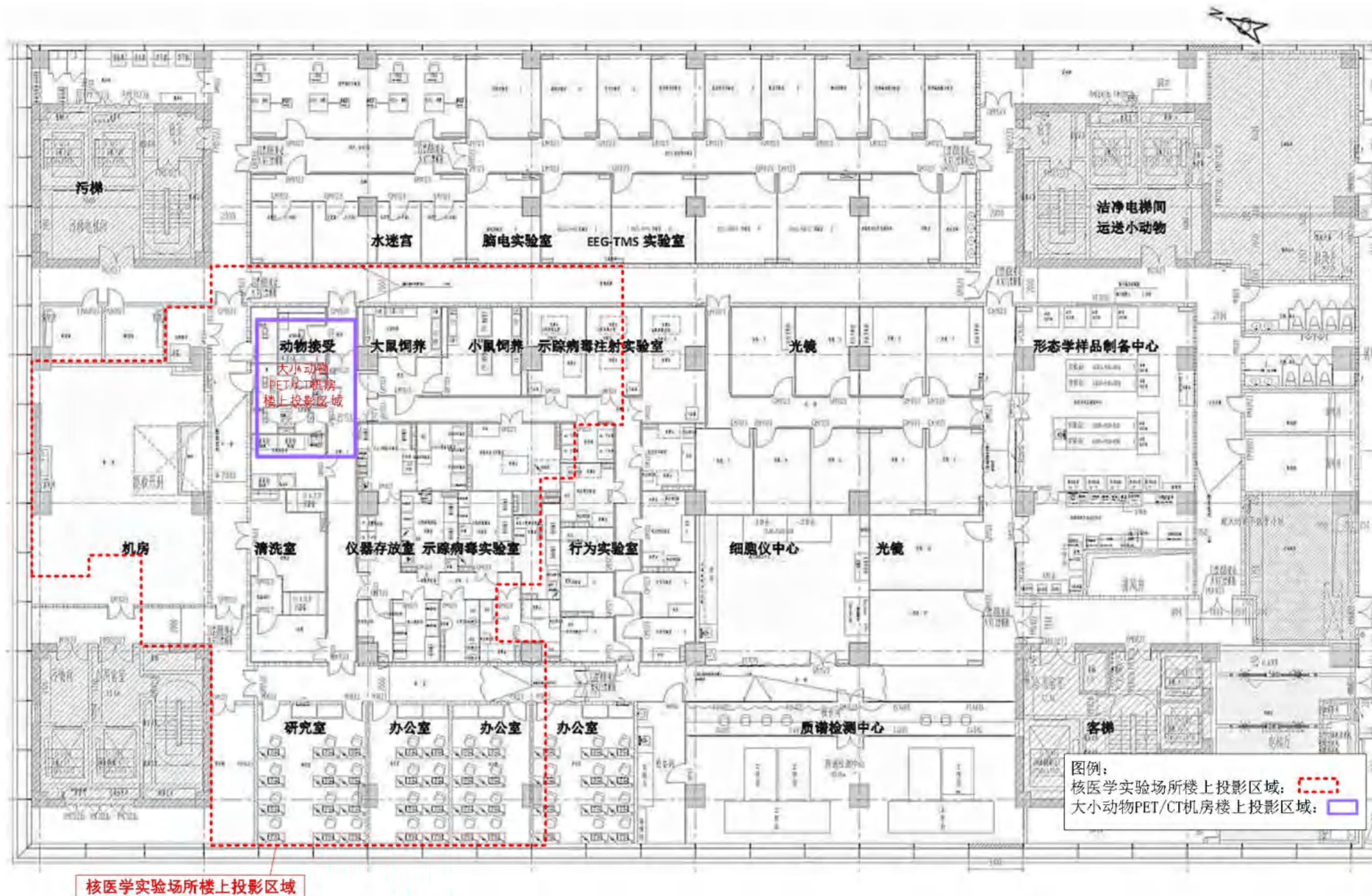


图1-8 D栋二层平面布局图

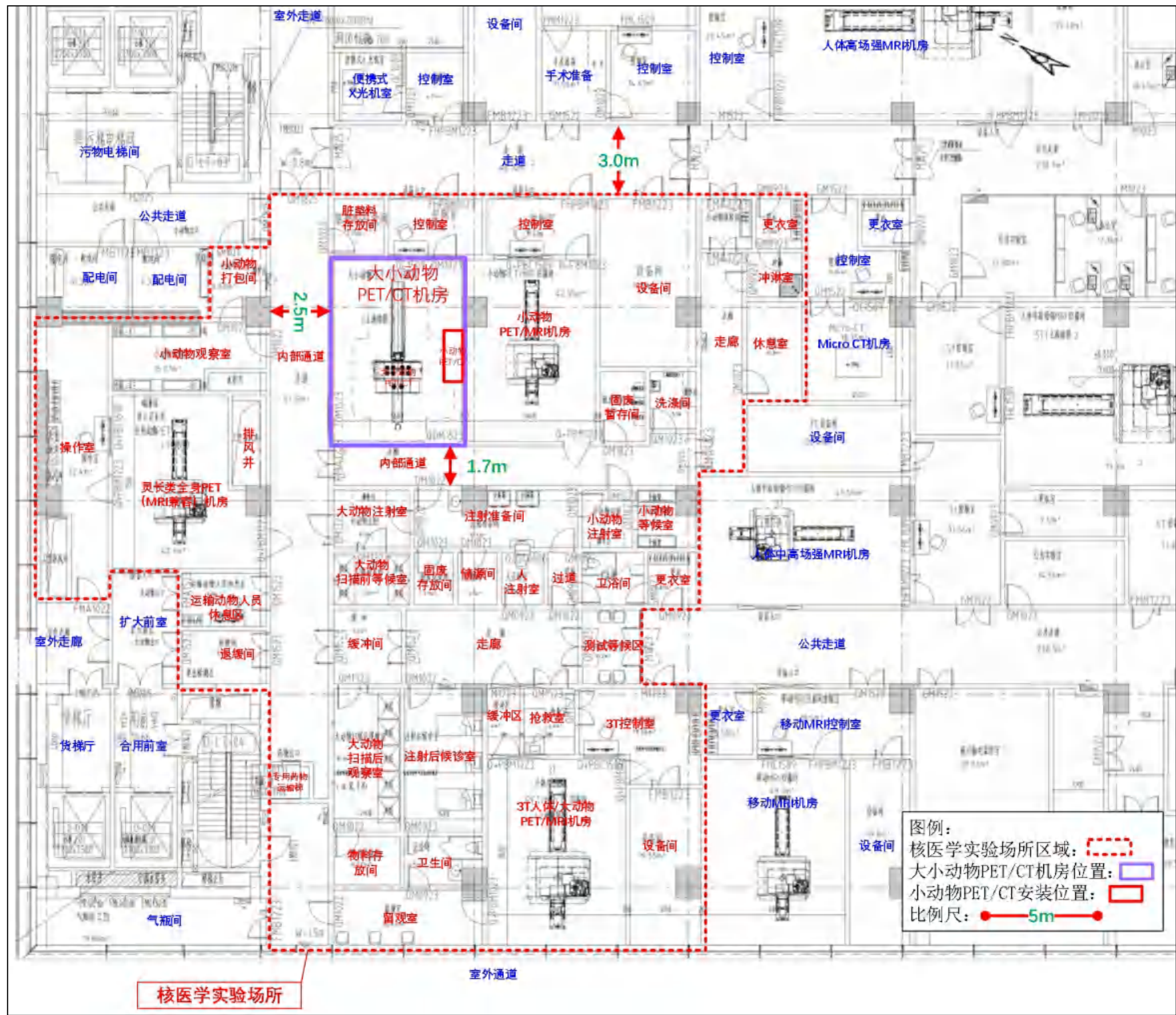


图1-9 本项目四至图

1.7 原有核技术利用项目情况

建设单位现持有辐射安全许可证（编号：粤环辐证[B9141]，见附件3），有效期至2028年04月25日，共许可有8枚密封放射源、5种非密封放射性物质和13台III类射线装置，许可的辐射活动场所包括2个地址：广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号、广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与羌下一路交叉口），其中脑解析与脑模拟平台辐射活动场所位于广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与羌下一路交叉口）场址，其余辐射活动场所位于广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号场址。建设单位辐射安全许可证正本信息见表1.7-1，活动种类和范围见表1.7-2，辐射安全许可证见附件3。

表1.7-1 辐射安全许可证正本信息

单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院
地址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号
法定代表人	樊建平
种类和范围	使用V类放射源；使用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
证书编号	粤环辐证[B9141]
发证日期	2024年07月17日
有效期	2028年04月25日

建设单位事业单位法人证书于2024年8月完成法定代表人变更，已于2024年8月底申请进行辐射安全许可证法定代表人变更手续，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第二十二条“辐射工作单位变更单位名称、地址和法定代表人的，应当自变更登记之日起20日内，向原发证机关申请办理许可证变更手续，并提供许可证变更申请报告”的要求。目前已提交申请，暂未办理完成。

建设单位原有核技术利用项目的环境影响评价手续和项目竣工环保验收情况如下：

（1）环境影响评价手续履行情况介绍

2019年建设单位使用1台PET/MR和放射性核素氟-18开展神经功能代谢成像研究与神经系统疾病早期诊断，全身代谢相关疾病研究，该项目的环境影响评价于2019年11月1日通过广东省环境保护厅审批（粤环审[2019]490号，见附件5.1）。

2020年拟建设脑设施，拟开展回旋加速器制备PET用放射性药物项目、核医学实验项目和普通放射诊断实验项目，该项目的环境影响评价于2020年8月30日通过广东

省环境保护厅审批（粤环审[2020]203号，见附件5.2），目前，该项目正在建设，尚未竣工。

2020年拟建设小动物影像试验室，拟使用1台小动物试验用小型PET/MR扫描仪和放射性核素氟-18用于科研人员进行试验研究，该项目的环评于2020年12月5日通过广东省环境保护厅审批（粤环审[2020]287号，见附件5.3），目前，该项目正在建设，尚未竣工。

(2) 项目竣工环保验收情况介绍

2021年1月对C区一楼西北角丙级非密封源工作场所邀请专家进行了项目竣工环保自主验收，涉及1台PET/MR和放射性核素氟-18，验收合格（验收意见见附件5.4）。

建设单位原有核技术利用项目情况见表1.7-2。

表1.7-2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

(一) 放射源						
序号	核素名称	类别	总活度(贝可)/活度(贝可)×枚数	辐射活动场所名称	环评批复	环保验收
1	Na-22	V类	3.7E+7*4	脑解析与脑模拟平台D栋第一层核医学实验场所	粤环审【2020】203号	建设阶段，尚未投入使用
2	Ge-68	V类	7.4E+7*4			
(二) 非密封放射性物质						
序号	核素名称	场所等级	日等效最大操作量(贝可)	辐射活动场所名称	环评批复	环保验收
1	F-18	丙级	2.22E+6	C区一层9.4T小动物影像实验室	粤环审【2020】287号	建设阶段，尚未投入使用
2	F-18	丙级	3.7E+6	C区一层医学影像实验室	粤环审【2019】490号	2021年1月7日自主验收
3	O-15	乙级	1.48E+7	脑解析与脑模拟平台D栋第一层核医学实验场所	粤环审【2020】203号	建设阶段，尚未投入使用
4	F-18		3.7E+7			
5	Ga-68		1.48E+7			
6	C-11		1.48E+7			
7	N-13		1.48E+7			
(三) 射线装置						
序号	名称	类别	数量	辐射活动场所名称	环评批复	环保验收

1	双立柱动态DR	Ⅲ类	1	C605（1室）	根据深圳市人居环境委员会关于印发《深圳市建设项目环境影响评价审批的备案管理名录》的通知（深人环规〔2018〕1号，2018年7月10日起施行），该6台射线装置均于2023年投入使用，无需进行环境影响登记备案。
2	Arcadis Orbic 3D型三维C臂X光机	Ⅲ类	1		
3	L9181-02型X射线源单元（X射线CT断层扫描射线源）	Ⅲ类	1	C605（2室）	
4	Varian G-242型X射线锥束CT平台装置（X射线CT断层扫描射线源）	Ⅲ类	1		
5	Horizon Wi型双能X射线骨密度仪	Ⅲ类	1	E栋3楼骨密度仪器实验室	
6	Varian G-242型X射线锥束CT平台装置（X射线CT断层扫描射线源）	Ⅲ类	1	F区七层医工所微创中心	
7	DigiEye 280T型数字化医院X射线摄影系统	Ⅲ类	1	脑解析与脑模拟平台D栋十二层（十二层D1223）	粤环审【2020】203号
8	SKYSCAN 1276型X-RAYS	Ⅲ类	1	脑解析与脑模拟平台D栋五层（五层D530）	
9	INALYZER M型Dual energy X-ray Absorptiometry	Ⅲ类	1	脑解析与脑模拟平台D栋五层（五层D539）	
10	VNC-102S型Venus Micro CT	Ⅲ类	1	脑解析与脑模拟平台D栋一层（一层D110a）	
11	uBioEXPLORER型正电子发射及X射线计算机断层成像扫描系统	Ⅲ类	1	脑解析与脑模拟平台D栋一层（一层D119a）	
12	HF400VA型便携式动物X光机	Ⅲ类	1	脑解析与脑模拟平台D栋一层（一层D118a）	
13	SKYSCAN 2214型X-RAY NANOTOMOGRAPH	Ⅲ类	1	脑解析与脑模拟平台D栋一层（一层D143a）	
					建设阶段，尚未投入使用

由表1.7-1和表1.7-2可知，建设单位《辐射安全许可证》处于有效期内，现有核技术利用项目均已履行环保相关手续，辐射安全许可证管理满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

1.8 辐射安全管理情况

1.8.1 辐射安全管理机构设置情况

本项目为核技术利用扩建项目，建设单位已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，在原有核技术利用项目运行前已成立了辐射环境保护管理机构。原有的辐射安全与环境保护管理机构成员包括放射源及射线装置使用部门的负责人、使用人员等，各人员的职责分工明确，能够满足原有核技术利用项目运行过程中辐射防护管理和监督的需要。**原有核技术利用项目运行过程中，未发生过辐射事故。**

1.8.2 辐射安全管理制度情况

建设单位在原有核技术利用项目运行中已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相应要求，制定了《中国科学院深圳先进技术研究院辐射事故应急处理预案》《中国科学院深圳先进技术研究院辐射防护和安全保卫制度》《中国科学院深圳先进技术研究院辐射安全管理制度》《中国科学院深圳先进技术研究院年度评估报告备案制度》《中国科学院深圳先进技术研究院辐射防护设施维护检修登记制度》《中国科学院深圳先进技术研究院辐射工作人员培训制度》《中国科学院深圳先进技术研究院辐射工作人员个人剂量管理制度》《中国科学院深圳先进技术研究院辐射场所监测方案》《中国科学院深圳先进技术研究院放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》、《中国科学院深圳先进技术研究院同位素安全操作规程与岗位职责》《中国科学院深圳先进技术研究院实验室非密封放射性工作制度》《中国科学院深圳先进技术研究院放射性废物处理制度》《放射性污染去污操作规程》《III类射线装置操作规程》等相关辐射安全管理制度和操作规程（见附件7），辐射管理制度完备，满足辐射管理工作要求，相关制度落实情况较好。

1.8.3 辐射工作人员培训情况

建设单位现有辐射工作人员共 30 名，其中 9 名辐射工作人员（从事非密封放射性物质操作，包括拟从事脑设施有关的辐射工作人员 7 人）已按要求在国家核技术利用辐射安全与培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）参加辐射安全与防护培训考核合格并取

得培训证书，21名辐射工作人员（从事Ⅲ类射线装置操作）参加自主培训并考核合格。建设单位辐射工作人员培训均在有效期内，已安排专人负责培训档案的管理。

1.8.4 辐射监测情况

（1）个人剂量监测情况

建设单位广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号场址现有辐射工作人员均已配置有个人剂量计，并按时进行个人剂量监测，建档保存。脑设施场所尚处于建设阶段，其辐射工作人员尚无个人剂量监测结果。根据建设单位提供的四个季度（2023年7月至2024年7月）个人剂量监测报告（见附件8）可知，建设单位委托广东瑞迪检测技术有限公司（CMA证书编号：201919124397）进行个人剂量监测，个人剂量监测周期连续，辐射工作人员个人剂量监测值均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。单期个人剂量监测结果最大值为0.09mSv（张雪映，2023年第四季度，未超过监测周期调查水平）。建设单位2023年第三季度还存在1名辐射工作人员个人剂量计丢失的现象，监测单位采用同一监测周期内从事相同工作的工作人员接受的平均剂量作为名义剂量。

为此，建设单位已修订个人剂量监测管理制度（具体见附件7.13），由专人负责对辐射工作人员的个人剂量计佩戴及监测情况进行监督检查，确保所有辐射工作人员规范佩戴个人剂量计并按时参加个人剂量监测。

（2）工作场所辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，建设单位已委托核工业二七〇研究所对辐射工作场所进行辐射水平监测，监测报告存档。检测报告截图见图1-10。

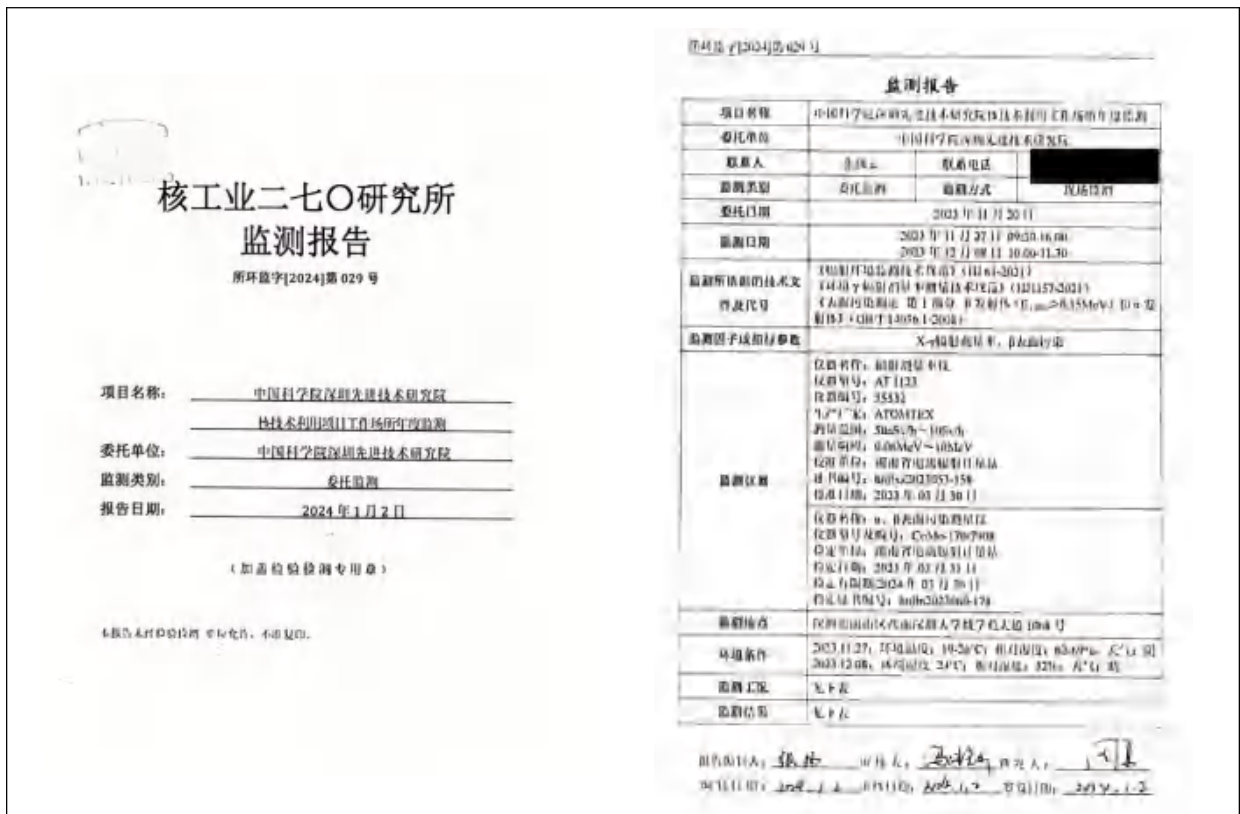


图 1-10 检测报告截图（部分）

1.8.5 年度评估报告

建设单位已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，对本年度辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等情况进行总结，编写辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向主管部门提交上一年度的评估报告。建设单位已于2024年01月17日提交了上一年度的辐射防护安全评估报告，建设单位2023年年度评估报告提交情况界面截图见图1-11。



图1-11 建设单位2023年年度评估提交情况界面截图

1.9 本项目与原有项目的依托关系

建设单位原已在广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号场址开展核技术利用项目，均处于正常运行中，广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与羌下一路交叉口）场址辐射工作场所仍处于建设阶段，尚未运行。本项目与建设单位原有项目的依托关系见表1.9-1。

表1.9-1 本项目与原有项目依托情况

类别	依托情况
辐射工作人员	本项目辐射工作人员均依托脑设施辐射工作人员（原环评报告中拟配备18名辐射工作人员）。脑设施尚处于建设阶段，已配置7名辐射工作人员，其余人员暂未到位。
放射性药物	本项目放射性药物均依托原环评报告中的回旋加速器进行生产。原环评报告中药物生产量足够满足原核医学实验和本项目实验的使用需要。
实验小动物	本项目实验小动物均由本楼栋动物饲养场所饲养，且小动物不仅仅只用于小动物PET/CT显像实验，也用于其他非辐射相关实验。
辐射工作场所平面布局和路线规划	本项目核医学实验场所均依托原环评报告中的辐射工作场所平面布局和路线规划，不增加辐射工作场所。
辐射监测设备	本项目所需的辐射监测设备均拟依托脑设施原计划购置的辐射监测设备。脑设施尚处于建设阶段，辐射监测设备尚未完全购置。
辐射安全装置和防护用品	本项目所需的个人防护用品、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等辐射安全装置均拟依托核医学实验场所原计划配置，在此基础上增加电力联锁开关，确保大小动物活体PET/CT机房中两台设备仅有一台设备能通电。
放射性三废处理设施	本项目放射性三废均依托原环评报告中的放射性三废处理设施进行处置。
辐射安全管理制度和应急预案	针对本项目，建设单位将根据拟购买的设备补充制定针对性的设备操作规程等制度，并将本项目的相关内容纳入原有管理制度体系中。
辐射监测计划	建设单位已建立辐射监测计划，拟在本项目建成后纳入原辐射监测计划中。

1.10 本项目对原有项目的影响

本项目拟在大小动物PET/CT机房中增加使用一台小动物PET/CT，且限制大小动物PET/CT机房中的原大小动物PET/CT与本项目小动物PET/CT不能同时通电使用。本项目扩建后，原核医学实验的平面布局、路线规划、放射性核素用量、放射性三废处理等均与原环评保持一致。因增加了本项目的辐射工作内容，在保持辐射工作人员配置不变的前提下，辐射工作人员所受年有效剂量会相应增加。

表 2 放射源

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

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

表 3非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	¹⁸ F	液态	使用	3.7E+10	3.7E+07	9.25E+12	PET 显像检查	很简单操作	第一层核医学实验场所	核医学实验场所储藏源间
2	¹¹ C	液态	使用	1.48E+10	1.48E+07	3.7E+12	PET 显像检查	很简单操作	第一层核医学实验场所	核医学实验场所储藏源间
3	¹³ N	液态	使用	1.48E+10	1.48E+07	3.7E+12	PET 显像检查	很简单操作	第一层核医学实验场所	核医学实验场所储藏源间
4	¹⁵ O	液态	使用	1.48E+10	1.48E+07	3.7E+12	PET 显像检查	很简单操作	第一层核医学实验场所	核医学实验场所储藏源间
5	⁶⁸ Ga	液态	使用	1.48E+10	1.48E+07	3.7E+12	PET 显像检查	很简单操作	第一层核医学实验场所	核医学实验场所储藏源间

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

表 4射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	小动物PET/CT	III类	1	MadicLAB PSA146	80	0.7	小动物显像检查 研究	大小动物 PET/CT 机房	使用

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废液	液态	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{68}Ga	-	-	-	衰变池排放口总 β <10Bq/L	衰变池暂存，达标排放	暂存超过 30 天，满足 HJ1188-2021 规定的限制后，排入园区污水处理站。
短半衰期放射性固体废物（被污染的一次性针管、手套、废纸、废活性炭等）	固态	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{68}Ga	-	-	-	β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² 的，辐射剂量率满足所处环境本底水平	收集暂存于废物桶内	暂存超过 30 天，经检测达到清洁解控水平后，按一般医疗废物处理
放射性废气	气态	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{68}Ga	-	微量	微量	-	-	经专用的抽风管到楼顶设置的高效活性炭过滤吸附装置处理后排放。过滤吸附装置定期更换。
短半衰期动物尸体	固态	短半衰期动物尸体	-	-	-	-	-	动物尸体、废弃动物组织等经灭活后暂在负一层处理间冰箱内暂存，最终以普通医疗动物尸体进行无害化处理。
臭氧、氮氧化物	气态	-	-	-	-	-	-	工作场所具有良好的通风系统，经专用的抽风管到楼顶设置的高效活性炭过滤吸附装置处理后排放。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(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 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二次修正）；</p> <p>(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 日起施行）；</p> <p>(4) 《广东省未成年人保护条例》（2009 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日经国务院令 449 号公布；2014 年 7 月 29 日经国务院令 653 号修改；2019 年 3 月 2 日经国务院令 709 号修改）；</p> <p>(6) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院第 682 号令，2017 年 6 月 21 日通过，2017 年 10 月 1 日施行）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日，国家环境保护总局令 31 号公布；2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修改；2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修改；2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 7 号修改；2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 20 号修改）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(10) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局 公告 2017 年第 65 号），自 2018 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《关于发布〈放射源分类办法〉的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），自 2005 年 12 月 23 日起施行；</p> <p>(12) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号），自 2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令</p>
-------------	---

	<p>第9号），2019年11月1日起施行）；</p> <p>（14）《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23日）；</p> <p>（15）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145号）；</p> <p>（16）《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）；</p> <p>（17）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，中华人民共和国环境保护部办公厅，环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日发布；</p> <p>（18）《深圳市建设项目环境影响评价审批和备案管理名录（2021年版）》（深圳市生态环境局，深环规〔2020〕3号，2021年1月15日发布）；</p> <p>（19）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号，2023年12月27日发布）；</p> <p>（20）国家环境保护部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号，2017年11月20日）；</p> <p>（21）《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部第9号公告，2018年5月16日）。</p>
<p>技术标准</p>	<p>（1）《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>（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》（HJ 10.1—2016）；</p> <p>（3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>（4）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；</p> <p>（5）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>（6）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>（7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>（8）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；</p> <p>（9）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）；</p> <p>（10）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；</p> <p>（11）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p>

	<p>(12) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019) ;</p> <p>(13) 《职业性内照射个人监测规范》 (GBZ 129-2016) ;</p> <p>(14) 《水中总β放射性测定 蒸发法》 (EJ/T 900-1994) ;</p> <p>(15) 《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) 。</p>
其他	<p>参考文献</p> <p>[1] 《辐射防护手册 第1分册 辐射源与屏蔽[M]》李德平, 潘自强主编, 北京: 原子能出版社.1987;</p> <p>[2] 《辐射防护手册 第3分册 辐射安全[M]》李德平, 潘自强主编, 北京: 原子能出版社.1990;</p> <p>[3] 《中国环境天然放射性水平》 (原子能出版社 2015 年);</p> <p>[4] 《核技术应用项目的辐射防护与安全》, 黄嘉麟、廖彤、刘宝华;</p> <p>[5] 《环境科学》 (1987年第2期, 深圳市土壤中总β、总α放射性水平, 刘祖森, 汤凌全);</p> <p>[6] 《医用电离辐射放射防护名词术语标准》 (WS/T 831-2024);</p> <p>[7] 《放射防护实用手册》 (赵兰才 张丹枫主编) 。</p>
	<p>其他资料</p> <p>1.建设单位提供的其他相关技术资料。</p> <p>2.本项目环评委托书。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大。本项目所在的核医学实验场所为乙级非密封放射性物质工作场所，小动物 PET/CT 为 III 类射线装置，评价范围为本项目核医学实验场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围，评价范围示意图见图 1-4。

7.2 保护目标

本项目保护目标为项目辐射工作人员、辐射工作场所以及评价范围内的公众，保护目标一览表见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目保护目标一览表

项目	场所名称	方位	距离	保护目标	规模	剂量约束值
核医学实验场所	场所内	内部	/	辐射工作人员	约 18 人	5mSv/a
	移动 MRI 机房及其控制室、设备间	东南侧	距东南侧屏蔽体 0~8.6m	公众	约 2 人	0.1mSv/a
	组织超微 X 光机机房	东南侧	距东南侧屏蔽体 8.6~17m	辐射工作人员	约 2 人	5mSv/a
	病人电脑监控室及其控制室	东南侧	距东南侧屏蔽体 8.6~17m	公众	约 5 人	0.1mSv/a
	VR 康复治疗室、TMS 刺激器室	东南侧	距东南侧屏蔽体 17~23m	公众	约 5 人	
	通道、客梯、电梯厅	东南侧	距东南侧屏蔽体 23~46m	公众	流动人口	
	人体中高场强 MRI (3T) 机房及其设备、控制室	东南侧	距东南侧屏蔽体 0~13m	公众	约 2 人	
	更衣室、洗涤间	东南侧	距东南侧屏蔽体 13~18m	公众	约 2 人	
	MicroCT 及其	东南侧	距东南侧屏蔽体 0~4.8m	辐射工	约 2 人	5mSv/a

控制室			作人员		
人体中高场强 MRI (5T) 及其控制室、设备间	东南侧	距东南侧屏蔽体 4.8~23m	公众	约 2 人	0.1mSv/a
行为实验室	东南侧	距东南侧屏蔽体 2.1~6.1m	公众	约 2 人	
研究员办公室	东南侧	距东南侧屏蔽体 6.1~14m	公众	约 5 人	
空调机房	东南侧	距东南侧屏蔽体 22~34m	公众	约 1 人	
办公/会议室	东南侧	距东南侧屏蔽体 22~34m	公众	约 20 人	
抢救室	东南侧	距东南侧屏蔽体 22~31m	公众	约 20 人	
门厅、管理办公室、卫生间、弱电间	东南侧	距东南侧屏蔽体 32~42m	公众	约 10 人	
室外道路	东南侧	距东南侧屏蔽体 42~50m	公众	流动人群	
污梯间	东北侧	距东北侧屏蔽体 0~18m	公众	约 10 人	
便携式动物 X 光机室及其控制室	东北侧	距东北侧屏蔽体 3~6m	辐射工作人员	约 2 人	
正压送风机房	东北侧	距东北侧屏蔽体 6~11m	公众	约 1 人	0.1mSv/a
小动物高场强 MRI 机房及其设备间、控制室	东北侧	距东北侧屏蔽体 3~11m	公众	约 2 人	
人体高磁场 7T MRI 机房及其控制室、更衣室、设备间	东北侧	距东北侧屏蔽体 3~14m	公众	约 2 人	
办公室	东北侧	距东北侧屏蔽体 14~20m	公众	约 5 人	
洁净电梯间	东北侧	距东北侧屏蔽体 24~39m	公众	约 5 人	
室外道路	东北侧	距东北侧屏蔽体 11~50m	公众	流动人群	
室外道路	西南侧	距东北侧屏蔽体 0~50m	公众	流动人群	
室外道路	西北侧	距西北侧屏蔽体 0~50m	公众	流动人群	
笼具维修间、清洗间、饲料间、动物尸体存放间	楼下	/	公众	约 5 人	
仪器存放间、离心机房、动物饲养间、实验室	楼上	/	公众	约 5 人	

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值 and 剂量约束值

本项目剂量限值和剂量约束值相关标准要求见表 7.3-1。

表 7.3-1 剂量限值及剂量约束值相关标准

指标	标准	章节	具体内容
剂量限值	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002)	B1.1 职业照射	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； b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。
		B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关 关键人群 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； b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1 mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。
剂量约束值	《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ 1188-2021)	4.4.2.1	一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a。
		4.4.2.2	公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），本项目辐射工作人员叠加回旋加速器操作和核医学实验操作工作后剂量约束值为 5mSv/a，公众剂量约束值为 0.1mSv/a。

7.3.2 辐射工作场所周围剂量当量率控制水平

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关规定，本项目辐射工作场所边界周围剂量当量率控制水平取值见表 7.3-2。

表 7.3-2 本项目辐射工作场所周围剂量当量率控制水平

辐射工作场所	控制水平要求
核医学辐射工作场所	<p>HJ 1188-2021 第 6.1.5:</p> <p>距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。</p> <p>根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）： 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)第 6.1.5 节规定的具体含义为： (1)控制区内工作人员经常性停留的场所(人员居留因子$\geq 1/2$)，周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h； (2)控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所(人员居留因子$< 1/2$)，如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外，核素治疗病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 10μSv/h。</p>

	<p>HJ 1188-2021 第 6.1.6: 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构, 以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h, 放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。</p> <p>HJ 1188-2021 第 6.1.7: 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施, 以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。</p>
--	---

7.3.3 工作场所表面污染控制水平

本项目非密封源工作场所的放射性表面污染控制水平执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 的有关规定, 见表 7.3-3。

表 7.3-3 非密封源工作场所的表面放射性物质污染控制水平 (Bq/cm²)

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4 \times 10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4 \times 10 ⁻¹

注: 本项目无 α 衰变核素。

7.3.4 放射性三废排放控制水平

本项目放射性三废排放控制水平执行参考《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) 中的相关规定, 具体内容见表 7.3-4。

表 7.3-4 放射性三废排放控制水平

名称	参考标准	章节	具体内容
放射性废液	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	7.3.3.1	<p>对于槽式衰变池贮存方式:</p> <p>a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放;</p> <p>b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期 (含碘-131 核素的暂存超过 180 天), 监测结果经审管部门认可后, 按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。</p>
固体放射性废物	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	7.2.3.1	<p>固体放射性废物暂存时间满足下列要求的, 经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平, α表面污染小于 0.08Bq/cm²、β表面污染小于 0.8Bq/cm² 的, 可对废物清洁解控并作为医疗废物处理:</p> <p>a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存</p>

			时间超过 30 天； b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期 10 倍。
		7.2.3.2	不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对β和γ发射体以及低毒性α发射体应小于 4Bq/cm ² 、其他α发射体应小于 0.4Bq/cm ² 。
	《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)	8.8	每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。
气态放射性废物	《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)	5.2.3	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。

注：本项目无α衰变核素和碘-131。

7.4 标准其他要求

7.4.1 非密封源工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 C 中表 C1，应按表 7.4-1 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量 (Bq) 与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

表 7.4-1 非密封源工作场所的分级

分级	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 $\sim 2 \times 10^7$

7.4.2 非密封源工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)附录 G，日操作最大量放射性核素的加权活度 (MBq) 等于计划的日操作最大活度与该核素毒性权重因子的积除以与操作性质修正因子所得的商。

表 7.4-2 核医学工作场所分类一览表

分类	日操作最大量放射性核素的加权活度/MBq
I	> 50000
II	$50 \sim 50000$
III	< 50

7.4.3 X 射线设备机房使用面积及单边长度

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合下表的规定。

表 7.4-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

7.4.4 X 射线设备机房屏蔽防护

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于下表的规定。

表 7.4-4 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
CT 机房（不含头颅移动 CT）、CT 模拟定位机房	2.5	

7.4.5 解控

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，已通知或已获准实践中的源（包括物质、材料和物品），如果符合审管部门规定的清洁解控水平（审管部门规定的、以活度浓度和（或）总活度表示的值，辐射源的活度浓度和（或）总活度等于或低于该值时，可以不再受审管部门的审管），则经审管部门认可，将其解控。

表 7.4-5 作为申报豁免基础的豁免水平：放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度

核素	活度浓度 (Bq/g)	活度 (Bq)
O-15	1E+02	1E+09
F-18	1E+01	1E+06

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于光明科学城 D 栋（地下两层，地上十四层）第一层核医学实验场所，放射性废水处理间位于 D 栋负二层，周边环境与原环评报告一致。回旋加速器制药区和核医学实验场所尚处于建设阶段，暂未进行竣工环境保护验收，本项目小动物 PET/CT 暂未安装，项目及周围环境现场照片见图 8.1-1。



光明科学城现状



D 栋负一层回旋加速器现状



D 栋负一层热室现状



D 栋负一层质检区现状



D 栋负一层电子显微镜成像区现状 1



D 栋负一层电子显微镜成像区现状 2



专用药物运输梯
(仅在 D 栋负一层和第一层之间运行)



本项目小动物 PET/CT
拟安装位置

D 栋第一层大小动物活体 PET/CT 机房现状
(本项目所在机房)



D 栋第二层动物接收室
(本项目机房楼上区域)



D 栋第二层实验室走廊
(核医学实验室楼上区域)



D 栋负二层放射性废水处理间



D 栋负二层一体化衰变池



D 栋负二层取样槽



D 栋负二层废液降解槽



D 栋屋顶总排风出口



D 栋屋顶排风管道活性炭吸附塔



光明科学城中部绿化区



项目所在 D 栋入口



D 栋东南侧 E 栋



项目东南侧合成生物平台（E 栋入口）



项目东南侧光明科学城入口



项目南侧深圳市金大鑫贸易有限公司



项目西北侧园区内道路



项目西南侧荒地



回旋加速器制药区上方绿化区



项目西南侧荒地

图 8.1-1 评价项目及周边的环境现状

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象及监测因子

本项目环境现状监测及评价对象为辐射工作场所及周围环境。

该辐射工作场所使用非密封放射性物质和 X 射线机开展工作，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，X 射线机（包括 CT 机）在运行前对屏蔽墙或自屏蔽体外 30cm 处的 X-γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测；应用非密封放射性物质启用前需监测γ辐射、土壤、地表水和底泥。

本项目所在的核医学实验场所和回旋加速器制药区均尚处于建设阶段，尚未启用，故本次监测属于应用非密封放射性物质启用前的监测，仅需监测γ辐射、土壤、地表水和底泥。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）：如应用核素难以分析，可用总放替代。本项目使用核素中，暂未发布土壤中 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 放射性的评价标准，故未检测土壤中 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 放射性，且本项目无α衰变核素，因此仅对土壤中总β放射性进行检测分析。

本项目监测因子见表 8.2-1。

表 8.2-1 本项目监测因子

应用类型	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）	监测因子	备注
非密封放射性物质	γ辐射空气吸收剂量率、土壤、地表水和底泥（废水不对外排放且无泄漏的，则不需监测地表水和底泥）	γ辐射空气吸收剂量率、土壤	废水由污水管道排至污水处理站，不外排且无泄漏，不需要监测地表水和底泥
射线装置（X 射线机）	γ辐射空气吸收剂量率	γ辐射空气吸收剂量率	/

综上所述，本项目监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率、土壤中总 β 放射性。

8.2.2 监测点位

本次监测目的主要是了解项目拟建场所环境辐射现状水平。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的辐射环境质量监测布点原则和要求进行监测布点，本项目的环境辐射现状监测点位主要位于本项目辐射工作场所及周边环境室内、室外空地和道路，开展道路测量时，点位应设置在道路中心线；开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。测量时，仪器探头中心距离地面 1m。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）5.3 核技术利用辐射环境监测的布点要求，结合本评价项目的评价范围，本次监测以本项目工作场所为中心，半径 200m 范围内布点，测量点参考原环评报告室外布点并覆盖周围环境敏感点，共布设 94 个监测点位。

土壤采样点根据深圳市常年主导风向和放射性废气排放情况进行选择。

结合项目建设内容，本项目监测点位布置情况见表 8.2-2，监测布点见图 8.2-1 至 8.2-6。

表 8.2-2 本项目监测点位布置情况

监测因子	监测点位
γ 辐射空气吸收剂量率	室内点位 77 个，道路点位 17 个，共 94 个。
土壤	本项目核医学实验场所东北侧约 20m 绿化带（上风向）、本项目核医学实验场所西南侧约 3m 绿化带（下风向，回旋加速器上方）

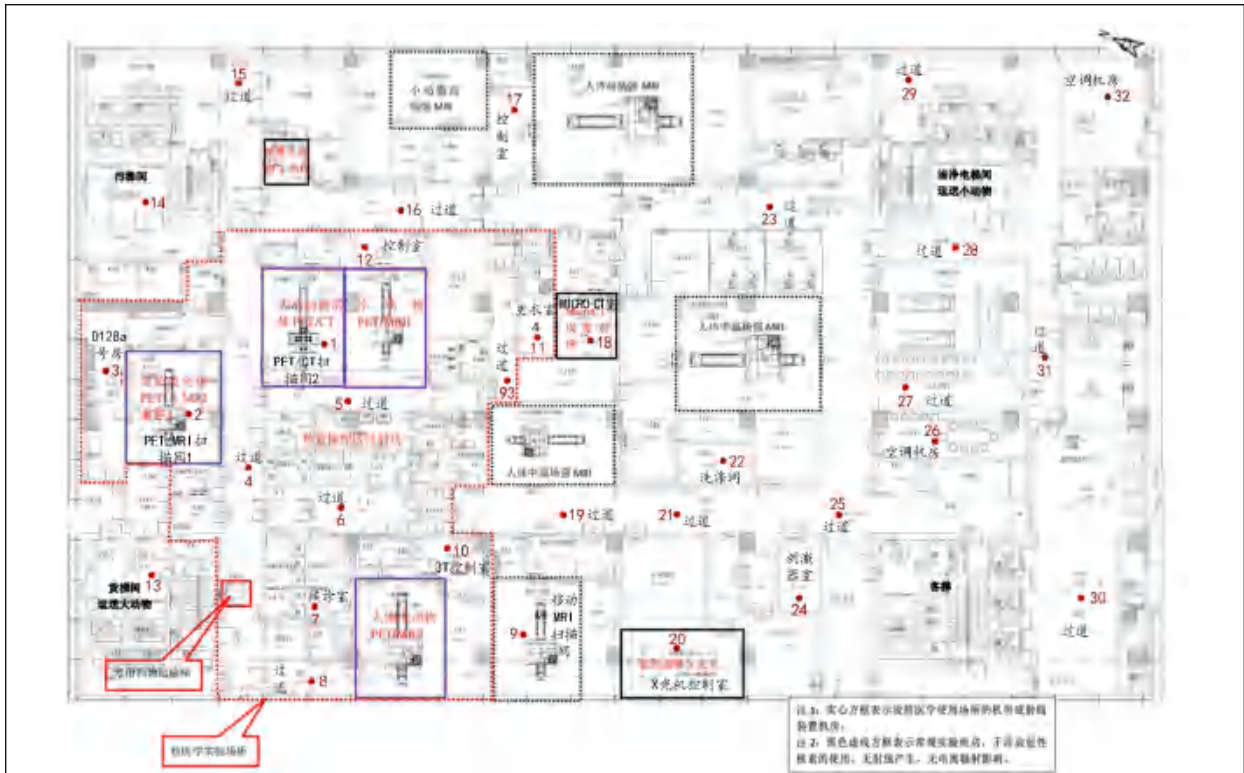


图 8.2-1 D 栋一楼点位布设图

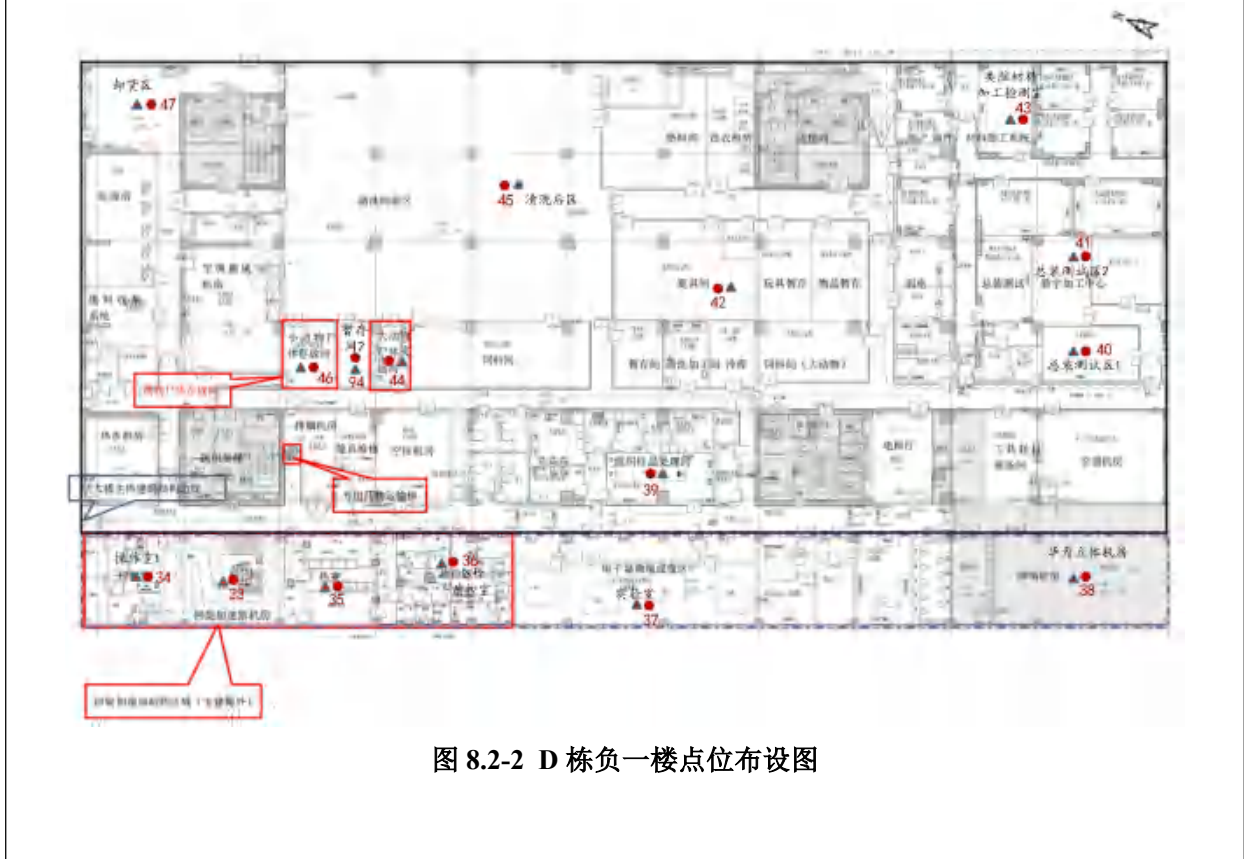


图 8.2-2 D 栋负一楼点位布设图

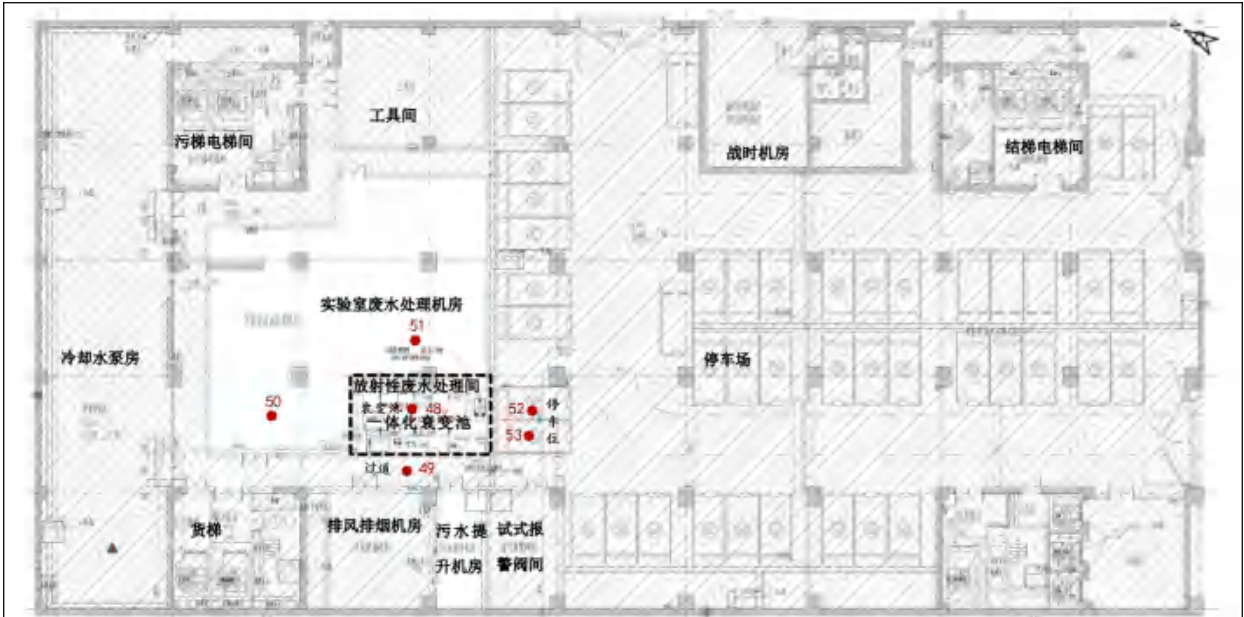


图 8.2-3 D 栋负二楼点位布设图



图8.2-4 D栋二楼点位布设图

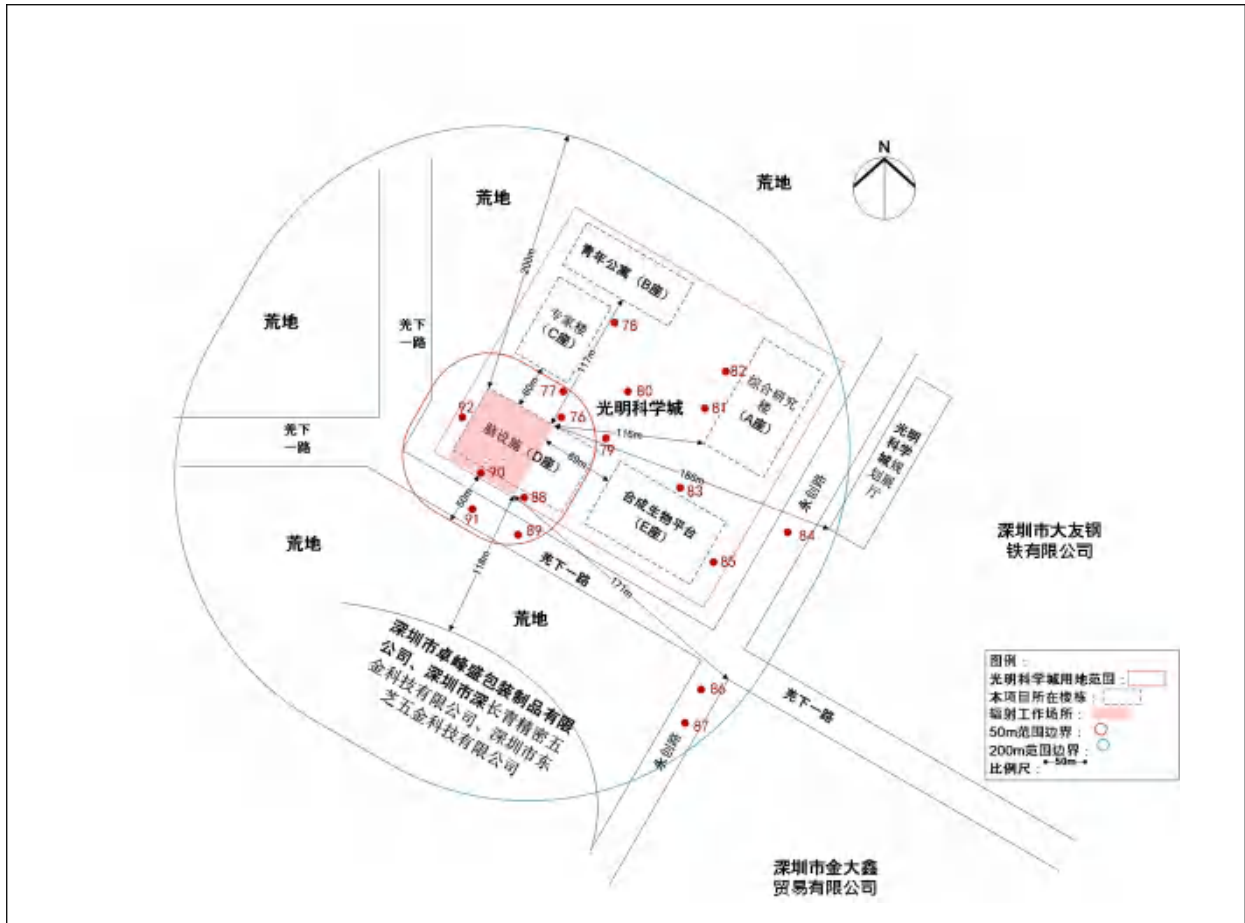


图8.2-5 拟建辐射工作场所及周边环境监测布点示意图

根据深圳国家基本气象站 1999-2018 年共 20 年气候资料统计风频玫瑰图可知，深圳市常年主导风向为东北风，本项目土壤采样点位于本项目核医学实验场所东北侧（上风向）和西南侧（下风向）。本项目土壤采样点位布置图见图 8.2-6。

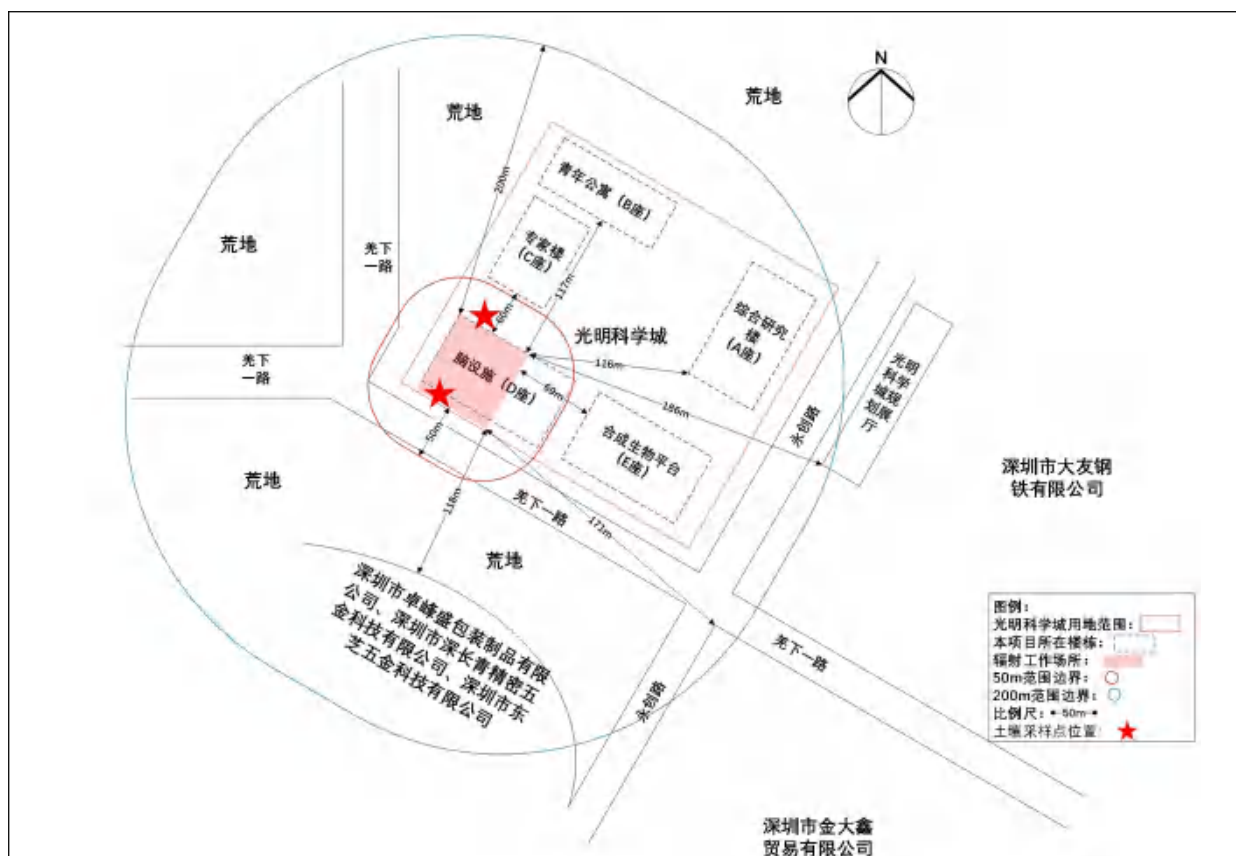


图 8.2-6 光明科学城周围检测布点示意图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

表 8.3-1 监测信息一览表

监测因子	γ 辐射空气吸收剂量率	土壤中总 β 放射性
监测单位	深圳市瑞达检测技术有限公司	核工业二三〇研究所
监测单位 CMA 证书编号	202319120948	231820182527
监测日期	2024 年 8 月 30 日	2024 年 8 月 30 日
监测仪器	环境 X、 γ 剂量率测量仪	低本底 α 、 β 测量仪
监测条件	温度 21.4°C，湿度 58.2RH%	/
监测工况	回旋加速器制药区和核医学实验场所处于建设阶段，周围无辐射源影响	/
监测方法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	参照《水中总 β 放射性测定 蒸发法》(EJ/T 900-1994)

8.3.1 监测设备符合性

表 8.3-2 监测设备及性能指标

γ 辐射空气吸收剂量率	仪器名称	环境 X、 γ 剂量率测量仪
	仪器型号	SCK-200+SCK-200-EN

	生产厂家	上海钴景环境科技有限公司
	仪器编号	22000+22001
	测量范围	10nGy/h~200μGy/h
	能量范围	30keV~3MeV
	能量响应	<30% (相对于 Cs-137)
	角响应	<±20% (即 0~180°角响应值与刻度方向上的响应值的比值 ≥0.8, 相对于 Cs-137)
	相对固有误差	≤±10%
	工作环境	温度-20~50℃, 湿度 0~95%
	检定证书编号	2023H21-20-4877174001
	检定日期	2023年10月11日 (有效期至2024年10月10日)
土壤中总β放射性	仪器名称	低本底 α、β测量仪
	仪器型号	MPC-9604
	测量范围	>0.60cpm
	检定证书编号	hnjln2022182-494
	检定日期	2022年9月21日 (有效期至2024年9月20日)
	检出限	17.8Bq/kg

8.3.2 质量保证措施

8.3.2.1 γ辐射空气吸收剂量率监测

(1) 检测人员具备从事环境辐射监测的工作经验, 经环境γ辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格, 充分了解环境γ辐射的特点, 掌握辐射检测技术和技术标准, 具备对检测结果做出正确判断的能力, 熟悉本单位检验检测质量管理程序。

(2) 实施检测前, 确认使用的仪器的检测因子、测量范围和能量响应等参数均满足检测要求, 核实检测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启检测仪器预热至少1分钟, 并确认仪器的电量充足后, 再进行检测。所有检测点位, 待读数稳定后, 读取10个数值, 并经校正后求出平均值和标准偏差。

(3) 环境γ辐射剂量率测量仪器定期校准, 每年至少1次送到计量检定机构校准环境γ辐射剂量率测量仪器, 选用相对固有误差小的仪器 (<15%)。

(4) 更新仪器和方法时, 在典型的和极端的辐射场条件下与原仪器和方法的测量

结果进行对照，以保持数据的前后一致性。

(5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。质量保证活动按要求做好记录，并确保所有记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

(6) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

(7) 监测报告严格执行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人审定。

8.3.2.2 土壤监测

(1)建立质量管理体系，保证其检测活动独立、公正、科学、诚信。

(2)健全的各项管理制度，包括检测质量考核制度、制样人员奖惩制度、安全管理制度、档案管理制度、防止弄虚作假管理制度等。

(3)按照相关标准质控规范作为工作依据，实施各项内部质控措施。

(4)按照《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》(GB/T 27417-2017)和《环境监测 分析方法标准制修订技术导则》(HJ 168)等相关标准方法要求，完成对所选用分析测试方法的检出限、测定下限、精密度、准确度、线性范围等方法特性指标的确认工作，且选用方法已获得资质认定。

(5)加强样品检测过程的质量管理工作。对检测人员依据分析测试方法技术规定，进行技术培训，讲解检测的方法选择、确认、检测步骤、注意事项、试剂和设备保证等，培训后进行考核。实验室严格按照相关质量保证与质量控制技术规定的要求开展样品检测和质量控制。严格执行三级检查制度，并做好质量记录。检测质量管理小组根据情况及时组织各检测小组质量检查与质量分析会，分析样品检测过程中存在的问题，制定出整改措施，并在样品检测工作中认真贯彻执行。制定从项目负责人、技术负责人、质量负责人、各项目主检人到检测人员的岗位质量责任制，明确管生产必须管质量，具体执行实验室的质量考核制度。

(6)成立数据审核、报告编制和数据上报的质量管理小组，加强数据审核、报告编制和数据上报过程的质量管理工作。

(7)在完成对所中标样品进行分析测试时，将分别按平行样不少于 10%和质样（含标准样品、加标回收和统一监控样）不少于 2%的比例对检测样品进行精密度与准确度的内部质量控制，确保检测质量满足相关规范和文件的要求。

(8)按照相关质量保证与质量控制技术规定制定单位内部质量控制措施，做好空白试

验、定量校准、精密度控制和准确度控制等工作，并做好异常样品的复检工作。在完成每项样品分析测试合同任务时，还将对其最终报出的所有样品分析测试结果的可靠性和合理性进行全面、综合的质量评估，按相关文件要求提交质量评估总结报告。

8.4 监测结果

8.4.1 γ 辐射剂量率

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8.4-1，检测报告见附件 9。

表8.4-1 拟建项目工作场所周围 γ 辐射剂量率监测结果

序号	检测点位置	地面介质	检测结果(nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
1	一层 PET/CT 扫描间 2 (核医学实验场所内)	地胶	162	2	楼房内
2	一层 PET/MRI 扫描间 1 (核医学实验场所内)	地胶	116	2	楼房内
3	一层 D128a 号房 (核医学实验场所内)	地胶	120	3	楼房内
4	一层过道 (核医学实验场所内)	瓷砖	123	1	楼房内
5	一层过道 (核医学实验场所内)	地胶	123	2	楼房内
6	一层过道 (核医学实验场所内)	瓷砖	107	2	楼房内
7	一层候诊室 (核医学实验场所内)	地胶	117	1	楼房内
8	一层过道 (核医学实验场所内)	地胶	116	2	楼房内
9	一层移动 MRI 扫描间 (核医学实验场所内)	地胶	164	2	楼房内
10	一层 3T 控制室 (核医学实验场所内)	地胶	163	2	楼房内
11	一层更衣室 4 (核医学实验场所内)	瓷砖	173	2	楼房内
12	一层控制室 (核医学实验场所内)	地胶	158	4	楼房内
13	一层货梯间 (核医学实验场所西侧约 6m)	瓷砖	162	1	楼房内
14	一层污梯间 (核医学实验场所北侧约 6m)	瓷砖	144	1	楼房内
15	一层过道 (核医学实验场所东北侧约 9.4m)	瓷砖	163	2	楼房内
16	一层过道 (核医学实验场所东北侧约 1m)	地胶	180	2	楼房内
17	一层控制室 (核医学实验场所东北侧约 6m)	瓷砖	181	2	楼房内

18	一层 MICRO-CT 室（核医学实验场所东南侧约 2m）	地胶	172	2	楼房内
19	一层过道（核医学实验场所东南侧约 6m）	瓷砖	162	2	楼房内
20	一层 X 光机控制室（核医学实验场所东南侧约 6m）	地胶	181	1	楼房内
21	一层过道（核医学实验场所东南侧约 16m）	地胶	181	1	楼房内
22	一层洗涤间（核医学实验场所东南侧约 16m）	地胶	178	3	楼房内
23	一层过道（核医学实验场所东南侧约 15m）	地胶	145	2	楼房内
24	一层刺激器室（核医学实验场所东南侧约 15m）	地胶	175	2	楼房内
25	一层过道（核医学实验场所东南侧约 20m）	瓷砖	153	1	楼房内
26	一层空调机房（核医学实验场所东南侧约 25m）	混凝土	172	2	楼房内
27	一层过道（核医学实验场所东南侧约 27m）	瓷砖	174	3	楼房内
28	一层过道（核医学实验场所东南侧约 28m）	瓷砖	164	2	楼房内
29	一层过道（核医学实验场所东南侧约 31m）	瓷砖	143	2	楼房内
30	一层过道（核医学实验场所东南侧约 34m）	瓷砖	153	2	楼房内
31	一层过道（核医学实验场所东南侧约 35m）	瓷砖	153	2	楼房内
32	一层空调机房（核医学实验场所东南侧约 43m）	瓷砖	182	1	楼房内
33	负一层回旋加速器机房（回旋加速器制药场所内）	地胶	155	2	楼房内
34	负一层操作室 1（回旋加速器制药场所内）	地胶	127	2	楼房内
35	负一层热室（回旋加速器制药场所内）	地胶	132	2	楼房内
36	负一层全检质控室（回旋加速器制药场所内）	地胶	153	1	楼房内
37	负一层实验室（回旋加速器制药场所东南侧约 12m）	地胶	143	1	楼房内
38	负一层华为立体机房（回旋加速器制药场所东南侧约 53m）	瓷砖	144	2	楼房内
39	负一层组织样品处理间（回旋加速器制药场所东南侧约 14m）	地胶	135	2	楼房内
40	负一层总装测试区 1（回旋加速器制药场所东南侧约 56m）	地胶	144	2	楼房内
41	负一层总装测试区 2（回旋加速器制药场所东南侧约 60m）	地胶	164	2	楼房内

42	负一层笼具间（回旋加速器制药场所东南侧约 30m）	地胶	162	2	楼房内
43	负一层类脑材料加工检测室（回旋加速器制药场所东南侧约 62m）	地胶	154	2	楼房内
44	负一层大动物尸体灭活间（回旋加速器制药场所东侧约 17m）	地胶	154	2	楼房内
45	负一层清洗后区（回旋加速器制药场所东南侧约 33m）	地胶	108	1	楼房内
46	负一层小动物尸体存放间（回旋加速器制药场所东侧约 16m）	钢板	162	1	楼房内
47	负一层卸货区（回旋加速器制药场所东北侧约 43m）	地胶	98	1	楼房内
48	负二层衰变池	混凝土	144	1	楼房内
49	负二层过道（衰变池西南侧约 1m）	混凝土	156	2	楼房内
50	负二层实验室废水处理机房（衰变池西北侧约 7m）	混凝土	163	2	楼房内
51	负二层实验室废水处理机房（衰变池东北侧约 2m）	混凝土	164	2	楼房内
52	负二层停车位（衰变池东南侧约 3m）	混凝土	163	1	楼房内
53	负二层停车位（衰变池东南侧约 3m）	混凝土	161	2	楼房内
54	二层污梯（核医学实验场所楼上）	瓷砖	179	2	楼房内
55	二层机房（核医学实验场所楼上）	混凝土	153	2	楼房内
56	二层过道（核医学实验场所楼上）	瓷砖	182	1	楼房内
57	二层水迷宫室 3（核医学实验场所楼上）	地胶	174	1	楼房内
58	二层洗消间（核医学实验场所楼上）	地胶	101	1	楼房内
59	二层办公室 4（核医学实验场所楼上）	地胶	172	3	楼房内
60	二层饲养间 1（核医学实验场所楼上）	地胶	110	1	楼房内
61	二层行为实验室 1（核医学实验场所楼上）	地胶	171	1	楼房内
62	二层脑电实验室 2（核医学实验场所楼上）	地胶	163	2	楼房内
63	二层饲养间 2（核医学实验场所楼上）	地胶	163	2	楼房内
64	二层设备间 3（核医学实验场所楼上）	地胶	163	2	楼房内
65	二层办公室 3（核医学实验场所楼上）	地胶	182	1	楼房内

66	二层 EEG-TDCS 实验室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	179	2	楼房内
67	二层动物手术室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	171	2	楼房内
68	二层行为学实验室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	168	3	楼房内
69	二层光镜实验室 5 (核医学实验场所楼上)	地胶	173	2	楼房内
70	二层流式细胞仪中心 (核医学实验场所楼上)	地胶	177	2	楼房内
71	二层质谱室 (核医学实验场所楼上)	地胶	170	4	楼房内
72	二层经颅磁刺激实验室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	180	2	楼房内
73	二层光镜实验室 10 (核医学实验场所楼上)	地胶	164	2	楼房内
74	二层形态学样品制备中心 (核医学实验场所楼上)	地胶	173	2	楼房内
75	二层过道 (核医学实验场所楼上)	瓷砖	165	2	楼房内
76	D 栋东北侧约 10m 处室外过道	瓷砖	144	4	道路
77	D 栋东北侧约 45m 处室外过道	瓷砖	128	2	道路
78	D 栋东北侧约 100m 处室外过道	瓷砖	138	2	道路
79	D 栋东侧约 10m 处室外过道	瓷砖	138	2	道路
80	D 栋东侧约 45m 处室外过道	瓷砖	128	2	道路
81	D 栋东南侧约 77m 处室外过道	瓷砖	166	2	道路
82	D 栋东南侧约 105m 处室外过道	瓷砖	138	2	道路
83	D 栋东南侧约 50m 处绿化带	土壤	139	2	道路
84	D 栋东南侧约 100m 处道路	沥青	100	2	道路
85	D 栋东南侧约 85m 处室外过道	沥青	93	3	道路
86	D 栋南侧约 110m 处道路	沥青	101	2	道路
87	D 栋南侧约 120m 处道路	沥青	99	2	道路
88	D 栋西南侧约 2m 处绿化带	土壤	80	2	道路
89	D 栋西南侧约 35m 处道路	沥青	81	2	道路
90	D 栋西南侧约 2m 处绿化带	土壤	90	2	道路

91	D 栋西南侧约 35m 处道路	沥青	93	2	道路
92	D 栋北侧约 3m 处室外过道	瓷砖	99	2	道路
93	一层过道(核医学实验场所内)	瓷砖	182	1	楼房内
94	负一层暂存间 2 (回旋加速器制药场所东北侧约 17m)	地胶	144	1	楼房内

备注：1.以上检测结果扣除宇宙射线的响应部分，均在距地面 1m 测得。

2.仪器测量结果为空气比释动能率，单位为 nGy/h。

3.测量结果参照 HJ 1157-2021 的方法处理得出：

$$\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$$

\dot{D}_γ ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 ——仪器校准因子，0.96；

k_2 ——仪器检验源效率因子，本仪器无检验源，该值取 1；

R_γ ——仪器测量读数均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393，使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源时，换算系数分别取 1.20Sv/Gy），Gy/h；

k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，道路取 1；

\dot{D}_c ——测点处宇宙射线响应值，nGy/h，该值为 28.9nGy/h。宇宙射线监测位置为河源市万绿湖，监测时间为 2023 年 11 月 4 日。宇宙射线响应值已经过经纬度和仪器校准因子修正。

8.4.2 土壤中总β放射性

本项目土壤样品为本项目辐射工作场所西南侧约 3m 处绿化带（回旋加速器上方，下方向）和东北侧约 20m 绿化带（上风向）分别取 0~10cm 表层土壤。采样方法采用梅花形布点法设置 5 个采样点，每个点位取样 2kg，去除石块、草根等杂物混匀后取其中 2kg 使用双层塑料带密封作为土壤样品送至核工业二三〇研究所检测。

本项目土壤样品中总β放射性检测结果见表 8.4-2。

表 8.4-2 本项目周边土壤中总β放射性检测结果

样品名称	检测结果 (Bq/kg)
	总β
回旋加速器上方绿化带	1123.6
D 栋东北侧绿化带	1083.6

注：1.总β检出限为17.8Bq/kg。

2.总β参照《水中总β放射性的测定 蒸发法》（EJ/T 900-1994）进行检测。

8.5 对环境现状调查结果的评价

参考《中国环境天然放射性水平》（原子能出版社 2015 年）对深圳市环境天然贯

穿辐射水平调查研究结果进行评价，参考《环境科学》（1987年第2期，深圳市土壤中总β、总α放射性水平，刘祖森，汤凌全）深圳市土壤中总β放射性水平调查研究数据对土壤中总β放射性进行评价，本项目环境现状调查结果评价见表8.5-1。

表8.5-1 本项目环境现状调查结果评价表

监测因子	调查研究结果	检测结果	评价
γ辐射空气吸收剂量率	室内：127.4~153.1nGy/h 道路：101.5~127.8nGy/h	室内：98~182nGy/h 道路：80~166nGy/h	基本相当
土壤中总β放射性	$(2.02 \pm 1.14) \times 10^{-8} \text{Ci/kg}$ (即747.4±421.8Bq/kg)	1123.6Bq/kg, 1083.6Bq/kg	基本相当

综上所述，本项目评价范围内环境γ辐射剂量率和土壤中总β放射性监测结果与调查水平相当，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程分析

本项目拟在已通过环评的大小动物 PET/CT 机房中新增 1 台小动物 PET/CT，拟使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 五种放射性核素进行动物显像实验。

9.1.1 小动物 PET/CT

(1) 工作原理

放射性核素及其标记物注射到动物体内后，由于机体功能和代谢变化，可以通过放射性核素及其标记物在体内的分布和代谢来反映动物体内的病理或生理变化。

放射性药物进入动物体后，放射性核素按照自身的规律发生衰变放出正电子，正电子在体内移动大约 1mm 后和负电子结合发生、湮灭，正负电子消失的同时产生一对能量相等（511keV）、方向相反的 γ 光子，通过正电子发射型计算机断层显像，就可以探测到体内放射性核素的分布，进而准确地观察到体内的病理或生理变化过程，为临床诊断提供可靠信息。

本项目 PET 的工作原理是将含放射性药物作为示踪剂注射到动物体后，对受检小动物进行 PET 扫描成像。PET 探头系统内有数个探测器环，湮灭产生的两个方向相反的光子被 PET 探头内的两个探测器分别探测到。根据两个探测器探测到光子确定体内有放射性药物分布投影，然后进行图像重建确定体内不同脏器的核素分布。通过计算机对采集数据重建处理，可获取示踪剂在动物体器官的代谢分布图像，并得到动物体三维断层图像，从而反映组织功能、代谢信息。

本项目 CT 的工作原理是依据 X 射线穿过不同组织吸收程度的不同，反映各部密度分布的信息，因而在荧光屏上显示出不同密度的阴影。

本项目 PET/CT 是把 PET 和 CT 放在一起，利用体外的 X 射线穿透动物身体而获得三维解剖图像的断层成像技术，通过 PET 扫描和 CT 扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其 CT 球管发射 X 线穿透动物体组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 PET 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 PET 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。

(2) 设备组成

PET/CT（正电子发射计算机断层显像）是将 PET 与 CT 联合在一起，通过 PET 扫描和 CT 扫描的图像融合，使两者的硬件和软件有机地结合在一起，采用 CT 图像对 PET 功能图像进行解剖定位，同时又可以采用动物体 X 射线衰变图的衰变系数对射线在动物体内的衰

减进行校正。小动物 PET/CT 外观图见图 9.1-1。

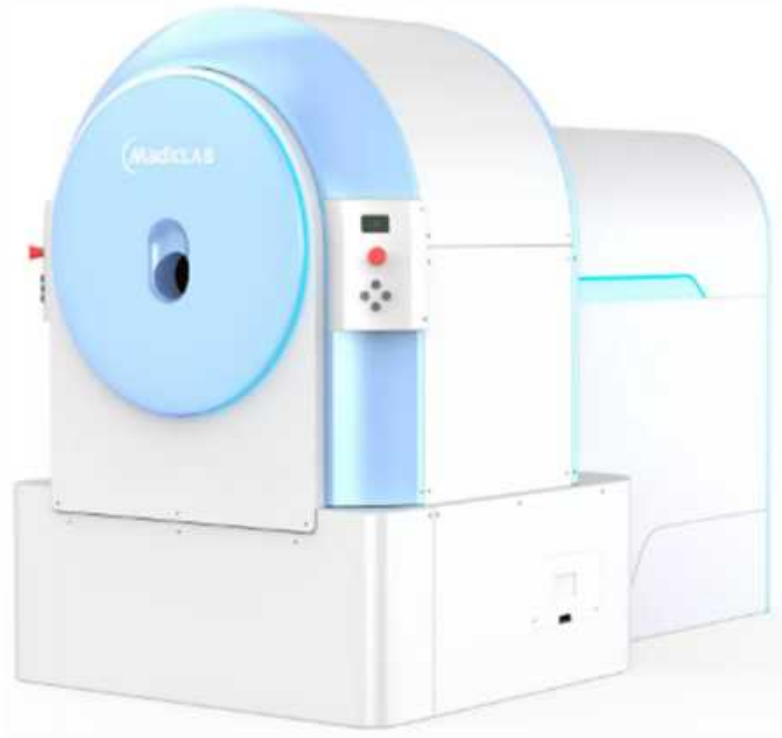


图 9.1-1 小动物 PET/CT 外观图

(3) 工作流程及产污环节

工作流程：辐射工作人员（科研实验人员）将放射性药物经皮下注射等方式进入小动物体内，药物分布到特定器官并释放 γ 射线，利用小动物 PET/CT 显像。小动物 PET/CT 工作流程及产污环节分析如图 9.1-2 所示。工作流程具体描述如下：

①**药物标记**：辐射工作人员（科研实验人员）将负一层回旋加速器制药区生产的放射性核素通过专用运输梯运送至核医学实验场所（该环节的辐射影响已在原环评报告中分析，本报告不做额外分析），在通风橱内进行药物标记操作。

②**小动物准备**：将小动物在动物实验场所进行麻醉，麻醉后装入笼具内采用小推车运送入核医学实验场所。

③**药物注射**：辐射工作人员（科研实验人员）将实验小动物麻醉后运送进入核医学实验场所，在小动物注射室通过皮下注射注射放射性药物。注射后小动物在小动物等待室等待显像检查。

④**扫描**：辐射工作人员（科研实验人员）将给药后的实验小动物置于笼具内采用小推车运送至大小动物 PET/CT 机房内，在麻醉状态下置于小动物 PET/CT 设备内，摆位合适后退

至操作室内确保机房内无人员居留后开始进行显像，图像采集时间一般为 10-60min。在少数情况下，需要进行动态扫描或 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 等短半衰期核素实验时，将动物麻醉后放到扫描位置，成像系统开始扫描，然后进行药物注射，其它程序同静态扫描一致。

⑤**留观**：扫描后的小动物一般要转运至小动物观察室留观约 24 小时。

⑥**转运**：小动物留观约 24 小时后才带入原楼层的场所饲养，转运前先经过检测，根据动物用药及衰变情况进行估算，确保小动物体内放射性药物活度满足根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）设定的， ^{18}F 活度浓度豁免水平 10Bq/g，活度为 $1 \times 10^6\text{Bq}$ ， ^{15}O 活度浓度豁免水平 100Bq/g，活度为 $1 \times 10^9\text{Bq}$ ，在放射性活度达到豁免水平（清洁解控水平）才带出小动物或尸体。转运时将小动物置于笼具内采用小推车进行运送，此时小动物已处于解控水平，转运过程无需采取额外辐射防护措施。

本楼栋设置有小动物饲养场所和其他小动物研究场所，用于科研实验的小动物一般不处死，需要接受进一步实验或其他观察。

如果需要将小动物处死或小动物已经死亡的（极少量），同样在小动物观察室暂存以确保满足清洁解控水平后才打包标记处理，按实验需要进行小动物分布实验（非辐射相关实验）或直接收集装袋，贴上标签，注明所用核素、总活度和时间等信息，满足清洁解控水平后带出至负一层小动物尸体存放间置于冷冻冰柜暂存。

使用后手套、棉签和注射器（去除针头后）等投入固体放射性废物桶内。

大小动物 PET/CT 机房原安装有一台大小动物 PET/CT，此次在该机房增加安装一台小动物 PET/CT，两台设备拟设置电力连锁开关，以限制该机房同一时段仅有一台设备能通电工作，避免出现两台设备同时曝光的情况发生。

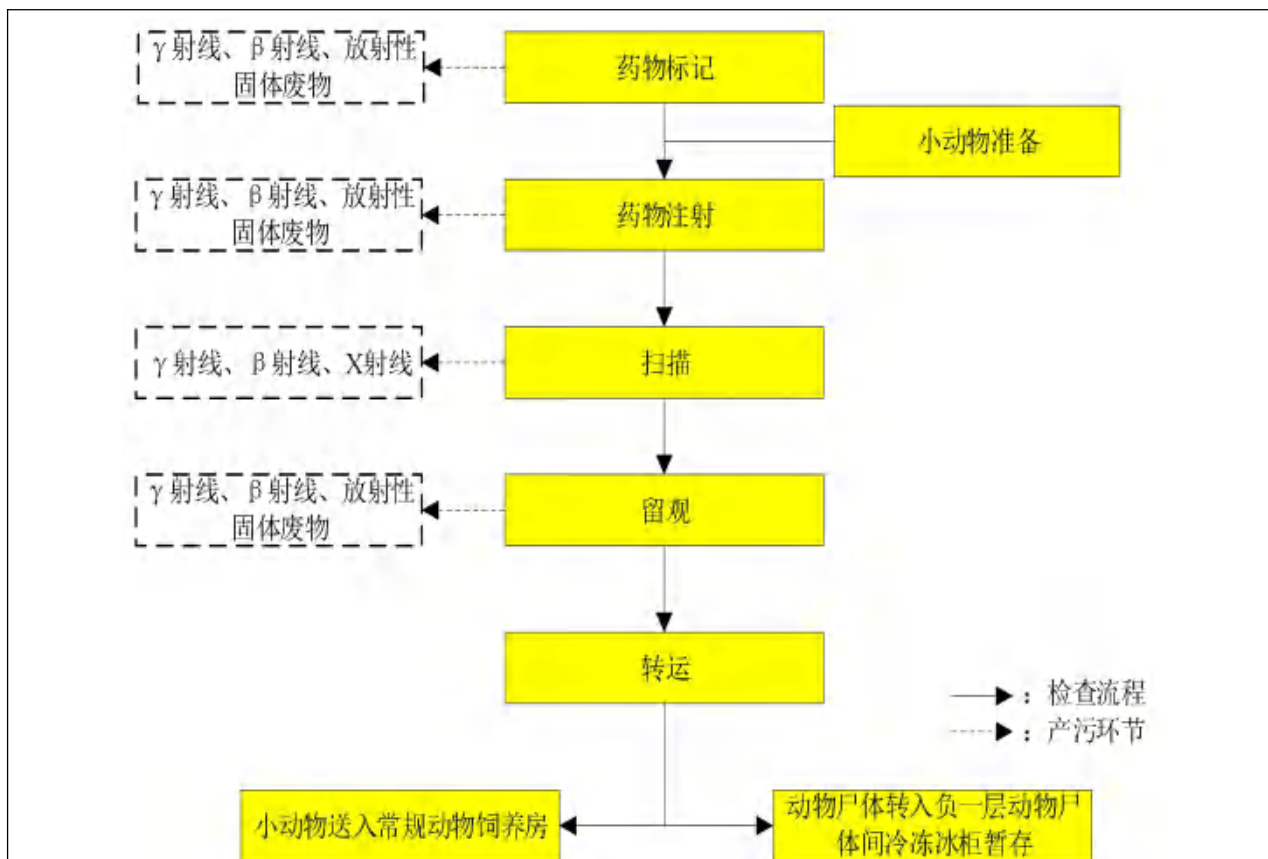


图 9.1-2 小动物 PET/CT 工艺流程及产污环节图

(4) 拟使用核素的基本情况及使用量

本项目核素使用情况统计如下。

表 9.1-1 小动物 PET/CT 显像实验使用核素基本情况及使用量

核素	单次最大用量/次 (mCi)	日最大实验数	日最大操作活度 (mCi)	周最大实验数	年最大实验数
^{18}F	3	20	60	100	5000
^{11}C	3	5	15	25	1000
^{13}N	3	5	15	25	1000
^{15}O	3	5	15	25	1000
^{68}Ga	3	5	15	25	1000

备注：同一天可能会做多种核素的实验，或者 1 种核素的实验，但总实验数不超过 20 次。 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{68}Ga 日最大实验数不超过 5 次。

核医学实验场所原环评报告中核素使用量与备药量与本项目对比分析见表 9.1-2。

表 9.1-2 小动物 PET/CT 显像实验使用核素与原环评备药量对比

核素	本项目日最大操作活度 (mCi)	原环评使用活度 (mCi)	本项目叠加原环评所需药量 (mCi)	原环评备药量 (mCi)
¹⁸ F	60	380	440	1000
¹¹ C	15	180	195	400
¹³ N	15	180	195	400
¹⁵ O	15	180	195	400
⁶⁸ Ga	15	180	195	400

由表 9.1-2 可知，原环评报告中核素备药量可满足本项目和原环评项目核素使用需要，因此本项目扩建后无需额外增加备药量。

9.1.2 人员配备

根据原环评报告，建设单位脑设施拟定运行期的人员配备计划情况见表 9.1-3，本项目拟利用原环评报告中辐射工作人员从事本项目辐射工作，人员配备计划不变。现脑设施已到位 7 名辐射工作人员，其余人员尚在招聘中。

表 9.1-3 脑设施辐射工作人员配备计划表

项目	人员岗位	拟配备人数	工作内容
核医学实验	设备操作技师	4-5	仪器的日常操作
	药物操作员	4-5	药物分装、注射，动物处理
	运送人员	4-8	动物送入注射间、扫描间、观察室

9.1.3 工作负荷

根据本项目工作流程，本项目工作负荷见表 9.1-4。

表 9.1-4 工作负荷一览表

工作场所	工作内容	岗位	操作时间	年工作量	年工作时长
注射准备间	药物标记	药物操作员	5min/次	5000 次	416.7h
小动物注射室	静态注射	药物操作员	0.5min/次	2500 次	20.8h
大小动物 PET/CT 机房	动态注射	药物操作员	0.5min/次	2500 次	20.8h
核医学实验场所	注射运送	运送人员	0.5min/次	5000 次	41.7h
	扫描运送	运送人员	0.5min/次	5000 次	41.7h
	留观运送	运送人员	2min/次	5000 次	166.7h
大小动物 PET/CT 机房	摆位和解除摆位	设备操作技师	1min/次	5000 次	83.3h

控制室	PET 扫描	设备操作技师	60min/次		5000h
	CT 扫描		0.5min/次		41.7h

注：1.静态注射与动态注射比例按 1:1 核算。

2.本项目同一天可能会做多种核素的实验，或者 1 种核素的实验，但总实验数不超过 20 次，年总实验数不超过 5000 次。

3.PET 扫描时间和 CT 扫描时间均由建设单位提供，按单次实验可能扫描的最长时间进行核算。

9.1.4 人流和物流路径规划

9.1.4.1 回旋加速器生产药物运送及人员路线

本项目使用的 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 核素均由 D 栋负一层回旋加速器生产。回旋加速器生产的核素，经热室自动合成、标记，质控室进行质控，将药物分装好后，装入钨合金防护罐中，与使用科室沟通后将源罐由专用运输梯送至第一层核医学实验场所，回旋加速器生产的辐射工作人员经南侧通道进入回旋加速器控制室，合成分装区需经一更、二更、缓冲间进出热室和质检区，药物运送路线及人员行进路线示意图见图 9.1-3 所示，路线设计均与原环评报告一致，未发生改变。

9.1.4.2 第一层实验场所药物、小动物、实验人员路径

①送药路径

1、药物运送

回旋加速器制药后的送药路径见图 9.1-3（负一层）及图 9.1-4（第一层）。使用的放射性药物由回旋加速器生产，正常情况下核医学场所内严格按照需要生产放射性药物，一般不会有大量的放射性药物存放过夜。

回旋加速器放射性药物生产是按提前预约的所需量进行现场开机生产制备，一般是在固定时间提前送达核医学实验场所，在摄像头监控下质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与制备区办理交接手续并存档，质检人员将药物暂存在注射准备间分装柜内。

本项目小动物实验基本都是来自本大楼饲养的小动物，因此可严格按照实验需要开展核医学实验，药物使用也可高效、可控地开展。

2、药物交接

实验使用科室安排专人接收放射性药物，在核医学实验储源间办理“点对点”交接手续，并对药物进行核对、登记暂存，储源间安装视频监控，24 小时监控放射性物质的暂存情况。正常情况无关人员无法进入核医学实验场所所在区域，辐射操作人员按照操作流程进行核素

操作。

根据不同用药情况，各自进行核素暂存、质检，在小动物注射室使用药物。

在放射性核素交接结束后，才进行相应的实验工作，核素交接结束前，严禁无关人员进入核医学实验场所。

3、药物管理

特殊情况下，放射性核素没有用完的，可将这些少量放射性药物连同防护用具暂存在储源间内，标记暂存即可进行有效管理。

储源间实行双人双锁管理，设视频监控系统，保证放射性核素的使用和管理安全。

项目建设后，核素药物管理必须配备专（兼）职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、注销登记和定期检查制度。要求设置专门的台账（如交收账、库存账、消耗账），加强对放射性药物的管理，严防丢失。放置放射性物质的保险橱和容器，必须容易开启和关闭，容器外必须有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、标记时间、有效期，存放起止时间、存放负责人等），保险橱外必须有电离辐射标志。放射性药物要设有专门可靠的防火防盗等安全设施的贮存场所，且不得将放射性药物与易燃易爆及其他危险物品放在一起。

②小动物运输路径

小动物从东南侧洁梯到达第一层，南侧单向进入核医学实验场所，红色单向箭头，单向入口。小动物按照预约时间从场所东南侧由人员携带笼具进入运输动物休息区候诊（笼具中动物已麻醉）→通过门禁从小动物入口进入控制区，在小动物注射室接受药物注射→在小动物扫描前室等待→扫描检查（大小动物 PET/CT 机房扫描）→扫描后由西北侧小动物观察室停留→次日满足清洁解控水平后从小动物通道离开核医学实验场所。

扫描结束后在小动物观察室停留，满足清洁解控水平后由西北侧污梯单向离开。

③辐射工作人员路径

该核医学实验平台将对外开放，可能有外单位或外机构参与到该项目，但核医学实验由运营管理机构组织开展，项目运行机构为核医学实验项目的责任主体，由运行机构负责项目核医学实验的具体操作和管理，不允许外单位人员自行操作核素和进行相关实验，因此核技术利用项目的辐射工作人员仍然为运行管理机构人员，只有运行管理机构的内部人员参与核医学实验操作。

操作放射性药物时工作人员必须正确穿戴好所需的各项有效的个人防护用具，放射工作

场所内严禁进食、饮水、吸烟和存放食物等，离开场所时应仔细进行污染检查与清洗淋浴后方可离开。个人防护用具应经常清洗，污染的工作服必须在专设的有放射性操作条件的洗衣池内洗涤。

辐射工作人员路径见图 9.1-4 绿色双向箭头，不同的功能区有不同的科研人员路径，可避免辐射工作人员发生交叉污染。本项目辐射工作人员进入核医学实验场所有两条路径：

(a) 核素分装注射路径：经西南侧专用通道清洁走廊，进入一更、二更、洁净走廊区域，进入核素操作区，工作结束后原路返回，在医护通道出口处进行辐射剂量率、表面污染检测后，更衣离开。

(b) 设备操作人员由东北侧直接进入控制室，与高活区不交叉。

④放射性固体废物运输路径

本项目各实验场所产生的放射性固体废物于每天实验结束后统一收集于固废存放间暂存，暂存超过 30 天后从西北侧污梯运出核医学实验场所。**本项目送药路径、小动物运输路径和辐射工作人员路径均与原环评报告保持一致，未发生改变。**

综上所述，本项目小动物 PET/CT 显像实验人流和物流的路线规划合理。

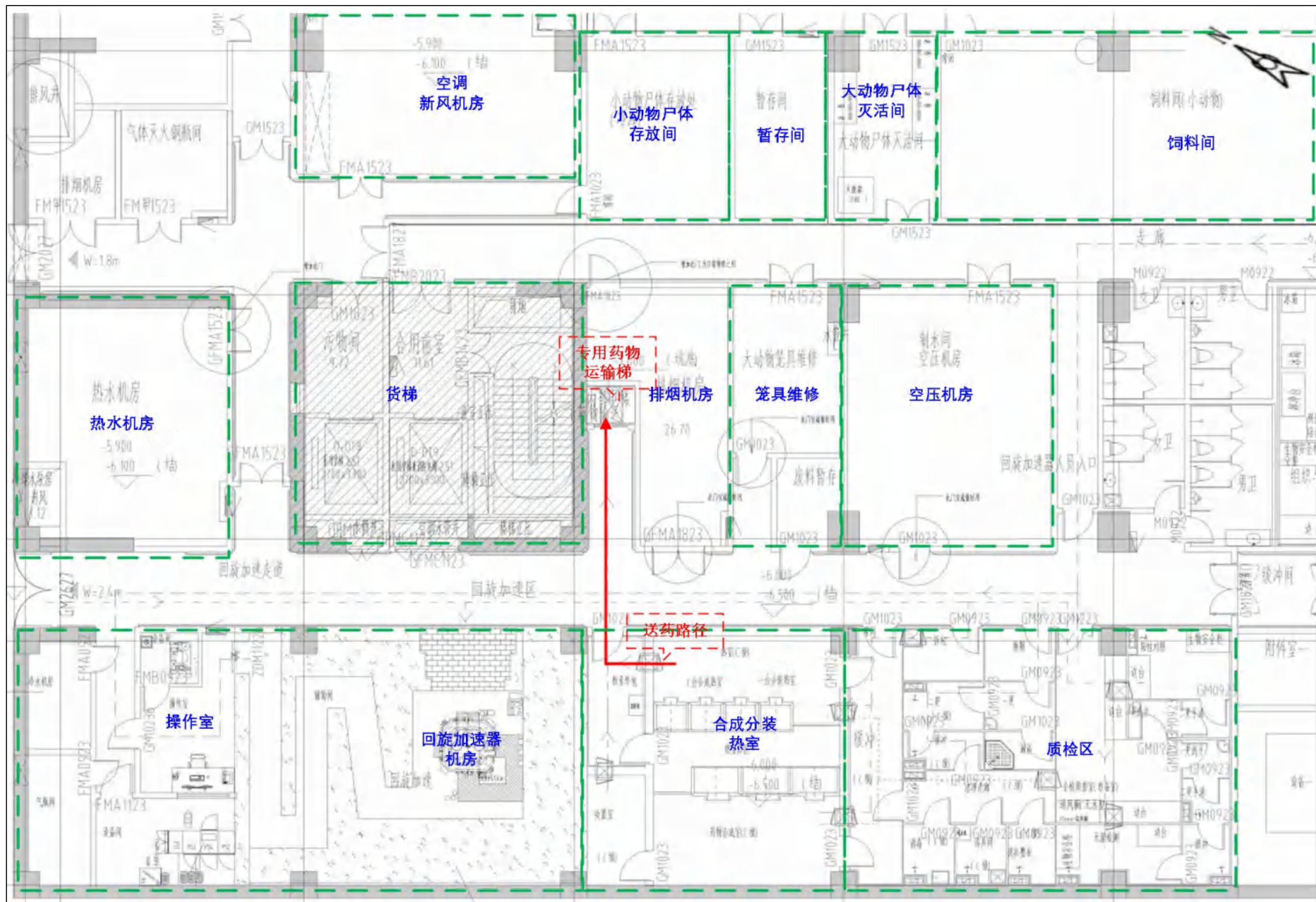


图9.1-3 回旋加速器制药区送药路径图

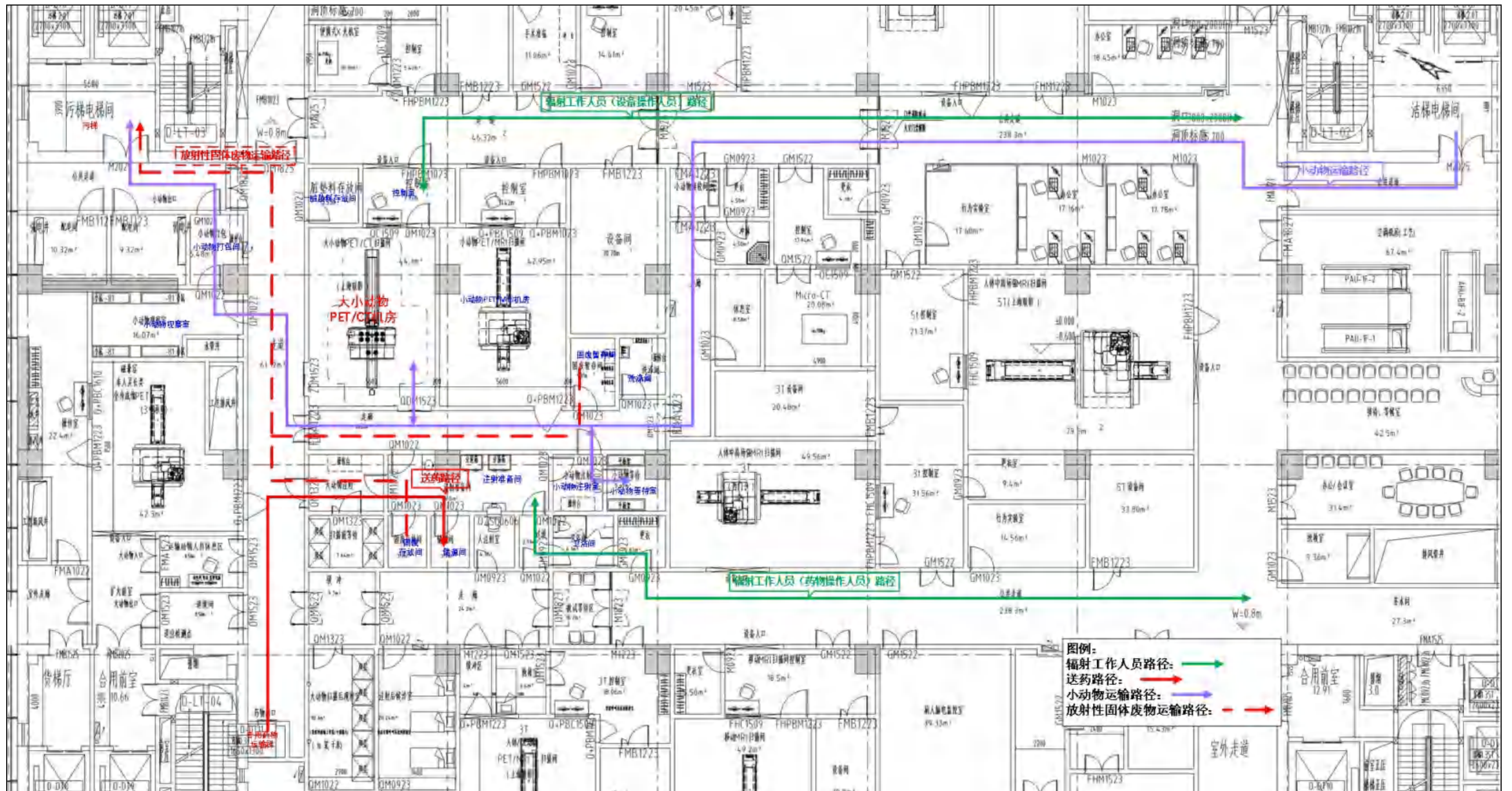


图9.1-4 本项目人员、物流路径图

9.2 污染源项分析

本项目使用的放射性药物源项信息见表9.2-1，小动物PET/CT的信息参数见表9.2-2。

表 9.2-1 放射性药物源项信息

序号	核素名称	半衰期	物理状态	衰变模式	毒性分组	β 最大能量, MeV	光子能量, MeV
1	^{18}F	109.8min	液态	β^+ , EC	低毒	0.63	0.511
2	^{11}C	20.39min	气态	β^+ , EC	低毒	0.96	0.511
3	^{13}N	10.0min	气态	β^+ , EC	低毒	1.19	0.511
4	^{15}O	2.0min	液态	β^+ , EC	低毒	1.72	0.511
5	^{68}Ga	68.3min	液态	β^+ , EC	低毒	1.9	0.511

表 9.2-2 小动物 PET/CT 源项相关信息

设备名称	设备型号	生产厂家	设备编号	额定参数	所在位置
小动物 PET/CT	MadicLAB PSA146	山东麦德盈华科 技术有限公司	待定	80kV, 0.7mA	核医学实验场所大小动 物 PET/CT 机房

9.2.1 正常工况下主要辐射影响和污染源项分析

在核素使用过程中，射线外照射将伴随整个实验流程，包括供药、注射等过程，并随后进入受检小动物身体中。受检小动物注射放射性药物后，本身短时间内也成为“辐射体”，不但对周围环境有外照射影响，排泄物也成为放射性污染物。供药、注射操作过程产生的固体废物也可能受放射性污染而成为放射性固体废物，正常工况下主要辐射影响和污染源项如下：

①**放射性药物**：放射性核素的分装、注射过程，工作人员和公众将主要受到放射性药物的外照射和吸入少量放射性废气产生的内照射。影响因子是衰变出的 β^+ 射线、 γ 射线，以及韧致辐射产生的X射线。

②**给药后小动物**：注射药物后的受检小动物本身短时间内成为“辐射体”，对周围环境可能造成外照射影响。影响因子是给药后小动物体内放射性药物释放出的 γ 射线、处理小动物排泄物产生的放射性固体废物。

③**射线装置**：进行小动物PET/CT扫描时，还会有CT机发射的X射线，两种射线经扫描室的屏蔽，仍可能有一定的贯穿辐射，污染途径为外照射，影响因子是小动物PET/CT中的CT部分产生的X射线。

④**放射性固体废物**：分装、注射等过程中将产生沾染放射性药物的放射性固体废物，主要包括一次性注射器、一次性手套、注射药物的小动物尸体、吸水隔尿垫（含注射药

物小动物的排泄物)、排风系统产生的废弃活性炭过滤器等。

⑤**放射性废气**: 放射性核素的操作过程中, 放射性核素会发生微量挥发, 产生放射性气体。

⑥**放射性废液**: 工作人员去污、应急洗消、场所清洁也会产生一定量的放射性废液。

9.2.2 事故工况下主要辐射影响和污染源项分析

① 操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏, 造成台面、地面辐射污染, 工作人员受到核素释放出的 γ/β 射线外照射或核素经由空气吸入、食品食入, 或经皮肤、伤口吸收并沉积在工作人员体内, 在体内释放出 β 粒子对周围组织或器官造成内照射。

② 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等, 造成额外附加照射剂量。

③ 放射性药物保管不当, 放射性药物被盗、丢失, 造成公众受到核素释放出的 γ/β 射线外照射或核素经由空气吸入、食品食入, 或经皮肤、伤口吸收并沉积在公众体内, 在体内释放出 β 粒子对周围组织或器官造成内照射。

④ 放射性废液或放射性固体废物未达到解控水平或排放标准即进行处理, 造成公众受到核素释放出的 γ 射线外照射或核素经由空气吸入、食品食入, 或经皮肤、伤口吸收并沉积在公众体内, 在体内释放出 β 粒子对周围组织或器官造成内照射。

⑤ 给药后小动物管理不善, 小动物走失, 造成公众受到核素释放出的 γ/β 射线外照射。

⑥ 射线装置机房安全联锁失效或者闭门装置失效, 在机房内检查时防护门处于打开状态, 人员误入机房, 人员受到CT部分曝光产生的X射线外照射。

⑦ 射线装置曝光控制装置异常或工作人员误操作, 造成工作人员和周围公众在检查、设备维修、调试等过程受到X射线外照射。

⑧ 设备电力联锁开关故障, 工作人员在机房内摆位时另一台设备曝光出束, 造成工作人员受到X射线外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局分析

10.1.1.1 园区整体布局

深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施项目建成后整体效果示意图10.1-1，园区分布A座（综合研究院，东南侧，17F），B座（青年公寓，东北侧，26F），C座（专家楼，北侧，26F），D栋（脑设施楼，西北侧，14F），F座（合成生物平台，西南侧，14F）。



图10.1-1 深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施项目整体布局图

核医学实验场所和回旋加速器制药区主要集中在D栋负一层和第一层。D栋负二层、负一层、第一层、第二层的布局图见图1-4至图1-8。

10.1.1.2 本项目工作场所布局

本项目辐射工作场所位于核医学实验场所西北侧。核医学实验场所相较于原环评报告布局，仅在大小动物PET/CT机房中增加安装使用一台小动物PET/CT，其余平面布局与原环评报告完全一致，未发生改变。

核医学实验场所集中设置于D栋第一层西北侧，其平面布局图见图10.1-2。核医学实验场所从东北到西南依此为：脏垫料存放间、大小动物PET/CT机房及其控制室、

小动物PET/MRI机房及其控制室和设备间、固废暂存间、洗涤间、小动物观察室、灵长类动物全身成像PET机房（磁兼容）及其操作室、大动物注射室、大动物扫描前等待室、注射准备间、固废存放间、储源间、人注射室、过道、小动物注射室、小动物等待室、卫浴间、更衣室、被试等待区、大动物扫描后观察室、物料存放间、注射后候诊室以及卫生间、抢救室、人体/大动物PET/MRI机房及其控制室和设备间、留观室等。

本项目核医学实验场所相关配套功能房间齐全，工作场所控制区相对集中，整体按照由低活到高活的顺序排列，给药注射室前设置了卫生通过间和紧急淋浴室，可进行去污处理，控制区内设有洗涤间（清洁工具存放），受检者注射后候诊室、留观室设置了专用的卫生间，便于放射性污染的清理、清洗。

大动物、小动物从不同入口进入核医学实验场所，用房按照核素使用流程依次设置。动物进入实验场所需要由人员携带笼具才能进入，因此在大小动物入口设置专用的运输动物休息区，用于动物的交接，资料记录，对辐射工作场所起到缓冲作用，对运送动物人员起到临时休息和保护的作用。

在大小动物PET/CT机房内，大动物与小动物的扫描实验按照实验规划分时间段进行，例如上午进行大动物实验，下午进行小动物实验，或第一天开展大动物实验、次日再开展小动物实验，确保大动物与小动物实验不同时开展，避免该机房内两台设备同时开展实验工作。

总体上各项实验各自实施相应的实验流程，各自具有完备的路径和功能场所，路径基本不交叉，考虑到该场所实验的特殊性，主要开展动物实验，因此所有实验动物必须由人员携带进场和退场，本项目设置有人员运输动物进场时的缓冲区，注射药物后的运输人员专用休息室，最大限度减少人员与动物之间的接触时间。

注射药物后的动物在注射间一侧另外设置有扫描前等待间，便于快速将注射药物的动物放入到等待间内集中管理，确保运送动物的人员不受到其他注射药物后的动物外照射影响。扫描前等待间门口设置铅屏风，确保人员存取动物时，其他待检动物对人体的影响降到最低。因此该设计方案考虑了注射人员、受检者/动物、运送动物人员各自的功能场所，以尽量减少互相影响。

场所通道的出、入口设计了门禁，无关人员不得入内，受检者/动物也不能随便离开该区，可保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射。放射性药物和放

射性废物运送通道尽可能短捷，出口不属于人流密集区域。

综上所述，本项目增加小动物PET/CT后，核医学实验场所布局仍满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求。

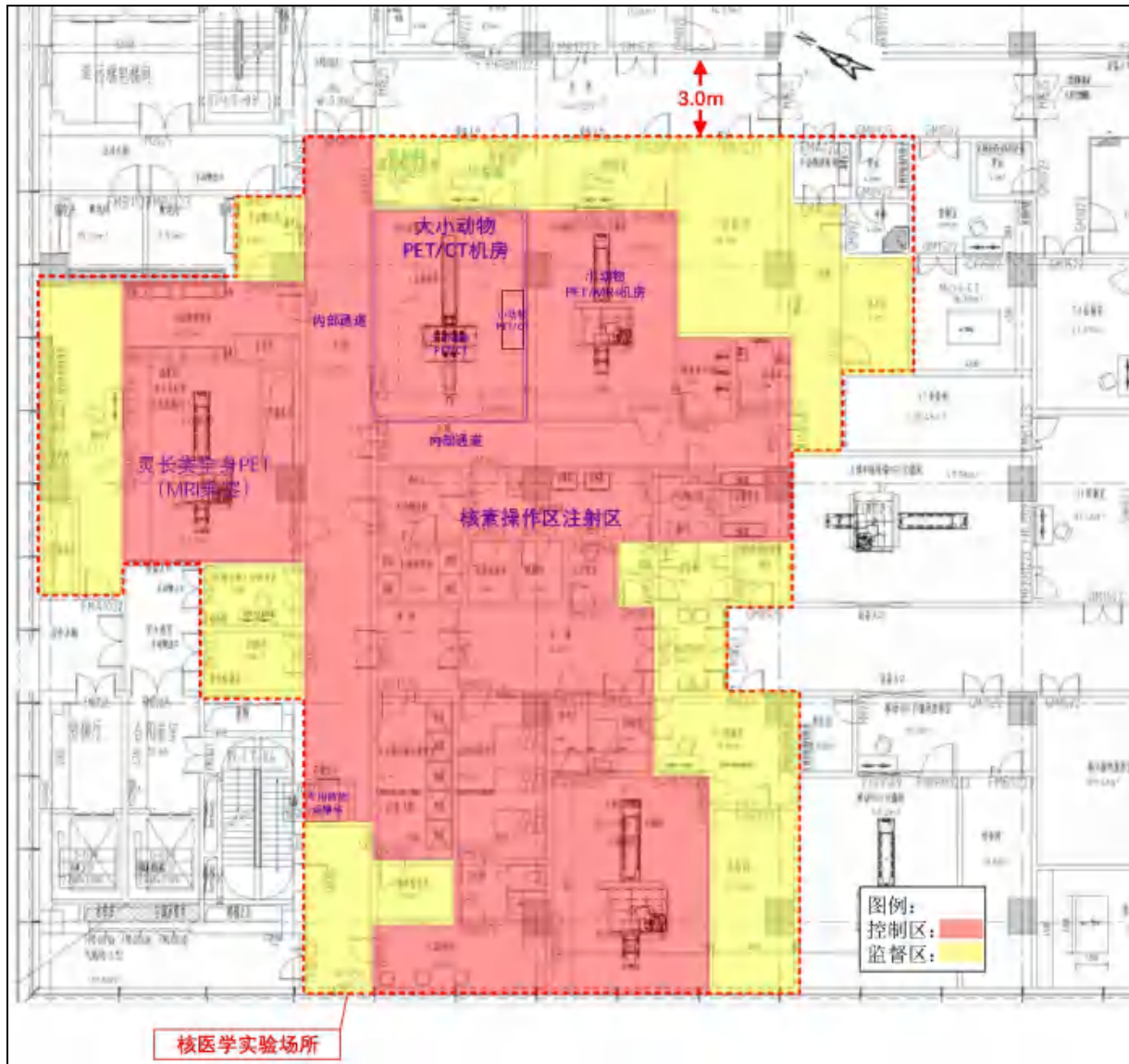


图10.1-2 核医学实验场所平面布局及控制区、监督区分区示意图

10.1.2 工作场所分区、分级、分类

(1) 工作场所分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域，在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，并预防或限制潜在照射的范围。

监督区：未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），核医学使用场所实行分区管理，划为控制区和监督区。

核医学实验场所具体的分区管理布局见图10.1-2。

控制区（红色区域）：将高辐射和可能发生高污染的区域划定为控制区，严格控制控制区的人员活动，禁止受检者/动物随意走动，严格限制非工作人员进入。控制区包括核医学实验场所的大小动物PET/CT机房、小动物PET/MRI机房、固废暂存间、洗涤间、小动物观察室、灵长类动物全身成像PET机房（磁兼容）、大动物注射室、大动物扫描前等待室、注射准备间、固废存放间、储源间、人注射室、小动物注射室、小动物等待室、大动物扫描后观察室、注射后候诊室以及卫生间、抢救室、人体/大动物PET/MRI机房、留观室衰变池以及它们之间的通道等。建设单位拟在控制区出入口设置电离辐射警告标志，入口和出口设置门禁系统控制或者单向门以及自动闭门装置等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射。

监督区（黄色区域）：将控制区以外的较低辐射的区域划定为监督区，监督区的边界设置醒目的电离辐射警示牌，禁止辐射工作人员和受检者、携带动物的人员以外的其他无关人员进入。监督区包括脏垫料存放间、大小动物PET/CT机房控制室、小动物PET/MRI机房控制室和设备间、小动物打包间、灵长类动物全身成像PET机房（磁兼容）操作室、扩大前区、运输动物人员休息、退缓间、卫浴间、更衣室、被试等待区、物料存放间、人体/大动物PET/MRI机房控制室和设备间等。建设单位拟在监督区入口处的适当位置设立标明监督区的标牌；并定期对工作场所边界辐射剂量率进行监测。

脏垫料存放间、物料暂存间用于存放动物过夜期间垫料，不具有放射性，放射性废

物集中收集至洗涤间一侧的固废暂存间，动物尸体满足清洁解控水平后，转入负一层大小动物专用的尸体间冷库/冰柜中集中暂存。

综上所述，核医学实验场所控制区和监督区的划分及其管理措施与原环评报告保持一致，未发生改变，均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

（2）工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，附录 C 非密封源工作场所的分级规定，放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。本项目核医学实验场所使用放射性核素及其备药量均与原环评报告保持一致。原环评报告日等效最大操作量见表 10.1-1。

表 10.1-1 非密封放射性同位素工作场所分级计算

序号	核素	毒性组别修正因子	与操作方式有关的修正因子	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)
1	¹⁸ F	0.01	10	3.70E+10	3.70E+07	9.25E+12
2	¹¹ C	0.01	10	1.48E+10	1.48E+07	3.70E+12
3	¹³ N	0.01	10	1.48E+10	1.48E+07	3.70E+12
4	¹⁵ O	0.01	10	1.48E+10	1.48E+07	3.70E+12
5	⁶⁸ Ga	0.01	10	1.48E+10	1.48E+07	3.70E+12
合计					9.62E+07	/

备注：

①日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子÷与操作方式有关的修正因子；

②根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），本项目使用核素毒性组别为低毒，毒性组别修正因子为 0.01，医疗机构使用 ¹⁸F、^{99m}Tc（液态）属于“很简单操作”，与操作方式有关的修正因子取 10，本项目使用放射性药物方式与医疗机构类似，参照很简单操作进行核算；

③日最大操作量按备药量进行核算。

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函【2016】430 号）：满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

- 1.有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- 2.工艺流程连续完整；
- 3.有相对独立的辐射防护措施。

根据原环评报告，将负一层回旋加速器制药场所和一层核医学实验场所分为两个单

独的场所分别进行日等效操作量核算。

由表 10.1-1 计算结果可知，核医学实验场所放射性核素备药量与原环评报告保持一致，计算的日等效最大操作量合计为 $9.62 \times 10^7 \text{Bq}$ ，在 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ 之间，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），核医学实验场所属于乙级非密封源工作场所，增加本项目后未改变核医学实验场所的分级。

(3) 工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 G，日操作最大量放射性核素的加权活度（MBq）等于计划的日操作最大活度与该核素毒性权重因子的积除以与操作性修正因子所得的商。

本项目核医学实验场所使用放射性核素及其备药量均与原环评报告保持一致。原环评报告中核医学实验场所加权活度计算结果详见下表 10.1-2 所示。

表 10.1-2 核医学实验场所分类计算结果

工作场所	核素	日最大操作量， MBq	毒性权重 因子	操作性修正 因子	日操作量加权活 度，MBq	分类
核医学实验 场所	^{18}F	37000	1（B类）	1	96200	I
	^{11}C	14800	1（B类）			
	^{13}N	14800	1（B类）			
	^{15}O	14800	1（B类）			
	^{68}Ga	14800	1（B类）			

由表 10.1-2 可知，核医学实验场所仍属于 I 类核医学工作场所，未改变场所类别。

根据建设单位提供的资料，本项目核医学实验场所用房内表面和装备结构设计情况与标准对照详见下表 10.1-3。

表 10.1-3 核医学实验场所工作用房内表面和装备结构设计情况与标准对照表

标准要求		拟采取的措施	判定
结构屏蔽	需要	核医学实验场所均设置实体屏蔽防护结构	符合
地面	与墙壁接缝无缝隙	核医学实验辐射工作区的地面拟采取易清洁不易渗透的材料，墙面和地面交界处采用无缝隙设计按洁净标准将 PVC 沿墙角上翻成圆弧形，墙面踢脚线以上至 1 m 处为瓷片饰面，易打扫，瓷片以上墙壁最终完成面为防水乳胶漆；工作台表面采用易清洗的材料。	符合
表面	易清洗	地板、卫生间洗手台采用陶瓷等易清洗材料	符合
分装柜	需要	注射准备间设置 2 个分装柜（通风橱式）	符合

通风	特殊的强制通风	室内设置送风和排风系统，预期可以达到良好通风的要求。	符合
管道	特殊的管道 ^a	设置放射性废水衰变池组，位于负二层废水处理间，距离核医学实验场所各功能场所较近，下水道较短。	符合
盥洗与去污	洗手盆和去污设备，洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制	拟设置洗涤间，并设置专用拖把、抹布等清洗去污设备，洗手盆均设计为感应式	符合

建设单位核医学实验场所各工作用房内表面和装备结构设计满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中对于 I 类核医学工作用房内表面和装备结构的要求。

10.1.3 工作场所屏蔽设计

本项目拟沿用原环评报告的辐射防护设计，原环评报告设计可满足本项目辐射防护屏蔽要求，具体分析见本报告表11 环境影响分析章节。

核医学实验场所的四面墙体、观察窗、防护门和天花均采取了必要的辐射屏蔽设计，使用的实心砖密度不小于 1.65g/cm^3 ，混凝土密度不小于 2.35g/cm^3 ，防护涂料为硫酸钡与水泥4:1配比而成，密度不小于 3.2g/cm^3 ，铅板密度不小于 11.3g/cm^3 。核医学实验场所涉及本项目各用房屏蔽方案一览表见表10.1-4。

表 10.1-4 核医学实验区域主要工作场所屏蔽方案一览表

房间名称	屏蔽体	屏蔽材料及厚度
大小动物 PET/CT 机房	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	观察窗	10mmPb
	防护门	10mmPb
注射准备间	墙体	120mm 实心砖墙+12mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	12mmPb
小动物注射室	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb

储源间	墙体	120mm 实心砖墙+12mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	15mmPb
小动物观察室	墙体	120mm 实心砖墙+12mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb
小动物等待间	墙体	120mm 实心砖墙+15mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb+铅屏风 5mmPb
脏垫料存放间	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb
洗涤间	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb
物料暂存室	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb
固废暂存间	墙体	120mm 实心砖墙+9mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	12mmPb
固废存放间	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料

	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb
上走廊(东西向)	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb
下走廊(东西向)	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb
走道(南北向)	墙体	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb

注：1.共墙以防护设计厚度较大者为准。

2.硫酸钡与水泥质量配比为 4:1，10mm 硫酸钡防护涂料相当于 1mmPb。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合规定的要求，本项目 X 射线装置机房设计规格与标准要求对比见表 10.1-5。

表 10.1-5 本项目工作场所用房设计规格一览表

机房名称	设计尺寸			标准要求		备注
	长(m)	宽(m)	有效面积(m ²)	最小单边长度(m)	最小有效使用面积(m ²)	
大小动物 PET/CT 机房	7.80	5.56	43.37	4.5	30	面积参考 CT 机房面积要求

由上表可知，本项目大小动物 PET/CT 机房的最小单边长度和最小有效使用面积符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

根据本项目核医学实验场所射线装置机房防护设计方案，对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对 CT 机房的屏蔽防护要求，对本次评价大小动物 PET/CT 机房屏蔽措施进行对照分析，结果见表 10.1-6。

表 10.1-6 大小动物 PET/CT 机房设计参数与标准对照

机房明细	屏蔽体	设计方案	折合铅当量	标准要求	是否满足
大小动物 PET/CT 机 房	墙体	200mm实心砖墙+7mmPb防护涂料	9.0mmPb	2.5mmPb	满足
	顶棚	150mm混凝土+4mmPb防护涂料	5.8mmPb		满足
	地板	180mm混凝土+3mmPb防护涂料	5.1mmPb		满足
	防护门	内衬10mmPb铅板	10.0mmPb		满足
	观察窗	10mmPb铅玻璃	10.0mmPb		满足

注：1.参考《放射防护实用手册》第6章表6.14，150kV条件下200mm实心砖约相当于2mmPb。

本项目PET/CT保守按150kV进行铅当量折合，200mm实心砖约相当于2mmPb；

2.根据NCRP147，80kV条件下150mm混凝土约相当于1.8mmPb，180mm混凝土约相当于2.1mmPb。

由上表可知，本项目大小动物PET/CT机房的屏蔽防护厚度符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

10.1.4 辐射安全防护措施

脑设施核医学实验场所处于建设阶段，建设单位拟按照原环评报告落实场所的辐射安全防护措施，并在此基础上增加电力连锁设施，以确保本项目的顺利开展。

电力连锁设施

大小动物PET/CT机房中拟增加本项目小动物PET/CT后存在两台设备安装于一间机房的情况，建设单位拟通过电力系统的电力限制开关限制两台设备仅能有一台设备通电，避免两台设备同时出束的情况发生。两台设备均通过控制室内的操作台操作设备，通过铅玻璃观察窗观察室内情况。同时拟制定工作人员操作制度并加强工作人员培训，明确不能同时进行两台设备出束操作，将该制度在操作位墙体张贴上墙。

原环评报告中核医学实验场所的辐射安全防护措施具体包括：

(1) 单向门禁及管理系统

单向门禁管理：拟在核医学实验场所的出入口设置视频监控系统和门禁系统，杜绝无关人员进入核医学实验场所。

受检者和大小动物各自具有独立的场所，单向通行，各自具有独立的出口。

大动物接受扫描时，因建筑结构限制，不能单向设置离开通道，但从辐射防护最优化的角度考虑，离开时动物已经给足够留观时间（一般为24小时），根据第11章节分析可知，正电子核素药物在动物体内经过一天的衰变，体表剂量率已低于背景水平，体内放射性核素活度已接近清洁解控水平，因此大动物离开时可确保动物的放射性核素活度

足够低，通过每天集中安排时间，动物离开核医学实验场所的方式，可以错开动物实验时间，对公众和运送动物人员（职业照射）可起到积极的保护作用。

(2) 应急洗消和出入检测

核素操作入口设置有更衣室、淋洗间，在入口处设置铅衣存放处和洗手池，设置专用的表面污染监测、去污洗消和存放衣物等功能场所。

在更衣室设置干净衣物存放场所和受污染衣物存放场所，当工作人员进入控制区前，在走廊内穿好防护服，再进入控制区。当返回清洁区时，必须清洁完毕、表面污染检测完后，再原路返回。

(3) 受检动物的辐射防护措施

动物实验设有注射室、注射后等候室，扫描后观察室等功能场所，可有效减少动物携带人员与动物接触的时间。另外设置有动物携带人员的专用工具、小推车等，可增加对携带人员的屏蔽保护。

动物携带人员还设有专门的2处人员休息室，无需进入核医学场所时，人员可在专用休息室休息，可减少对动物携带人员引起不必要的外照射，专用休息室配置内外网，视频监控系统、电话系统，便于操作人员与运送动物的人员电话沟通，确保人员安全。

(4) 运输动物的人员防护

① 动物进入实验场所需要由人员携带笼具才能进入，在大小动物入口设置专用的运输动物休息区，用于动物的交接，资料记录，进入辐射工作场所起到缓冲作用，对运送动物人员起到临时休息和保护的作用。

② 动物设置专用的笼具，由小推车装载动物，保持运输人员与动物之间的距离。

③ 动物笼具设置铅屏蔽措施，人员与运送动物之间起到屏蔽作用。

④ 设置各项专用的功能场所，包括动物注射间、注射后等待间，扫描后观察室等，可以固定场所内含放射性动物的位置，减少运送动物的人员与动物接触的几率。

⑤ 注射后等待间与动物注射间邻近，便于注射药物后的动物快速转入至等待间存放，减少运送动物的人员与动物接触的时间。

⑥ 注射后等待间门口设置移动铅屏风，可减少运送人员与其他等待间动物直接接触的影响。

⑦ 动物实验做到有序进行，运送动物的时间和路径可控，较少动物与人员接触的几率。

(5) 辐射安全警示设施

辐射工作场所的进出口大门处将设置醒目的电离辐射警示标识和相关警示文字，通过安全警示设施，防止无关的公众人员进入辐射工作场所。

(6) 个人辐射防护及安全

① 核医学实验场所配备铅围裙、铅橡胶手套、铅橡胶帽子等防护用品、用具。严格规定相关辐射工作人员在辐射工作中做好个人的辐射防护工作，严格按照操作程序实施，以达到辐射防护的目的。

② 通过制度规范辐射工作人员的操作，包括放射性核素的管理、使用，放射性污染物的处理和实验者（动物）的活动限制等进一步保护工作人员、运送动物人员和实验者（动物）。核医学实验场所与本项目相关的防护用品清单见表10.1-7。

表 10.1-7 核医学实验场所拟配辐射防护用品清单

序号	名称	型号/规格	铅当量	数量
1	铅防护衣	拟购(待定)	0.5mmPb	20
2	铅防护围脖	拟购(待定)	0.5mmPb	20
3	铅防护帽子	拟购(待定)	0.25mmPb	20
4	铅防护眼镜	拟购(待定)	0.5mmPb	20
5	移动落地衣架	拟购(待定)	-	6
6	便携式立式注射防护套	拟购(待定)	10mmPb	待定
7	注射器防护套	拟购(待定)	≥20mmPb	30
8	抽药用注射器防护套	拟购(待定)	-	待定
9	注射器防护套(钨)	拟购(待定)	-	待定
10	防护废物桶	拟购(待定)	≥10mmPb	24
11	高能防护废物桶	拟购(待定)	≥10mmPb	待定
12	放射性锐器废物桶防护箱	拟购(待定)	≥10mmPb	待定
13	高能放射性锐器废物桶防护箱	拟购(待定)	≥20mmPb	24
14	钨小瓶防护罐	拟购(待定)	≥20mmPb	待定
15	β、γ射线防护罐	拟购(待定)	≥20mmPb	10
16	樽式铅玻璃防护瓶	拟购(待定)	≥20mmPb	待定
17	注射器携带箱(小号)	拟购(待定)	≥20mmPb	待定
18	L型活度计屏蔽	拟购(待定)	≥20mmPb	12

19	活度计铅屏风	拟购(待定)	≥20mmPb	待定
20	铅封底工作台	拟购(待定)	≥20mmPb	待定
21	防护工作台	拟购(待定)	≥10mmPb	6
22	含铅塑胶罩	拟购(待定)	≥10mmPb	待定
23	分装柜	拟购(待定)	≥40mmPb-	2
24	通风橱	拟购(待定)	≥40mmPb	2
25	其他相关设备设施	待定	-	

10.1.5 辐射安全防护措施符合性分析

本项目核医学实验场所拟采取的辐射安全防护措施与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）要求符合性对比一览表见表 10.1-8。

表10.1-8 核医学实验场所拟采取的安全防护措施符合性对比一览表

与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）符合性对比

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）		拟采取的防护措施	结论
第 6.2.1 节	核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污	核医学实验场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等采用不锈钢，平整光滑。室内地面做 PVC 材料的光滑塑胶地面，地面与墙壁的连接处均采用圆弧设计，保证连接处无缝隙，可以达到清洗、去污的效果。	符合
第 6.2.2 节	操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	注射准备间内设置通风橱，在通风橱内进行放射性药物操作；已为从事放射性药物操作的工作人员配备个人防护用品、放射性污染防护服、注射器防护套；注射后等候室和留观室患者座位间设置铅屏风。	符合
第 6.2.3 节	操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施	卫浴间设置表面污染监测仪，并设置淋浴室，可以在淋浴室内进行洗消去污。	符合
第 6.2.4 节	放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。	本项目使用的放射性核素配置单独的储源罐存放，定期采用 X-γ剂量监测仪进行辐射水平监测。放射源拟放置于储源室内，使用保险柜贮存，设置双人双锁，	符合

		拟安装监控摄像头。核医学实验场所安排专人管理，建立放射性物质台账，及时登记，确保账物相符。储源间设置门锁以及电离辐射警告标志，无关人员不能进入。	
第 6.2.5 节	应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。	配置有防护罐和注射器携带箱运输放射性物质，防护罐和注射器携带箱设有手提装置，容器表面拟设置电离辐射标志	符合
第 6.2.9 节	扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯	扫描机房大门上方设置工作状态指示灯。	符合

与《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）符合性对比

《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）		拟采取的防护措施	结论
第 5.1.2 条	在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；	核医学实验场所控制区出入口设置可视对讲门禁机（带门禁管理功能，含人脸识别、指纹识别等模块），限制患者或受检者的随意流动。	符合
第 5.2.4 条	分装药物操作宜采用自动分装方式， ¹³¹ I 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式	本项目放射性药物拟采取手动分装方式，受检对象为小动物，均采用同室给药。	符合
第 5.2.6 条	控制区的入口应设置电离辐射警告标志	在控制区的入口门上设置电离辐射警告标志。	符合
第 5.2.7 条	核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示	核医学实验场所内相应位置将张贴明确的受检者导向标识或导向提示，不同的用房标贴醒目的功能用房牌。	符合
第 5.2.8 条	给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置	注射后候诊室、留观室均设置监控对讲装置，扫描机房设置观察窗、监控和对讲装置。	符合
第 5.2.9 条	应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志	工作场所拟配备防护罐和注射器携带箱。容器表面拟设置电离辐射标志。	符合
第 5.2.10 条	扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯	扫描机房大门上方拟设置工作状态指示灯。	符合

根据上述对照分析结果可知，本项目核医学实验场所采取的辐射安全与防护措施符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的相关要求。

10.2 放射性三废的治理

10.2.1 放射性固体废物处理方案

本项目产生的放射性固体废物与原环评报告一致，拟沿用原环评报告中的放射性固体废物处理方案，未做改变。

核医学实验场所产生的放射性固体废物主要为：一次性注射器、一次性手套、废弃活性炭过滤器、注射药物的小动物尸体、吸水隔尿垫（含注射药物小动物的排泄物）等。

核医学实验场所控制区内配置有铅质废物桶，正常废弃的一次性注射器、一次性手套等一次性用品先收集于铅质废物桶内，固定时间将放射性废物由铅质废物桶内取出，标明日期，转移至固废暂存间/固废存放间集中暂存。不含放射性核素的固体废物收集于普通垃圾桶中。

废物桶放置点避开工作人员经常活动的区域，桶内放置专用塑料直接收纳废物。放射性固体废物按污染水平及产生时间进行分类收集，对于碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，装入硬纸盒或其他包装材料中，然后装入废物桶内的专用塑料袋。每袋废物重量不超过20kg，装满废物的塑料袋密封后及时转送废物间内的废物箱内贮存衰变。不同类别废物应分开存放，废物衰变箱表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

场所内设置1个洗涤间、1个固废暂存间、1个固废存放间、1个物料暂存间及1个脏垫料存放间，动物出口设置有动物打包间，可以对核医学实验场所污物进行处理。

洗涤间：用于场所污物清洗工具的存放；

固废存放间：注射准备间内一侧，专门用于收集药物注射产生的放射性废物，如试纸、一次性注射器、废药瓶等。

固废暂存间：洗涤间一侧，用于收集各实验场所实验中产生的放射性废物。

物料暂存间：西南侧大动物扫描后观察室一端，主要用于大动物暂存留观时动物饲料、垫料，饲料、垫料本身没有放射性，可不作屏蔽。

脏垫料存放间：靠东北侧大小动物PET/CT机房一侧，主要用于小动物暂存留观时动物饲料、垫料，本身没有放射性，可不作屏蔽。

放射性固体废物暂存超过30天后，需先进行辐射剂量率和表面污染水平检测：①废物桶外30cm处的辐射剂量率满足所处环境本底水平；②废物桶外表面的 β 表面污染水平 $\leq 0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，只有检测结果满足上述标准的废物桶才会进行转移。在废物桶转移时，运营机构对废物桶的转移路径临时进行管控，在确保转移路径上没有人员后，方可进行废物桶的转移操作，并建立放射性废物收集、贮存管理台账，做好记录并存档备案。

对于动物实验，如有动物死亡或需要处死动物时，会产生带有放射性的尸体，实验后将其装入塑料袋中，外贴日期标签，满足清洁解控水平后再转入动物尸体处理间的冰箱内暂存。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的清洁解控水平，以普通医疗动物尸体进行无害化处理。

10.2.2 放射性废气处理方案

本项目拟沿用原环评报告中的放射性废气处理方案，未做改变。

核医学实验场所内设有通风换气系统，各场所和核素使用过程中涉及的场所均设计了排风口，保证工作场所内的通风良好。分装柜设有独立的排气系统，并设置放射性过滤装置，排风管道靠近灵长类全身PET（MRI兼容）机房，为核医学专用排风井，引至大楼天面排放。排风管道布局见图10.2-1和图10.2-2。

（1）风速：药物分装过程均在分装柜中完成，分装柜设有抽风系统，风速不小于0.5m/s。

（2）空气流向：不同核素使用场所，气流从低污染区流向高污染区，由低活区流向高活区，对含有空气污染的房间，保持一定负压，使用逆止阀，防止空气倒流，所有的排风管均最终汇集至排风井。

（3）排风管道：核医学实验场所设置有2条通风管道。

1#：1楼核医学实验分装柜排风管道，排风量3000m³/h，风机效率85%

2#：1楼核医学实验场所排风管道，排风量4200m³/h，风机效率85%

（4）活性炭吸附

核医学排风以独立管井通向本建筑顶层（本栋建筑）的最高处，排气口的活性炭过滤吸附塔安装在管井出口处，活性炭过滤装置根据季节和气候、温湿度条件定期更换。经活性炭过滤器装置过滤后，高于屋脊排放，项目运行后每3个月~6个月对活性炭进行检查，根据实际情况进行活性炭过滤器的更换。活性炭过滤器半年至少更换一次。

为了避免下雨淋湿过滤装置，引起吸附效率的降低，设雨棚遮挡吸附塔。

（5）排风口

排风口高于本建筑物大楼14层天面的屋脊，排风口风管端口进行了防雨、防鸟、防虫设计，具体位置见图10.2-2。14层天面为本建筑最高楼层，天面高度约77m，排放口高于天面屋脊。根据深圳国家基本气象站1999-2018年共20年气候资料统计风频玫瑰图可知深圳市常年主导风向为东北风，放射性废气主要影响区域为西南侧园区内道路和荒

地，排风口设置位置对周围环境影响较小。

综上所述，核医学实验场所通风系统符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关要求。

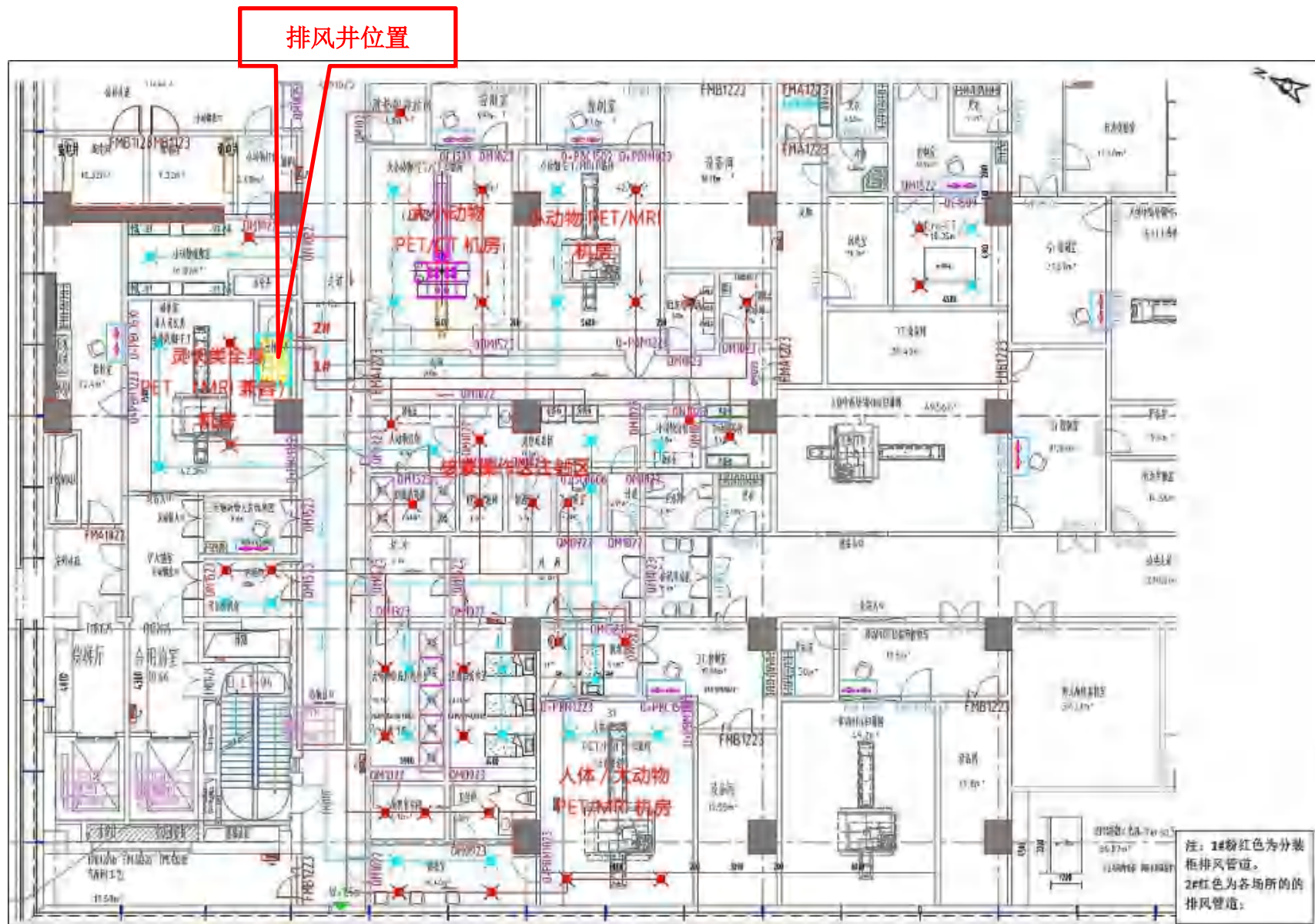


图10.2-1 核医学实验场所通风管道布置图

核医学实验场所屋顶排风口位置

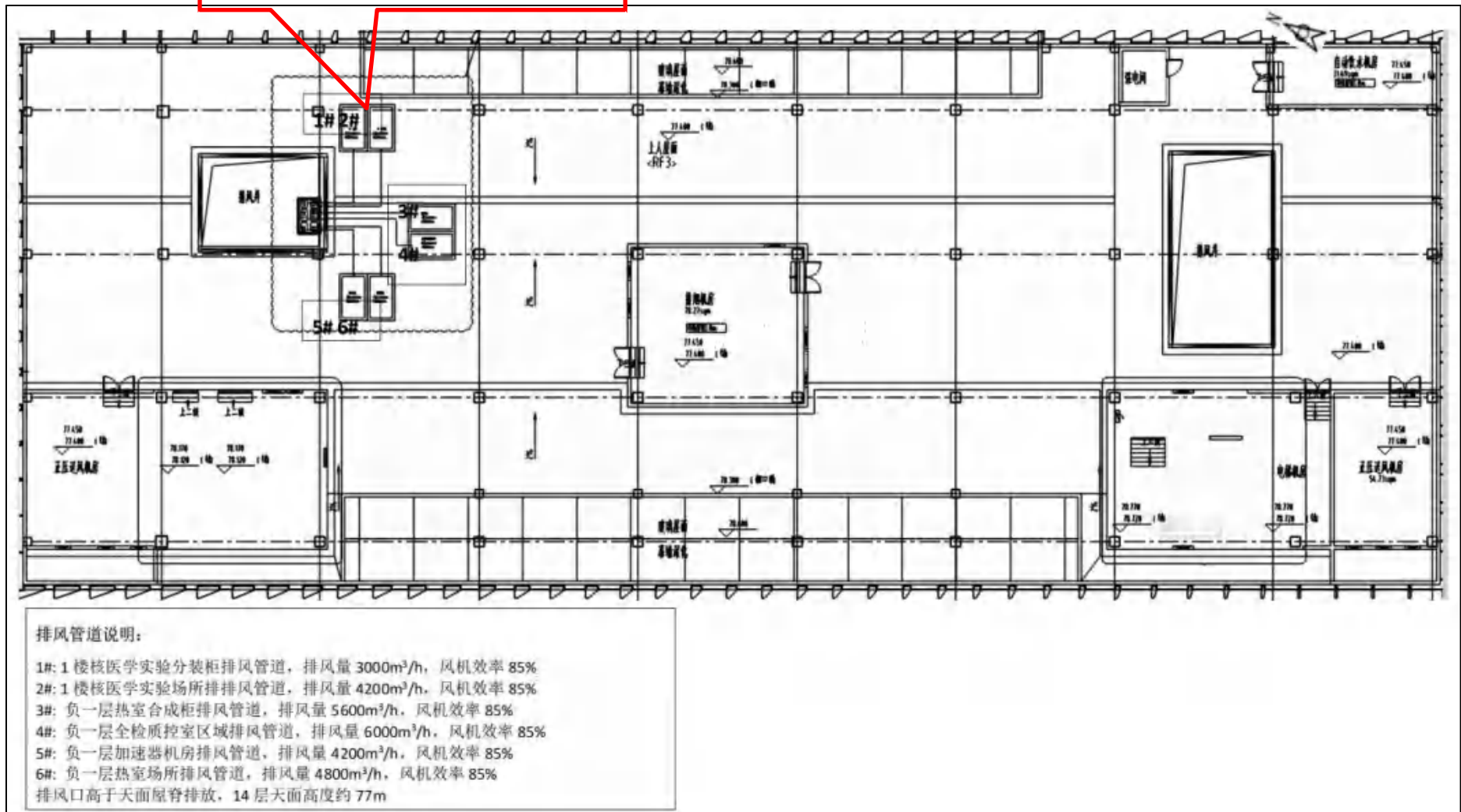


图10.2-2 屋面排风井布置图

10.2.3 放射性废液处理方案

本项目拟沿用原环评报告中的放射性废液处理方案，未做改变。

本项目核医学实验涉及 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{68}Ga 核素使用，针对核素的实际使用情况设计有专门的放射性衰变池，核医学各场所产生的放射性废液收集至衰变池。

(1) 衰变池位置

衰变池选址负二层废水处理间，核医学放射性废水单独建设一间废水处理房，衰变池为一体化设备，外侧设置污水处理间实体屏蔽墙，无人员出入，核医学实验区排水管道（地漏）图 10.2-3。

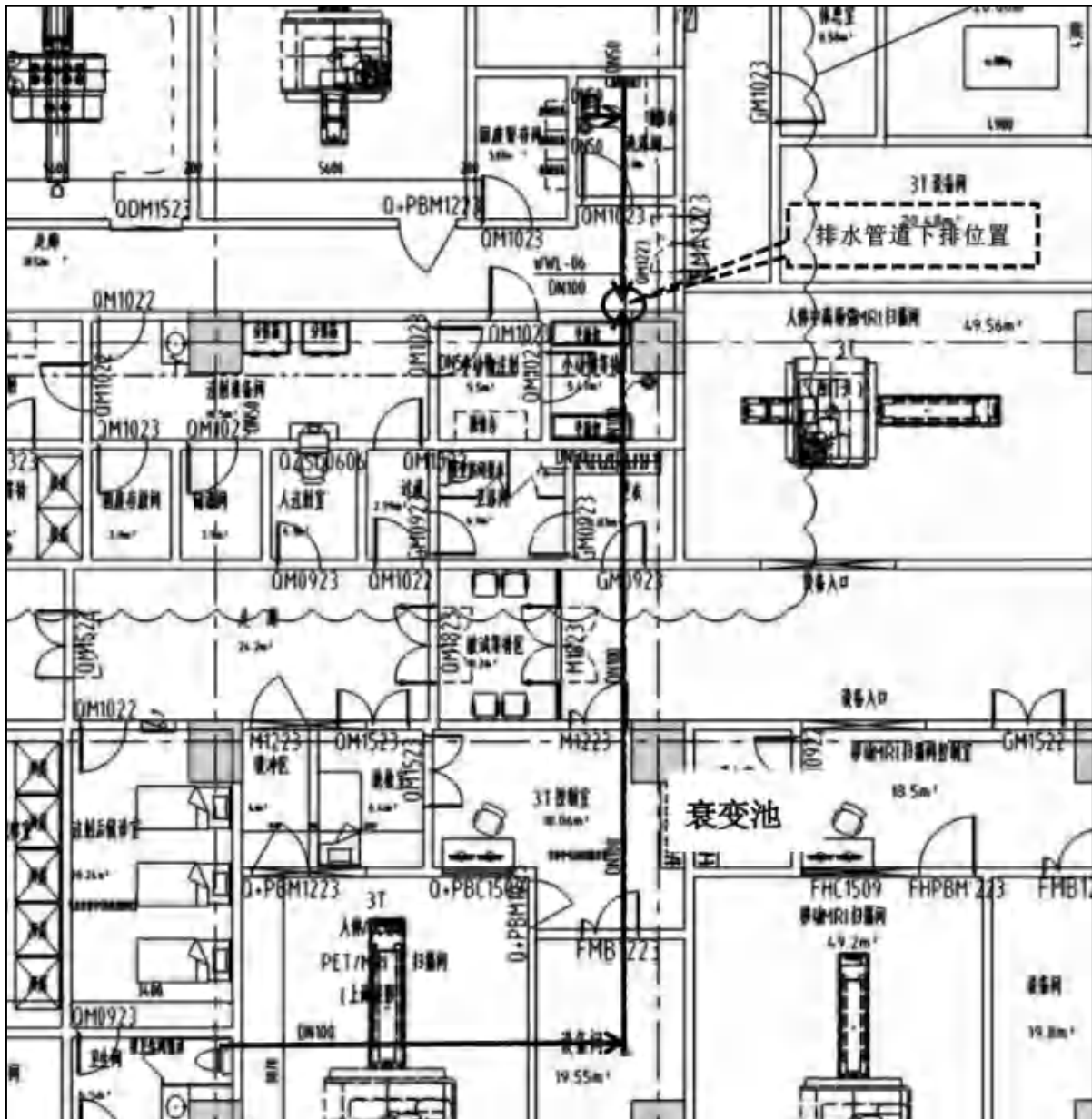


图 10.2-3 核医学实验场所排水管道示意图

放射性废水预处理采用钢筋混凝土结构，排水采用水自重方式进入，可减少使用泵抽设备，减少维修。

衰变池前段设计多功能微生物降解槽，自带铰刀，搅碎固形物，杜绝清淤，再排入衰变池，最后由衰变池排入园区污水处理站。

废液来源：核医学实验产生的废液主要来自服药受检者/动物的排泄物及应急洗消等产生的废液，具体包括受检者/动物卫生间、控制区洗手池等。

废液分类：根据关于发布《放射性废物分类》的公告（环境保护部 工业和信息化部 国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日施行）本项目涉及的放射性核素（除校正源） ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{68}Ga 都属于极短寿命放射性废物。

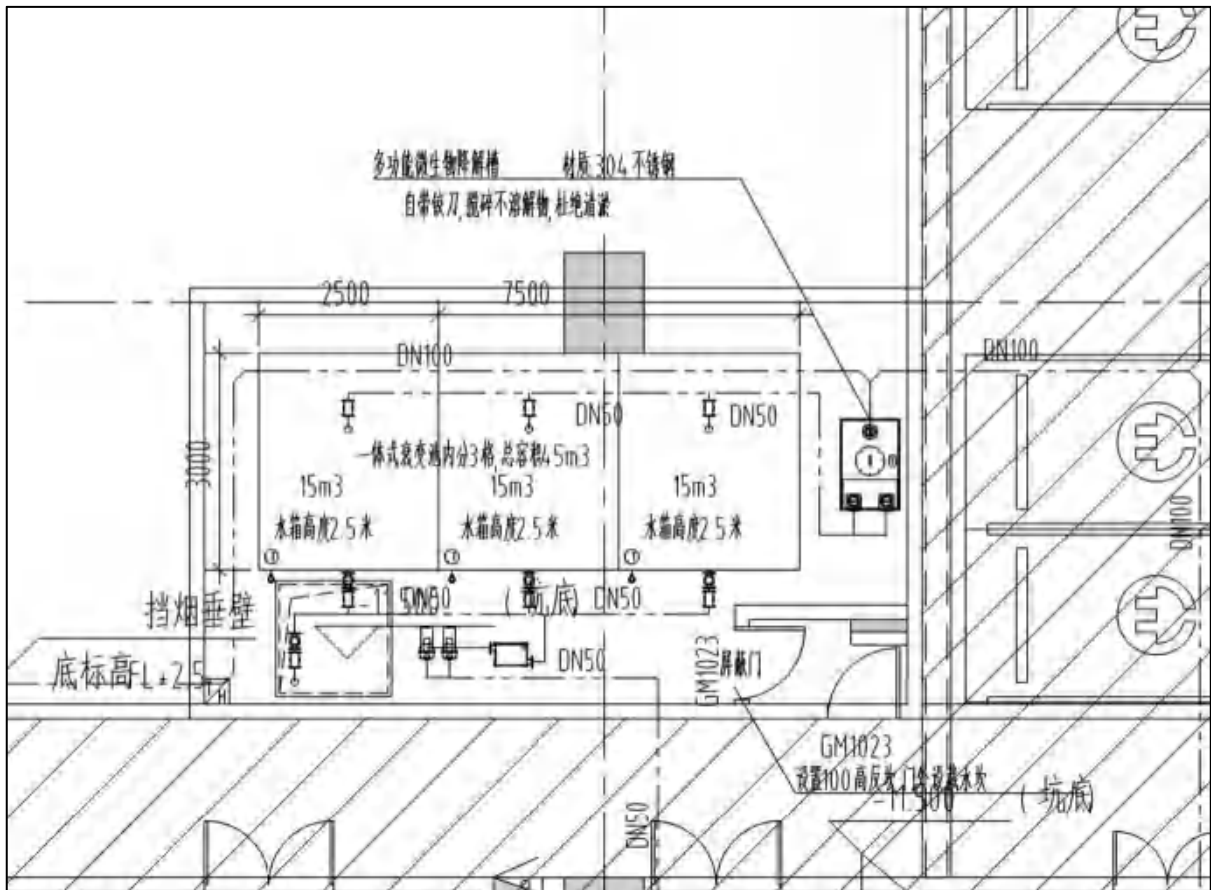


图 10.2-4 衰变池平面布局示意图

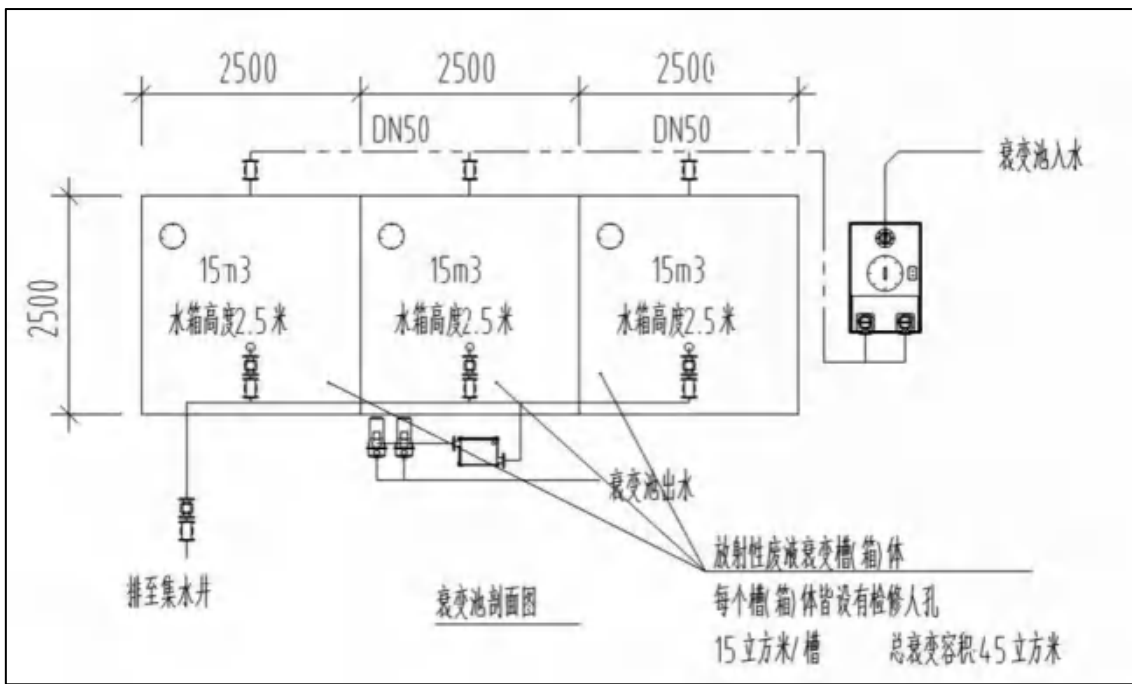


图 10.2-5 衰变池分别的立面示意图

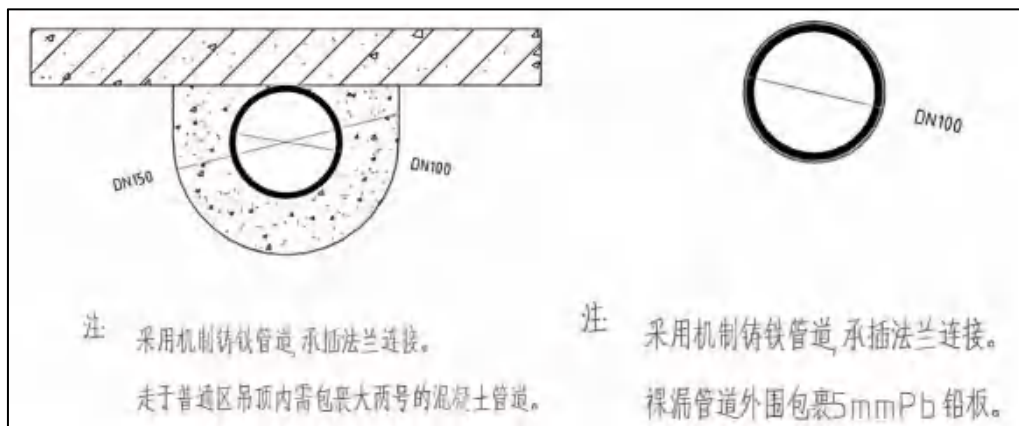


图 10.2-6 衰变池排水管道设计示意图

(2) 衰变池设计

衰变池组由前多功能微生物降解槽+1#衰变池（15m³）+2#衰变池（15m³）+3#衰变池（15m³）组成，衰变池 1、2、3 每个有效容积 15m³，总有效容积共 45m³。

衰变池取样：衰变池设置取样口。

衰变池组每个分池具有分隔放射性废水以及轮流存放和排放功能，衰变池平面和立面设计图见图 10.2-4、图 10.2-5。

本项目涉及的正电子核素完成相关检查，人体实验者离开场所，动物需要过夜，根据建设单位设计方案，主要采用干养的方式，尽量减少放射性废物的产生。

控制程序排放逻辑：

① 核医学场所产生的放射性污水先排入多功能微生物降解槽，再排入衰变池。排入衰变池 1 后，至衰变池 1 达到设计液位后，衰变池 1 进水口关闭，暂停进水，多功能微生物降解槽废水排入衰变池 2，依此类推，当第 3 个衰变池满时，第 1 个衰变池排水阀开启排放。

② 1号衰变池低液位时，1号衰变池开始进水，依次循环。

(3) 放射性废液管道走向布置

核医学实验场所的排水管由小动物注射后休息室墙面向下穿出，排水管基本不外露管道，如在负一层动物饲料间顶面穿出时，做5mmPb的铅防护包裹，在竖直墙面上沿墙体内穿行，墙面上不外露管道，直接通向负二层的衰变池区域，因此排水管主要是从墙内穿行，顶棚外露排水管穿墙做5mmPb屏蔽补偿。

综上所述，本项目放射性废水管道设计合理。

衰变池对放射性废液的排放达标分析详见第11章节。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本次评价内容主要为拟开展的核技术利用项目运行期对环境的辐射影响。本项目建设阶段涉及射线装置的安装,建设过程的环境影响主要为非辐射类影响,主要的污染因子有:噪声、废水、固体废物和扬尘,无辐射影响,亦无放射性废气、放射性废液及放射性固体废物产生。

本项目在建设期间对周围环境无辐射影响,施工单位应按照规定对建设期产生的一般环境污染进行防治,如:建筑垃圾分类堆放、及时处理;如需使用噪声较大的工具施工,应尽量选择在周末等人员较少的时间段施工,通过以上措施使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目为在大小动物 PET/CT 机房内新增一台小动物 PET/CT,增加实验的类别,核素用量、平面布局、路线分析和辐射防护屏蔽均与原环评报告设计一致,未发生改变,故运行阶段环境影响分析主要分析大小动物 PET/CT 机房增加小动物 PET/CT 后对工作人员和周围公众的辐射影响。

11.2.1 辐射工作场所影响分析

因本项目除大小动物 PET/CT 机房中设备变化外,其余包括放射性核素用量、平面布局、路线分析和辐射防护屏蔽均与原环评报告设计一致,因此本报告主要对小动物 PET/CT 工作导致的机房周围剂量当量率进行分析,其余药物标记场所、药物注射场所根据原环评报告的分析可知均满足标准要求。

原环评报告中涉及本项目场所各关注点剂量率预测结果见表 11.2-1。

表 11.2-1 原环评报告中涉及本项目场所各关注点剂量率预测结果

房间名称	屏蔽体	预测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)
大小动物 PET/CT 机房	墙体	0.49
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	观察窗	0.35
	防护门	0.32

注射准备间	墙体	1.65
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	防护门	1.40
小动物注射室	墙体	1.25
	顶棚	0.03
	地面	0.03
	防护门	1.59
储源间	墙体	0.78
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	防护门	1.17
小动物观察室	墙体	1.58
	顶棚	0.12
	地面	0.11
	防护门	1.50
小动物等待间	墙体	1.16
	顶棚	0.11
	地面	0.10
	防护门	2.06
脏垫料存放间	墙体	0.84
	顶棚	0.02
	地面	0.02
	防护门	0.95
洗涤间	墙体	2.09
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	防护门	2.35

固废存放间	墙体	1.81
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	防护门	2.28
上走廊（东西向）	墙体	1.33
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	防护门	1.70
下走廊（东西向）	墙体	1.33
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	防护门	1.70
走道（南北向）	墙体	1.33
	顶棚	0.05
	地面	0.04
	防护门	1.70

辐射工作人员进行药物分装、操作和小动物用药等实验流程中，主要是核素发射的 γ 射线引起的外照射。当小动物注射了放射性药物后成为活动的辐射体，其所经过的实验场所均需考虑来自小动物身体的辐射影响。

对于扫描室的射线屏蔽，主要考虑受检小动物体内放射性核素产生的 γ 射线，以及小动物 PET/CT 进行 CT 扫描时产生的 X 射线两部分。

（1） γ 射线剂量率估算

按照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I，得到屏蔽体外关注点 γ 辐射剂量率水平可采用点源式计算：

$$\dot{H} = \frac{A}{R^2} \times \Gamma \times 0.1^{\frac{d}{TVL}} \quad (\text{式 11.2-1})$$

式中： \dot{H} ——关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A——单次操作最大活度，MBq；

Γ ——距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$ ；

R——计算点与源点的距离，m；

d——屏蔽体厚度，mm。

TVL——十分之一值层厚度，mm。

根据《核医学辐射安全与防护要求》（HJ 1188-2021）第 6.1.1 条：核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

$$A = A_0 / 2^{(t/T)} \quad (\text{式 11.2-2})$$

式中：t——经历衰变的时间，min；

T——核素的半衰期，min。

表 11.2-2 核素参数

序号	核素	周围剂量当量率常数（裸源）， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	患者或受检者体外单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$
1	^{18}F	0.143	0.092
2	^{11}C	0.148	0.095
3	^{13}N	0.148	0.095
4	^{15}O	0.148	0.095
5	^{68}Ga	0.134	0.086

结合核素生产送药及动物的使用情况，短半衰期药物送药至使用的时间缩短，对动物使用不同核素时，辐射水平情况进行统计分析，数据见表 11.2-3。

表 11.2-3 不同核素不同状态下的剂量水平

核素	单次最大用量/次(mCi)	周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	注射时剂量率 水平 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	扫描时剂量 率 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	留观时剂量率 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
^{18}F	3	0.143	15.87	10.87	7.44
^{11}C	3	0.148	16.43	16.43	8.33
^{13}N	3	0.148	16.43	16.43	4.11
^{15}O	3	0.148	16.43	16.43	2.81
^{68}Ga	3	0.134	14.87	7.44	3.72

注：为偏保守分析，所有关注点均以点源，不考虑动物体内吸收引起的衰减，进行分析。

表 11.2-4 核素的 TVL 值取值表

核素	TVL			
	铅($11.3 \text{ g}/\text{cm}^3$)	砖($\rho=1.65 \text{ g}/\text{cm}^3$)	混凝土($\rho=2.35 \text{ g}/\text{cm}^3$)	硫酸钡防护涂料 ($\rho=3.2 \text{ g}/\text{cm}^3$)
^{18}F	16.6mm	263mm	176mm	110mm

^{11}C	16.6mm	263mm	176mm	110mm
^{13}N	16.6mm	263mm	176mm	110mm
^{15}O	16.6mm	263mm	176mm	110mm
^{68}Ga	16.6mm	263mm	176mm	110mm

注：1. ^{18}F 在铅、砖和混凝土中的 TVL 数据取自 GBZ 120-2020 表 I.1，其余四种核素 γ 射线能量与 ^{18}F 相同，因此 TVL 取值相同。

2. 硫酸钡防护涂料的 TVL 数据保守取《辐射安全手册》图 6.4。

本项目辐射防护材料硫酸钡涂料主要成分为硫酸钡和水泥，硫酸钡也叫重晶石。根据《辐射安全手册》图 6.4 选取相应材料的 TVL 值。

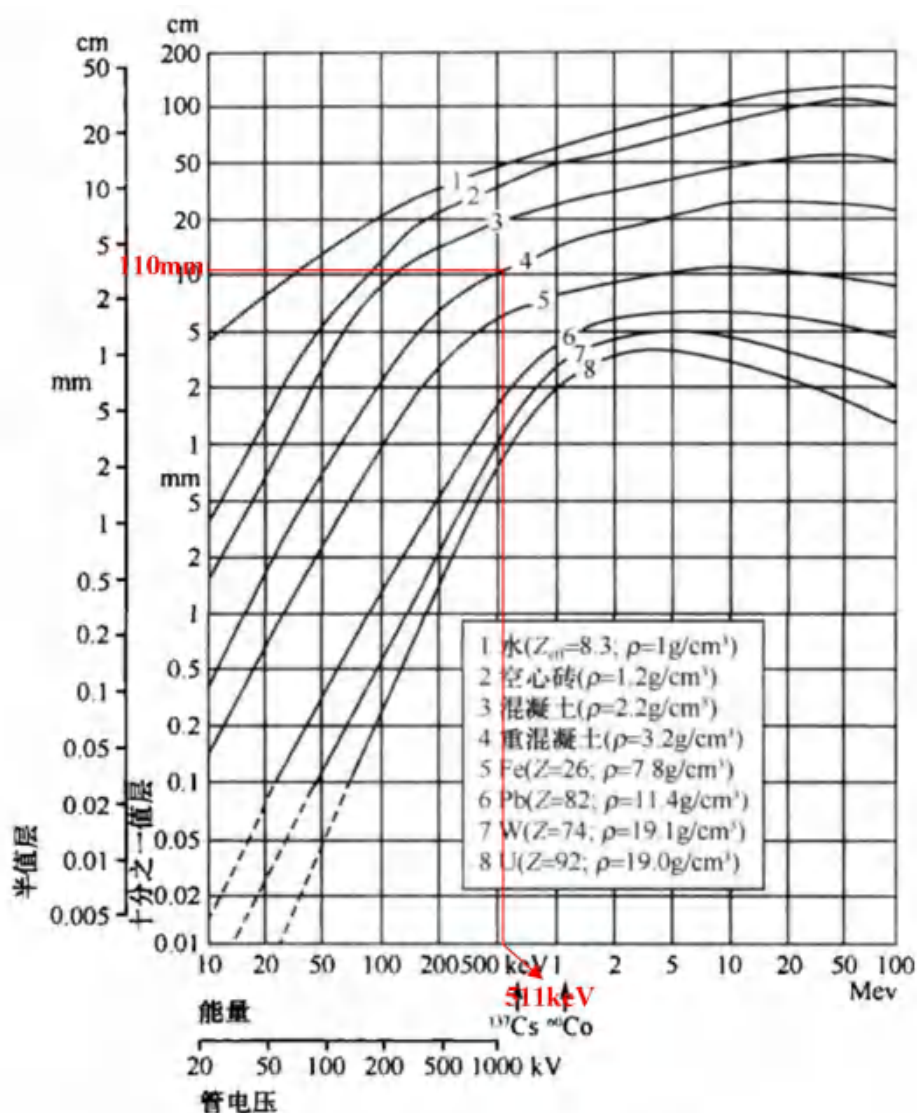


图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层

资料来源: Bernard Shleien et al. 1998. Handbook of Health Physics and Radiological Health. 3rd ed

图 11.2-1 几种屏蔽材料对宽束光子的 HVL 和 TVL 值

因本项目小动物 PET/CT 机房拟设置电力连锁开关,限制仅有一台设备进行扫描工作。大小动物 PET/CT 在原环评报告中已进行分析,本次仅对小动物 PET/CT 工作时对大小动物 PET/CT 机房周围关注点剂量率进行分析。

根据式 11.2-1 进行计算,本项目大小动物 PET/CT 机房仅考虑小动物 PET/CT 工作时关注点剂量率预测结果见表 11.2-5。

表 11.2-5 本项目辐射工作场所各关注点剂量率预测结果 (μGy/h)

房间名称	屏蔽体	屏蔽材料	距离(m)	剂量率预测 (μGy/h)
大小动物 PET/CT 机房 (仅考虑小动物 PET/CT)	东北墙	200mm 实心砖墙+7mmPb 防护涂料	5.00	0.03
	东南墙		1.10	0.54
	西南墙		3.78	0.05
	西北墙		5.50	0.02
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料	6.60	0.02
	地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料	6.00	0.02
	观察窗	10mmPb	4.80	0.18
	防护门 (东北侧)	10mmPb	5.00	0.16
	防护门 (西南侧)	10mmPb	3.78	0.29
	防护门 (西北侧)	10mmPb	6.60	0.09

注:墙体外的关注点选取距离小动物最近的墙外 30cm 处。

由以上估算结果可知,本项目辐射工作场所控制区实体屏蔽体外关注点剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中“放射性距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm 处的周围剂量当量率应小于2.5μSv/h,如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域,其周围剂量当量率应小于10μSv/h”的标准要求。

(2) X射线剂量率估算

根据该设备检测报告(见附件 10),本项目小动物 PET/CT 在最大管电压 80kV、最大管电流 0.7mA 工作条件下设备表面 10cm 处的 X 射线周围剂量当量率检测结果见表 11.2-6,检测点位布置图见图 11.2-2。

表 11.2-6 本项目小动物 PET/CT 设备表面检测报告

检测点位置	测得值(μSv/h)
本底	0.29

1	0.30
2	0.30
3	0.30
4	0.27
5	0.28
6	0.76
7	0.33
8	0.30
9	0.29
10	0.60
11	0.72
12	0.28
13	0.33
14	0.81
15	0.29
16	0.28
17	0.30
18	0.49
19	0.25
20	0.32
21	0.29
22	0.29
23	0.31
24	0.30
25	0.30
26	0.30
27	0.50
28	0.29
29	0.32

30	0.29
31	0.29

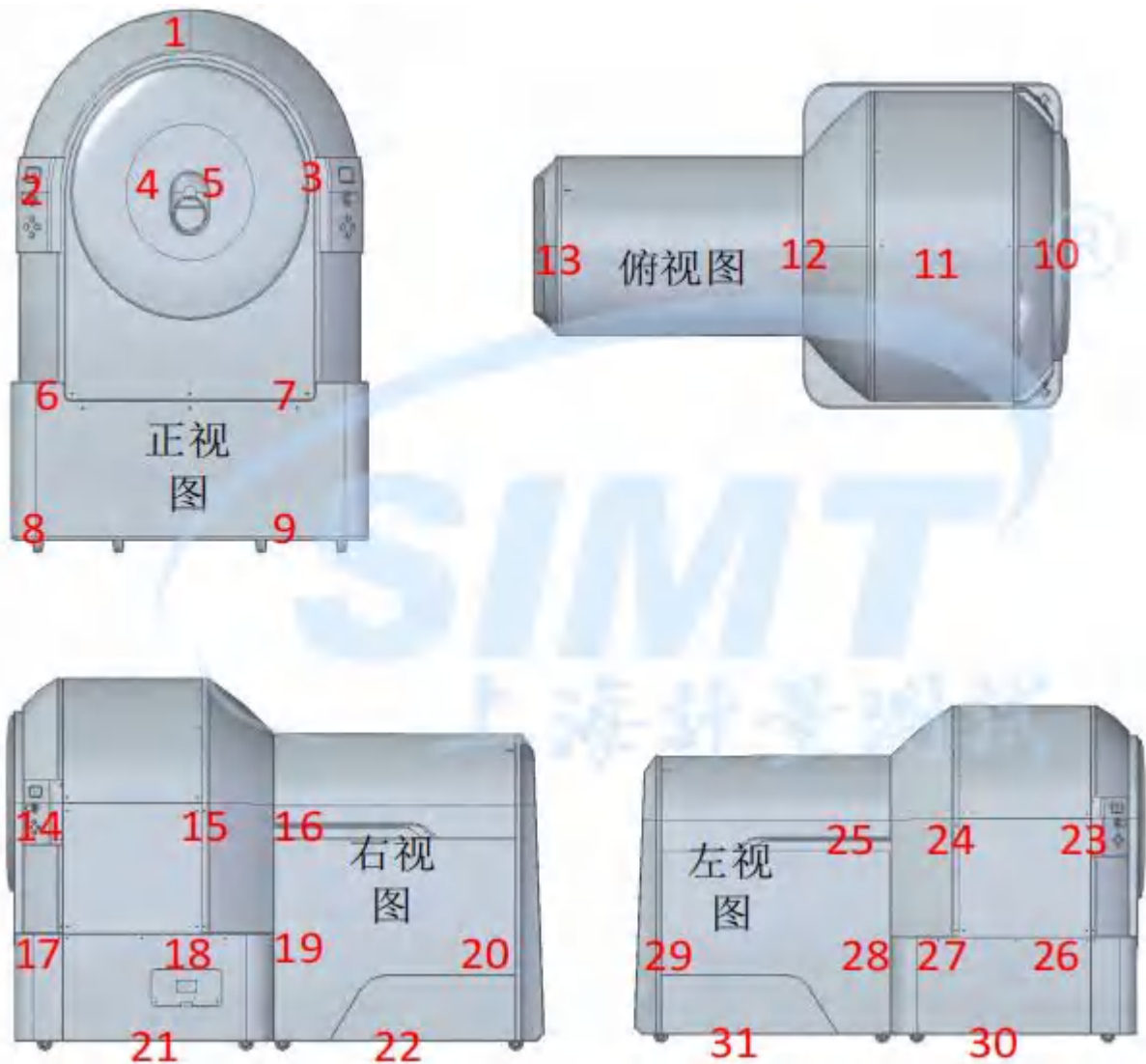


图 11.2-2 小动物 PET/CT 检测点位布置图

由表11.2-6可知，该小动物PET/CT最大工况下X射线导致的设备表面10cm处X射线周围剂量当量率最大值为0.81 μ Sv/h（未扣除本底）。按照“辐射水平与距离平方成反比”，本项目小动物PET/CT 1m处的辐射剂量率最高约0.0081 μ Sv/h。

根据《辐射防护手册》（第一分册），机房外各预测点的泄漏辐射剂量率可用下式进行计算：

$$H_{\text{r}} = \frac{H_0 \cdot B}{r^2} \quad (\text{式11.2-3})$$

H_{r} ：预测点处的泄漏辐射空气比释动能率， μ Gy/h；

H_0 ：CT在额定工作条件下，距靶点1m处X射线的空气比释动能率（ μ Gy/h）；

B: 屏蔽体对泄漏射线的透射因子;

r: 距靶点1m处至关注点的距离, m。

计算时按照机头拟放置位置确定距离, 利用因子一律取1。另根据“NCRP147号报告”表4.1医疗场所居留因子建议值对本项目保护目标所在场所的居留因子进行取值。

透射因子参照《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)附录C的C.1.2中式(C.1)及表C.2的相关参数进行计算。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha}\right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{公式11.2-4})$$

式中:

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子;

β ——铅对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数;

α ——铅对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数;

γ ——铅对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X——铅厚度。

根据NCRP147表A.1, 可知混凝土、铅对管电压为80kVX射线辐射衰减的有关的拟合参数。计算结果如下:

表11.2-7 铅、混凝土对不同管电压的X射线衰减拟合参数

管电压80kV			
材料	α	β	γ
铅	4.04	21.69	0.719

根据公式11.2-3计算小动物PET/CT机房周围关注点在开机时X射线产生的周围剂量当量率, 计算结果见表11.2-8, 叠加 γ 射线剂量率估算结果见表11.2-9。

表11.2-8 小动物PET/CT机房屏蔽体外30cm处X射线周围剂量当量率估算结果

关注点	屏蔽	折合铅当量mmPb	B	距离(m)	关注点剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
东北墙	200mm 实心砖墙+7mmP b 防护涂料	9.0	1.23E-17	5.00	3.99E-21
东南墙		9.0	1.23E-17	1.10	8.25E-20
西南墙		9.0	1.23E-17	3.78	6.99E-21
西北墙		9.0	1.23E-17	5.50	3.30E-21

顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护涂料	5.8	5.07E-12	6.60	9.43E-16
地面	180mm 混凝土+3mmPb 防护涂料	5.1	8.58E-11	6.00	1.93E-14
观察窗	10mmPb	10	2.17E-19	4.80	7.62E-23
防护门(东北侧)	10mmPb	10	2.17E-19	5.00	7.03E-23
防护门(西南侧)	10mmPb	10	2.17E-19	3.78	1.23E-22
防护门(西北侧)	10mmPb	10	2.17E-19	6.60	4.03E-23

(3) 剂量率叠加分析

根据表11.2-5和表11.2-8, 大小动物PET/CT将叠加辐射剂量率估算结果见表11.2-9。

表 11.2-9 本项目大小动物 PET/CT 机房外剂量率叠加预测结果

关注点	γ 射线最大剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	X射线最大剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	叠加剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	控制水平 $\mu\text{Sv/h}$	符合性
东北墙	0.03	3.99E-21	0.03	2.5	符合
东南墙	0.54	8.25E-20	0.54	2.5	符合
西南墙	0.05	6.99E-21	0.05	2.5	符合
西北墙	0.02	3.30E-21	0.02	2.5	符合
顶棚	0.02	9.43E-16	0.02	2.5	符合
地面	0.02	1.93E-14	0.02	2.5	符合
观察窗	0.18	7.62E-23	0.18	2.5	符合
防护门(东北侧)	0.16	7.03E-23	0.16	2.5	符合
防护门(西南侧)	0.29	1.23E-22	0.29	2.5	符合
防护门(西北侧)	0.09	4.03E-23	0.09	2.5	符合

综上所述, 小动物 PET/CT 工作时大小动物 PET/CT 机房外关注点处叠加剂量率
 蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $0.54\mu\text{Sv/h}$, 满足不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的标
 准要求。摆位时仪器不开机, 故对摆位人员无 X 射线影响。

11.2.2 辐射工作人员和场所周围公众年受照剂量估算

因本项目依托原环评报告中的辐射工作人员进行工作, 因此辐射工作人员年受照剂量
 采用小动物 PET/CT 操作所致辐射剂量叠加原环评报告中人员受照剂量估算结果进行分
 析。

(1) 计算方法

X-γ射线产生的外照射年有效剂量可按下式计算：

$$E = \dot{H} \times 10^{-3} \times T \times t \times W_T \quad (\text{公式 11.2-5})$$

式中：E 为外照射所致人员年有效剂量，mSv/a；

\dot{H} 为关注点的剂量率，μSv/h；

T 为居留因子；

t 为年受照时间，h/a；

W_T 为组织权重因素，全身为 1。

本项目药物操作环节辐射工作人员剂量率按公式 11.2-1 进行估算，估算结果见表 11.2-10，人员年有效剂量按公式 11.2-5 进行估算，估算结果见表 11.2-11。

表 11.2-10 辐射工作人员药物操作位辐射剂量率估算

操作	使用量(MBq)	屏蔽厚度	屏蔽后操作位辐射剂量率(μSv/h)
药物标记	111	40mmPb 分装柜+0.5mmPb 铅衣	0.24
静态注射	111	20mmPb 注射窗+10mmPb 注射器防护套+0.5mmPb 铅衣	0.96
动态注射	111	20mmPb 注射窗+10mmPb 注射器防护套+0.5mmPb 铅衣	0.96
摆位和解除摆位	111	0.5mmPb 铅衣	61.31

表 11.2-11 核医学辐射工作人员年有效剂量估算

操作	工作时间		辐射剂量率(μSv/h)	年有效剂量		
	min/次	次/年		各岗位年剂量(mSv/a)	合计(mSv/a)	单人年有效剂量(mSv/a)
药物标记	5	5000	0.24	1.00E-01	1.94E-04 (四人轮岗)	3.50E-02
静态注射	0.5	2500	0.96	2.00E-02		
动态注射	0.5	2500	0.96	2.00E-02		
注射运送	0.5	5000	16.43	6.85E-01	1.94E-04 (四人轮岗)	0.69
扫描运送	0.5	5000	16.43	6.85E-01		
留观运送	2	5000	8.33	1.39E+00		
摆位和解除摆位	1	5000	61.31	5.11E+00	1.94E-04 (五人轮岗)	1.20
PET 扫描	60	5000	0.18	9.00E-01		
CT 扫描	0.5	5000	7.62E-23	3.18E-24		

结合原环评报告中辐射工作人员受照剂量估算结果，原环评报告辐射工作人员年有效剂量估算结果见表 11.2-12，叠加本项目实验操作后辐射工作人员有效剂量估算结果见表 11.2-13。

表 11.2-12 原环评报告辐射工作人员年有效剂量估算

项目	实验项目	剂量(mSv)	总剂量(mSv)	人员配备	平均剂量(mSv)
标记	人体	0.04	0.10	4	0.23
	大动物及灵长类动物	0.03			
	小动物	0.03			
注射	人体	0.29	0.83		
	大动物及灵长类动物	0.26			
	小动物	0.28			
摆位	人体	1.04	18.74	5	3.7
	大动物及灵长类动物	8.51			
	小动物	9.19			
携带	大动物及灵长类动物	5.22	11.48	4	2.9
	小动物	6.26			

表 11.2-13 辐射工作人员年叠加有效剂量估算

人员	原环评报告受照剂量 (mSv/a)	本项目受照剂量 (mSv/a)	叠加受照剂量 (mSv/a)
药物操作员	0.23	3.50E-02	0.27
运送人员	2.9	0.69	3.59
设备操作技师	3.7	1.20	4.90

以上估算是每天都满负荷运行，实际每天进行的实验量远低于以上估算，同一天基本上不可能每种核素都满负荷进行实验，另外对于短半衰期核素，由于采用床旁用药的方式控制送药期间的药物耗损，因此实际人携带动物的人员接触动物时间已经降低，估算结果偏保守。

根据原环评报告，核医学实验场所周围公众可能受到的辐射剂量最大值为 0.13mSv/a，叠加本项目可能造成的辐射剂量影响，本项目周围公众年受照剂量估算结果见表 11.2-14。

表 11.2-14 周围公众年有效剂量估算

关注点	受照时间	居留因子	关注点剂量率 (μSv/h)	有效剂量 (mSv/a)	原环评报告辐射剂量最大值 (mSv/a)	叠加受照剂量 (mSv/a)
大小动物 PET/CT 扫描间楼下清洗间前区	2000 h/年	1	0.02	0.04	0.13	0.17

大小动物 PET/CT 扫描间楼上实验 室		1	0.02	0.04	0.13	0.17
-----------------------------	--	---	------	------	------	------

综合所述，本项目在正常运行时，对辐射工作人员和公众引起的年有效剂量最大值分别为 4.90mSv 和 0.17mSv，满足本项目制定的辐射工作人员职业年照射剂量约束值不大于 5mSv；公众年照射剂量约束值不大于 0.1mSv。辐射工作人员受照剂量实际结果以个人剂量监测结果为准。

由于辐射剂量率与距离的平方成反比，对应评价范围内的其他环境保护目标处的公众距离工作场所更远，则其受照年有效剂量均低于以上估算值。

11.3 放射性废物影响分析

11.3.1 放射性固体废物

本项目核医学实验场所产生的放射性固体废物主要为：一次性注射器、一次性手套、废弃活性炭过滤器、注射药物的小动物尸体、吸水隔尿垫（含注射药物小动物的排泄物）等，产生量最大的是核医学动物实验动物尸体。

(1) 核医学动物实验动物尸体处置分析

①核医学动物实验动物尸体暂存时间可行性分析

本项目小动物实验采用核素都属于极短寿命放射性核素，小动物实验一次性最多注射使用 3mCi 药物，完成实验后，需要在动物观察室留观 24 小时。以使用 ^{18}F 为例，对实验产生的放射性固体废物进行分析。

注射 3mCi 的 ^{18}F 药物后，假设不被动物身体吸收，不排泄不减量时，24 小时后尸体表面 1m 处剂量率约 $0.002\mu\text{Sv/h}$ ，远低于本底水平，以上估算是按照点源考虑，实际测量值更低。

其他核素药物的半衰期更短，24 小时内的衰变倍数更大，因此 1 天后动物尸体表面辐射剂量率水平更低。

表 11.3-1 ^{18}F 药物后的动物尸体比活度

实验对象	服药活度 (mCi)	24 小时后量 (Bq)	动物平均 重量(g)	比活度 (Bq/g)	36 小时后 量(Bq)	比活度 (Bq/g)
小动物	3	12513	200	62.5	133	0.66

表 11.3-1 显示，小动物体内用药后，不考虑动物排泄的减量，36h 后残留总活度约 133Bq，按照小动物按 200g 重量考虑，动物体内活度约 0.66Bq/g，其他核素半衰期更短，比活度更低。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），¹⁸F 活度浓度豁免水平 10Bq/g，活度为 1×10⁶Bq，¹⁵O 活度浓度豁免水平 100Bq/g，活度为 1×10⁹Bq。

由此可知，小动物重量按 200g 考虑，停留 24 小时后小动物尸体活度约 62.5Bq/g，其他核素半衰期更短，比活度更低，存放 36 小时后即确保可达到解控标准。

小动物满足清洁解控标准后，其体内的放射性物质活度已经满足清洁解控水平，体表的辐射剂量率水平已经足够低，因此带出第一层核医学实验场所时，已经无需专用的防护。对于已经死亡的大小动物，进行尸体处理时，打包间内应将含有放射性的动物尸体装入废物袋并进行标记，满足清洁解控水平后存放至负一层尸体间的专用冰柜内，存放动物的尸体可不需要单独的防护。

负一层设有小动物尸体处理间，用于专门暂存动物尸体。动物尸体废物按污染性质和时间分类暂存在专用的冰柜，满足解控水平经审管部门确认或批准，以普通医疗动物尸体进行无害化处理。

对于场所产生的一般放射性废物，存放一天 24 小时时间，对于最长活度的 ¹⁸F 废物可达到 13.1 个半衰期，⁶⁸Ga 废物可达到 21.1 个半衰期，可进一步根据废物上沾染的放射性活度估算是否达到清洁解控水平，作进一步处理。

②动物尸体转化固体废物量核算

根据以上估算，存放 36 小时可确保小动物尸体均可满足清洁解控水平，可定期对尸体间的废物无害化处理，及时清除后保证尸体间冰柜的容量。

按照实验规模，预计一天最多 40 只小动物（叠加原环评报告中实验数量）参与实验，实验后采用干养达到清洁解控水平后会送回原饲养楼层继续饲养，少量的动物尸体达到清洁解控后以普通医疗动物尸体处理。

经综合考虑，实际每天不超过 10 只小动物死亡，一年内不超过 2500 只小动物死亡，一年不超过 500kg 的转化为固体废物。

③动物尸体的处理措施及库容

实验动物是经人工培育，是遗传背景及来源明确的实验动物，是专门用于科学研究、实验分析的实验性动物，因此动物实验后的尸体经高温高压灭活处理，体内是不含活体微生物，属一般固废。

小动物尸体暂存间面积约 33.9 平方米，按照冷库设计，共三层货架，能摆放 11.5 个 2m×0.5m 的货架，每个货架能摆放 15 个收集盒，每个重 25kg，则一个货架存放 375kg，

对于核医学实验产生的放射性小动物，每年约 500kg。由于小动物尸体暂存间不只是用于核医学实验产生的动物尸体，还有大量的其他科学实验会产生更多的动物尸体，对于达到清洁解控水平的动物尸体只需要 2 层货架基本可满足存放需求，更多的小动物尸体暂存需求需要满足常规环评的管理要求，本报告不再进一步论证，因此小动物尸体暂存间库容可确保满足含有放射性的小动物尸体存放需求。

(2) 其他放射性固体废物处置分析

对于一次性物品，每天实验后将这些放射性固体废物收集转入塑料袋中，外贴日期标签，转入固废存放间/固废暂存间的废物箱暂存。待其活度浓度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的清洁解控水平后，以普通医疗固体废物处理。预计这部分固体废物的产生量为：每天产生 100g，一年实验 250 天，每年产生 25kg 的固体废物。

更换后的活性炭作为放射性固体废物，暂存衰变一段时间，达到清洁解控水平，可以作为一般废物处理，一年累计更换的活性炭一般不超过 20kg 的固体废物。

①废物临时暂存

本项目设有两处污物间，用于分别收集产生放射性固体废物。设置的污物间，专门用于收集固体废物，在污物间设置有多个污物桶，对放射性固废分类存放，并标记产生的时间。

②废物处置措施

该项目核医学实验产生的放射性固体废物按类别和日期分别暂存于固废存放间和固废暂存间的废物桶中，待放射性废物暂存超过 30 天，放射性废物满足清洁解控要求后，按一般固废处理。

(3) 废物管理制度

本项目确定运行单位以后，配备有专（或兼）职人员负责管理废物的分类收集、存放和处理。废物管理人员应熟悉国家有关放射性废物管理法律法规，具备掌握放射防护和剂量监测专业技术的安全文化素养。

应具有预防发生废物丢失、被盗、容器破损和灾害事故的安全措施。储存容器的显著位置应设有电离辐射警示标志。

设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

接触放射性固体废物的工作人员应使用个人防护用具或屏蔽防护设施，并佩戴个人剂

量计。

11.3.2 放射性废气

核医学实验场所设置了给排风系统，各功能用房均设计有通风口，排风管汇流至灵长类动物全身 PET 机房（磁兼容）紧邻的排风井内，由风机独立排至大楼天面，经活性炭吸附后排放，核医学排风管道独立，不与非核医学排风管道共用管道。

核医学实验场所的通风管道在第 10 章节已经进行分析，综合分析总共分 2 个独立的排风管道：

1#：核医学实验分装柜排风管道，排风量 3000m³/h，风机效率 85%

2#：核医学实验场所排排风管道，排风量 4200m³/h，风机效率 85%

两条排风管道通过排风井直达楼顶，气体经过滤系统过滤后排出室外。天面排风包括各层的动物饲养区的常规排风及核医学实验、回旋加速器生产区域的排风，排风井位于大楼天面的西北侧，含放射性的废气排风口靠近天面西北侧一端，经过过滤装置吸附过滤才会排出。

由于本项目大楼全部为动物饲养、实验的科研场所，因此大楼的出入是严格受控的，大楼顶层设计为大动物饲养的阳光屋，顶棚上方是大楼各层排风口，因此天面场所是可控，无人员固定居留。

深圳市常年主导风向东北风，排风机运行时，排放废气主要沿西南方向扩散，该设计已经避开园区办公场所及宿舍区方向，大楼临近的西侧、北侧为空地，周围临近无建筑，大楼天面高度约 77m，无人员长期停留，大楼外侧西南面 160m 无人员活动区，对人员影响可忽略不计。

11.3.3 放射性废液

核医学实验涉及 ¹⁸F、¹¹C、¹³N、¹⁵O、⁶⁸Ga 核素的生产和使用，针对核素的实际使用情况设置有专门的放射性衰变池，衰变池设计已在第 10 章节已经进行分析。衰变池用于暂存回旋加速器制药区和核医学实验场所产生的放射性废液，故综合分析放射性废液影响。

原环评报告中综合核算回旋加速器制药区和核医学实验场所的放射性废液产生量为 1.6m³/日，衰变池系统可暂存放射性废液约 18.75 天，不满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）暂存超过 30 天的要求。为此，建设单位拟采取节水措施，减少洗消、清洁等环节的用水量，限制放射性废液的产生量。

建设单位放射性废液处置分析如下：

(1) 废液量

①人体实验：人体实验产生的废水量按每人每次用水定额取 15L，日实验数 16 人，每周实验 5 日，则每周 80 人，废水产生量为 1.2m³/周；

②动物实验：小动物实验产生的放射性废水主要采用吸水纸擦拭作为放射性固体废物处置，大动物产生的放射性废水按 300L/天进行核算，每周实验 5 日，则废水产生量为 1.5m³/周；

③辐射工作人员用水量：

1) 辐射工作人员去污清洗：辐射工作人员去污清洗用水按 200L/d 考虑（每个场所 100L/d），则诊断区每周去污清洗产生废水 1.0m³/周；

2) 场所清洁用水按 0.1L/（m²·次），核医学实验场所和回旋加速器制药场所涉及核素使用区域总面积约 1200m²，每周清洗 5 次，则每周诊断区产生清洗废水 0.6m³/周。

3) 应急洗消废水量：应急洗消废水按 200L/周（每个场所 100L/周），即 0.2m³/周。

放射性废液使用特定的下水管道汇集至衰变池，排水管道外露的部分做 5mmPb 屏蔽补偿，衰变池废液将停留至符合排放要求经审管部门核准排入市政管网，接诊受检者/动物统计如下：

表 11.3-2 产生的放射性废液量统计

接诊量		日接诊数	周产生废液量(m ³)	产生废液量(m ³ /周)
人体实验	18F、11C、13N、15O、 68Ga	16	1.2	4.5
动物实验		60	1.5	
辐射工作人员去污清洁			1.0	
场所清洁			0.6	
应急洗消			0.2	

注：建设单位拟采取节水措施，实验动物排泄物采用吸水纸擦拭作为放射性固体废物处置，以减少放射性废液的产生量。

(2) 暂存时间

根据衰变池的容积和 workflows 可推算出每个衰变池最短装满时间和装满后在该池内的停留时间，详见表 11.3-3。

表 11.3-3 每个衰变池的暂存时间

衰变池组	单个容积	单个池最短装满时间	装满后存储时间
衰变池	15m ³	3.33 周（23.31 天）	6.66 周（46.62 天）

动物实验的特殊性，是注射药物后的动物可能会在实验场所内出现排尿、排便的情况，因此场所的清污工作较大，动物产生的废液采用试纸、吸水纸等进行收集，转为固体废物，通过废物间的暂存衰变进行处理。

综上所述，衰变池设置满足暂存超过 30 天的要求。

根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号），放射性废液监测结果满足活度浓度排放要求的也可直接排放，原环评报告计算经衰变池衰变放射性废液排放口总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中放射性废液排放要求。

本项目放射性废液满足上述规定后可由工作人员控制设备直接进行排放，废水排入污水处理站进一步处理后纳入市政污水管网排放，本项目废水对周边水环境影响是可以接受的。

11.4 事故影响分析

11.4.1 事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11.4-1。

表 11.4-1 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故。

11.4.2 核医学异常事件分析与防范建议

(1) 事故情景分析

① 操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏，造成台面、地面辐射污染，工作人员受到核素释放出的 γ/β 射线外照射或核素经由空气吸入、食品食入，或经皮肤、伤口吸收并沉积在工作人员体内，在体内释放出 β 粒子对周围组织或器官造成内照射。

② 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

③ 放射性药物保管不当，放射性药物被盗、丢失，造成公众受到核素释放出的 γ/β 射线外照射或核素经由空气吸入、食品食入，或经皮肤、伤口吸收并沉积在公众体内，在体内释放出 β 粒子对周围组织或器官造成内照射。

④ 放射性废液或放射性固体废物未达到解控水平或排放标准即进行处理，造成公众受到核素释放出的 γ 射线外照射或核素经由空气吸入、食品食入，或经皮肤、伤口吸收并沉积在公众体内，在体内释放出 β 粒子对周围组织或器官造成内照射。

⑤ 给药后小动物管理不善，小动物走失，造成公众受到核素释放出的 γ/β 射线外照射。

⑥ 射线装置机房安全联锁失效或者闭门装置失效，在机房内检查时防护门处于打开状态，人员误入机房，人员受到CT部分曝光产生的X射线外照射。

⑦ 射线装置曝光控制装置异常或工作人员误操作，造成工作人员和周围公众在检查、设备维修、调试等过程受到X射线外照射。

⑧ 设备电力联锁开关故障，工作人员在机房内摆位时另一台设备曝光出束，造成工作人员受到 X 射线外照射。

动物实验产生排尿排便情况分析：

动物麻醉后实验产生不可控的排尿或排便情况时**应急处理剂量估算：**

假设动物实验时，一个动物使用 3mCi 药量时，其中 10%排出泼洒在面积约 1 平方米地面，应急操作人员手持长 20 厘米长柄镊子、夹子、铲子等工具，距离圆面中心 0.5m 处，人员穿戴 0.5mm 铅衣进行去污。

应急处理采用长柄镊子、夹子等工具擦拭，使用吸水纸等从外向内吸收溶液，防止污染面积的扩大，吸干后再采用清洗溶液擦拭地面，假设每次擦拭 30s，直到满足解控水平。假设 5 次去污达至解控水平，预计用时 2 分钟，由此应急处理人员受照剂量约为：

$$H=1\times 15.87\times 10\%\times / (1/0.5)^2\times (2/60)=0.21\mu\text{Sv}$$

本项目偏保守认为每天出现约 10 例泼洒到地面，年约 2000 例去污时，人员累计受照约 0.42mSv。

正常动物是放在专用的笼具内带入场所，笼具下部承接排泄物的底盘，不会直接在地面泼洒，小动物通过铅屏蔽的运输车运送，如在专用的托盘等承载物排泄，可及时采用简便的方式去污，对托盘一次性去污后直接放入固废室暂存，满足十个半衰期后可检测确认达到清洁解控水平后按照实验室管理要求再重复利用。

根据 GB18871-2002 中 4.2、5.2 的原则，将其附录 A 所给出的豁免水平作为清洁解控水平的取值依据，得出 ^{18}F 放射性核素的清洁解控水平推荐值 10Bq/g ， ^{15}O 放射性核素的清洁解控水平推荐值 100Bq/g 。

(2) 事故预防措施

本项目发生辐射事故的主要原因是管理上出问题，因此，通过管理制度来进行事故的预防：辐射工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求做好各种相应的辐射防护措施。同时，定期检查辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，以此来避免发生辐射事故。

同时，核医学区域拟在配备事故应急处理设备，包括：脱脂棉、长柄镊子、棉纱绷带、密封袋、一次性橡胶手套、一次性抹布等。

表 11.4-2 本项目运行期间潜在风险事故及措施一览表

事故(事件)描述	减缓措施	预防措施
人员误入射线装置机房、联锁故障、人员误操作	<ul style="list-style-type: none"> ①立即停止出束； ②启动辐射事故应急预案； ③划出警戒线，疏散非事故处理人员； ④进行现场辐射环境监测； ⑤对受误照射人员进行生命体征检查，采取医疗救治措施 	<ul style="list-style-type: none"> ①加大分区管理和巡察力度； ②定期对安全连锁的有效性进行检查； ③加强工作人员的技能培训与考核； ④严格按照安全操作规程进行操作。
放射性药物洒漏	<ul style="list-style-type: none"> ①立即停止操作； ②迅速清洁受污染人员的皮肤； ③启动辐射事故应急预案； ④进行现场辐射环境监测； ⑤对受误照射人员进行生命体征检查，采取医疗救治措施 	<ul style="list-style-type: none"> ①加强药品及使用工具质量管理力度； ②加强工作人员的技能培训与考核； ③严格按照安全操作规程进行操作； ④辐射工作人员采用专用的防护器材、长柄工具，利用防护材料进行去污。
放射性药物被盗、丢失和给药后小动物走失	<ul style="list-style-type: none"> ①启动辐射事故应急预案； ②使用辐射监测仪器寻找被盗丢失的放射性药物或给药后的小动物 	<ul style="list-style-type: none"> ①加强放射性药品和给药后小动物的管理； ②加强工作人员的技能培训与考核； ③严格按照安全操作规程进行操作； ④加强辐射工作场所安全巡视。

11.4.3 辐射事故的处理步骤

(1) 放射性药物分装和使用

①发生放射性药物撒漏等事故后，工作人员需穿上铅衣，戴上铅手套，口罩，迅速将未渗出的液体连同防护罐放置到铅防护废物桶，使用长柄镊子夹取吸水纸或棉花收集撒漏的放射性液体，然后放入铅防护废物桶内进行安全存贮（包括被污染的容器碎片）。

②当排风系统出现故障，压差由负值变为零时，需立即停止操作，人员撤离，并保持热室房间的持续排风，紧急联系厂房维护保养单位进行排风设备检修更换。

(2) 放射性污染控制

当核医学项目发生放射性污染时，应当及时采取得当的应急措施，使放射性污染得到及时有效地控制。具体的处理方法如下：

①确认引起放射性污染事件的发生及当事人。

②确定发生污染的核素名称、数量、剂量和放射性污染的具体位置、范围、放射性强度等和发生的时间。

③做好警示标识，及时隔离及限制污染现场，并采取下列相应的放射性污染处理方法进行去污处理：

a.手、脚等人体部位的污染：在实验操作中不能直接用手接触放射性物品，手（皮肤）等一旦被放射性物质污染，应尽快清除，清洗液可用肥皂、EDTA 或 1%的柠檬酸反复清洗。

b.衣、裤、工作服装的去污：可根据污染的性质、程度进行放置或清洁。清洗剂可用 1%的盐酸。

c.仪器和器械的去污：先用水反复冲洗，如不能除去可将污染小部件浸于 3%盐酸或 1%的柠檬酸一小时后用水冲洗，然后再浸入重铬酸钾溶液中 15 分钟，最后用清水清洗。

d.工作室表面去污：如遇到少量放射性液体溅在工作台面等地方，应立即用吸水材料将其吸干，再用湿布、洗涤剂由外向里反复擦洗，直到污染降低至规定控制水平。

④评价去污处理效果：污染部位或污染物进行去污处理后应进行处理效果的评价，如用辐射监测仪进行表面污染放射性检测，同时用于去污处理的材料去污处理后应按放射性废物处置，以防放射性污染的扩大和二次污染的发生。被污染过的仪器和器械应暂停使用。

(3) 放射性核素偷盗、丢失事件的处理

①确认放射性核素、密封源被偷盗、丢失事件的发生。

②查证放射性核素、密封源的核素名称、数量、活度，被偷盗、丢失的可能时间、地

点和嫌疑人等。

③及时向环保、卫生部门报告，积极配合公安部门的调查。

④写出事件处理结果报告，查找事件发生的原因及可能的环节，评估事件影响。

通过建立严格规范的管理制度体系，加强辐射防护预防措施，定期检查各项辐射防护措施，工作人员在操作过程中严格按照操作规程执行，则可在较大程度上降低辐射事故发生率，使本次核技术利用项目顺利开展。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款：使用I类、II类、III类放射源，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

建设单位已成立辐射防护管理组织，负责全院辐射安全工作，落实安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责。

组 长：樊建平

常务副组长：郑海荣

副 组 长：罗茜、冯伟

组 员：张潇云、唐赵群、韩汶轩、沙磊、林泽、杨蓝瑜、兰晶、叶彤、崔淑钰、张石圣、王磊、杨永峰、谢耀钦、葛永帅、周寿军、帖长军

组长负责辐射防护全面领导及辐射防护日常监督管理工作，对辐射防护管理制度的落实情况进行监督检查；相应成员负责日常工作防护，文件归档保管，文件传达学习等相关工作。

管理小组具体职责如下：

- 1、组织制定并落实辐射安全防护管理制度，开展辐射安全防护管理工作；
- 2、定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- 3、组织辐射工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训、剂量监测和健康检查；
- 4、制定放射事件应急预案并组织演练；
- 5、负责使用放射性药品的安全监督检查工作；
- 6、记录发生的放射事件并及时报告卫生行政部门、环境保护主管部门和公安部门。

建设单位拟根据管理机构成员实际情况，及时明确和调整人员名单，切实履行辐射安全防护和环境保护管理职责，符合根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款“使用I类、II类、III类放射源，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作”的要求。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第十六条，使用放射性同位素和射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性核素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

建设单位现已制定辐射安全与防护相关的管理制度包括《辐射安全防护设施维护与维修制度》《人员培训计划》《辐射监测方案》《辐射事故应急预案》等，各项制度内容见附件4。

执行情况回顾：本项目为核技术利用扩建项目，本项目投入运行后，将纳入现有辐射安全管理范畴共同管理。建设单位所制定的辐射安全管理制度较全面，易实行，运行过程中，基本落实了辐射安全规章制度的各项管理规定，现有辐射工作人员均接受个人剂量监测，工作时佩戴个人剂量计，每季度对个人剂量计送至有资质的单位进行检测，由专人对辐射工作人员个人剂量监测结果进行记录并存档，定期安排辐射工作人员进行职业健康检查，并建立职业健康监护档案。每年委托有资质的技术服务机构对建设单位的辐射工作进行防护检测，并将检测报告存档。

12.3 辐射工作人员的培训

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年）第三章—人员安全和防护，辐射工作人员应当接受初级辐射安全培训。根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。根据生态环境部《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）的相关要求，仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。

核医学实验场所已到位的7名辐射工作人员已在生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）进行培训和参加考核并考核合格，后续辐射工作人员到位后，拟及时安排辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）进行培训和参加考核，考核合格后方可上岗，并根据人员变动及考核情况，及时安

排辐射工作人员参加培训和再培训（考核合格后，成绩有效期为五年）。在项目运行过程中，加强操作人员的辐射安全教育，增强操作人员在辐射工作岗位的可调节性，做到人员轮流上岗，尽可能减少工作人员受照剂量。

12.4 辐射监测计划

12.4.1 环保措施竣工环境保护验收

（1）责任主体：根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体。建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。

（2）工作程序：根据《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），核技术利用项目竣工环境保护验收工作流程主要包括：验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

（3）时间节点：本项目竣工后，建设单位应按照相关程序和要求，在项目竣工后组织自主竣工环保验收，环保设施的验收期限一般不超过3个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过12个月。

12.4.2 辐射工作人员个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排

专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

建设单位将按照有关要求，委托具有个人剂量检测资质的检测机构对本项目新增辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为3个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案，由专人保管。

12.4.3 工作场所辐射环境监测

项目运行期间，应按照监测方案执行，开展定期自行监测及委托监测。辐射工作场所的放射防护检测应在额定工作条件下，应首先进行装置整体的辐射水平巡测，以发现可能出现的高辐射水平区，然后再定点检测。监测计划见表12-1。

表12-1 辐射工作场所监测计划

辐射工作场所	监测项目		监测类别	监测频次	监测设备	监测点位
核医学实验场所	X/γ辐射剂量率		委托监测	1次/年	便携式 X/γ辐射巡测仪	工作场所操作位、四周屏蔽墙外 30cm、防护门、楼上、楼下；分装柜、屏蔽容器、注射台、注射车外表面 30cm 处；放射性废物桶表面 5cm 及表面 100cm 处
			自行监测	1次/季度		
			验收监测	竣工验收		
	β表面污染水平		自行监测	每次操作放射性药物后	表面污染仪	手、皮肤暴露部分及工作服、手套、工作鞋、工作袜
			委托监测	1次/年	表面污染仪	工作场所（操作位、工作台、设备机房、墙壁、地面等）、工作人员防护用品（防护服、手套、工作鞋等）、工作场所周围环境
			自行监测	1次/季度		
			验收监测	竣工验收		
	放射性固体废物	γ辐射剂量率	委托检测	处置前	便携式 X/γ辐射巡测仪	固废暂存间、固废存放间
		β表面污染水平			表面污染仪	
	放射性废	总β放射性		委托检测	排放前	低本底 α、β 测量仪

建设单位自主监测应记录监测时间、监测点位、监测结果、监测人员等信息，并将记录存档。

12.5 辐射安全与防护年度评估

根据《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）的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。

建设单位应将年度监测数据作为放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （1）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （2）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （3）辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训（以下简称“辐射安全培训”）情况；
- （4）射线装置台账；
- （5）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （6）辐射事故及应急响应情况；
- （7）核技术利用项目新建、改建、扩建情况；
- （8）存在的安全隐患及其整改情况；
- （9）其他有关法律、法规规定需要落实的情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.6 辐射事故应急

为迅速、高效、有序地应对放射事故，提高应对辐射事故应急处置水平，最大程度减少人员伤亡和健康危害，减轻事故造成的不良后果，保障人民群众身体健康和生命安全，建设单位依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规制定《辐射事故应急处理预案》。

建设单位已成立了应急组织，制定了应急预案。

（一）应急组织

组 长：冯 伟

常务副组长：郑海荣

副 组 长：罗 茜

成 员：肖登科、张潇云、唐赵群、严子沅、李艳杏、韩汶轩、陈璇、彭泽均、沙磊、林泽、杨蓝瑜、兰晶、崔淑钰、张石圣

西丽应急处理电话

光明脑设施应急处理电话：林泽

职责：

1.定期组织对射线装置研发调试场所进行放射防护情况自查和监测，发现事故隐患及时上报至分管领导并落实整改措施；

2.发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；

3.事故发生后立即组织有关部门和人员进行放射性事故应急处理；

4.负责向环保、公安行政部门及时报告事故情况；

5.负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作

6.辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其他工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

7.负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

（二）事件分级

1.特别重大放射事故

指I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

2.重大放射事故

是指I类、II类放射源丢失、被盗、失控或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。

3.较大放射事故

是指III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以

下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。

4.一般放射事故

是指IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据实际情况，建设单位可能发生的辐射事故的等级为较大辐射事故和一般辐射事故。

（三）辐射事件应急处理程序

1.辐射事件应急预案的启动

当发生人为失误或设备故障等原因导致人员受到超过年剂量限值的照射时，当事人应立即报告负责人，负责人接到报告后应立即报告应急领导小组组长，启动应急预案并通知相关人员参与应急处置。

2.辐射事件应急响应处置

(1)发生辐射事故后，立即关闭辐射源（如关闭射线装置应急开关等），立即撤离有关工作人员和受检者，封锁现场；禁止无关人员进入辐射区，同时报实验室负责人和辐射事故领导小组，辐射事故领导小组启动应急预案。

(2)辐射事故领导小组召集相关人员，按照辐射事故的具体情况，迅速确定事故处理方案。

(3)迅速安排受照人员到职业病防治机构接受医学检查、救治和医学观察，同时对危险源采取应急安全处理措施。对可能受放射损伤的人员，立即采取暂时隔离和根据需要实施其他医学救治应急救援措施。

(4)在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向环境主管部门报告。

(5)发生放射事故的科室及个人，必须积极配合环保部门、卫生行政部门、公安机关对放射事故的调查、处置、监测等，做好善后处理工作。

3.辐射事件应急预案的解除

当发生辐射事件的射线装置或非密封放射性工作场所修复后，必须经有资质的检测技术服务机构进行检测合格，并报环境保护主管部门批准方可解除应急预案。对事件有关资料及时收集，认真分析事件原因，并采取妥善的预防类似事件的措施，对有关责任人作出处理。

（四）事故报告

发生或者发现辐射事故的科室和个人，必须立即向应急值班室（或总值班）报告事故的性质、时间、地点、科室名称、联系人、电话等报告给放射事故应急领导小组，应急小组在接到报告后，立即启动辐射事故应急方案，根据事故等级采取相应的事故应急处理措施。并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向环境保护部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应向卫生行政部门报告。

应急电话：西丽监控中心

光明脑所紧急联系人：林泽

004、院长

深圳市生态环境局：12345

公安局：110

（五）应急处置措施

领导小组接到报告后，应指挥相关成员迅速赶赴现场开展指挥及医学救援工作，相关部门在相应职责范围内开展工作，积极采取措施保护工作人员和志愿者的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展。事故现场完成处置、初步调查并经检测达到安全水平后，方可解除封锁。应急响应终止。参加放射事故处理人员应及时安排进行体格检查。不同项目的应急处置措施如下：

（1）放射性污染事故的处理措施

发生少量放射性液体洒落的，可立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，在此基础上用温水仔细清洗污染处，检测安全后方可结束。使用过的吸水纸或纱布视为放射性废物。发生少量放射性粉末洒落的，可立即用潮湿的纱布自外而内螺旋形擦拭，至少重复两遍，在此基础上温水清洗污染处。经检测安全后方可结束。用过的纱布视为放射性废物。发生手部皮肤沾染放射性核素的，可立即用温水、软毛刷、普通肥皂反复清洗，清洗不宜超过三次。

（2）放射性同位素被盗或丢失事故的处理措施

在发现放射性同位素被盗，应立即报告实验室领导和应急小组，同时向院主管领导汇报，并封锁现场。在环保、公安和卫生部门人员到达现场后，要积极协助调查。在确定丢失原因和地点后，派人积极查找，全力追回。

（3）射线装置失控的处理措施

立即关闭辐射源（如关闭射线装置应急开关等），立即撤离有关工作人员和受检者，封锁现场；禁止无关人员进入辐射区，同时报告实验室负责人和放射事故领导小组，辐

射事故领导小组在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向环境主管部门报告。

(六) 应急人员防护

1. 应急人员防护的总体原则。在实施紧急救援时，应急救援人员首先应做好个人的放射防护措施，配带个人剂量计。根据现场救援工作的实际情况，尽量提高救援行动速度，缩短在污染环境中停留时间，必要时轮换作业，力求把受照剂量减到最少。

2. 应急照射剂量的控制。实施紧急救援时，应急人员的受照剂量应尽可能保持低于职业照射的最大单一年份剂量限值（50mSv），在辐射剂量率等于或大于 500 mSv 时，应及时返回。

3. 应急救援人员应熟练掌握通用防护导则和返回剂量导则，根据不同救援任务预先确定返回剂量预置值，在超出剂量限值时及时返回。

4. 应急人员防护措施。应急人员应按要求做好有关的防护措施后才能进入现场开展救援工作，应急防护措施包括配带个人剂量仪，穿戴防护服、防护面具或口罩等，必要时服用稳定性碘。

(七) 放射事故的调查

1. 应急工作终止后，应立即成立由事故发生科室及其他相关职能部门组成事故调查组，开展事故调查工作。

2. 调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，认真做好调查记录与总结分析，并及时向领导小组汇报。

3. 调查组同时应积极主动配合各卫生、环保、公安部门有关行政主管部门开展事故调查、处理等各方面的相关事宜。

4. 调查工作结束后，领导小组应总结经验教训，制定或修改相关措施，加强日常安全管理，杜绝类似事故发生。

(八) 预防和保障措施

1. 为避免或减少事故发生，平时应做好应急演练与准备工作，落实岗位责任制和各项制度。实验室指定一名辐射安全员负责检查监督本实验室各项措施的落实情况。

2. 坚持对人员辐射防护知识培训和应急处理方法培训，定期组织学习和训练，提高自救能力。

3. 辐射工作场所按要求划分控制区和监督区，并设置警示标志，无关人员一律不允

许进入控制区。场所必须按要求安装监控装置、对讲装置和门灯联动装置。

4.各相关实验室派专人负责放射工作场所的值班，院保卫处应派保安加强对有非密封放射源或射线装置场所的巡视。

5.按要求配备剂量监测装置、个人剂量报警仪、放射防护用品。

6.按国家规定和标准定期对设备进行应用性能检测，做好设备的应用质量保证工作。

7.将机房门关闭前，执行实验人员一定要检查并确认机房内无其他人员，方可关门。

8.按要求持证上岗，严格按诊疗规范操作。

9.放射事故处理以后，必须分析事故原因，吸取经验教训，采取有效措施防止发生类似事故。

（九）应急准备

1.应急物资和装备

有关部门及科室应做好放射事故应急物资和装备准备，包括：个人剂量计、个人防护设备（铅防护服、铅围脖等）、表面污染监测仪等辐射应急监测仪器，并及时更新和维护。

2.培训与演练

由辐射安全管理领导小组定期组织开展辐射事故应急培训与应急演练，对辐射事故应急技术人员和管理人员进行国家有关法规和应急专业知识培训和继续教育，使应急救援人员熟练掌握放射损伤医疗救治、应急处置、放射防护等知识，不断提高应急响应及救援能力，确保在突发放射事故时能够及时、安全、有效开展应急工作。

应急预案评价：该事故应急预案内容囊括了辐射事故应急处理的组织机构组成与职责分工、辐射事故等级划分、应急处置程序、事故报告、应急处置措施等内容，应急预案比较全面，且针对本次项目可能发生的辐射安全事故制定了相应的、切实可行的应急处置程序，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规的要求。建设单位现有核技术利用项目应急演练以及应急措施均按要求执行，当前建设单位辐射安全管理良好，未出现辐射安全事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目工程概况

本项目拟在 D 栋第一层核医学实验场所大小动物 PET/CT 机房增加一台小动物 PET/CT 使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 五种放射性核素进行小动物显像检查研究，该场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

13.1.2 项目可行性分析

(1) 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“鼓励类”中第三十一项第 10 款-科技创新平台建设和第六项第 4 款-核技术应用的范畴，符合国家产业政策。

(2) 实践的正当性

本项目实施的目的在于开展小动物显像检查研究。实践过程中采取了一定的辐射防护措施，对周围环境、公众的辐射危害满足国家辐射防护安全标准的要求，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，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。

(3) 选址合理性

本项目核医学实验场所满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）规定的“不应邻接妇产科、儿科、食堂等部门”选址要求，同样满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的“不应毗邻妇产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离”选址要求。核医学实验场所排风口位于大楼屋顶，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的“核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑”的要求。

本项目辐射工作场所屏蔽体外 200m 范围内无中小学、幼儿园等未成年人学校，满足《广东省未成年人保护条例》要求。综上所述，本项目辐射工作场所选址基本合理。

13.1.3 环境质量和辐射现状分析结论

本项目评价范围内环境 γ 辐射剂量率和土壤中总 β 放射性监测结果与调查水平相当，未见异常。

13.1.4 辐射安全与防护分析结论

通过对本项目的相关技术资料分析，本次评价项目核医学实验场所布局合理，拟采

取的各项辐射防护及污染防治措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 18 号)等法规、条例和《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)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。

工作场所周围剂量当量率估算结果均符合《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)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。

13.1.5 环境影响分析结论

通过理论预测,本项目正常运行期间,辐射工作人员年最大有效剂量和公众年最大有效剂量预测值均低于建设单位制订的职业人员剂量约束值 5mSv/a 和公众剂量约束值 0.1mSv/a。本项目产生的放射性废物、放射性废液、放射性废气经本报告提出的污染防治措施处理后对周围环境的影响是可接受的。因此,本项目对工作人员和公众的辐射影响是可接受的。

13.1.6 辐射安全管理结论

建设单位已设立辐射安全与环境防护管理机构,成立辐射事故应急处理领导小组,明确各成员的职责,并将加强监督管理。已制定的完善的辐射防护管理制度,并根据核医学实验项目特点,分别制定相关管理制度。辐射工作人员个人剂量监测、辐射防护培训、辐射工作场所监测、年度评估报告均按照制度进行落实,基本满足要求。

本项目运行前,新增的辐射工作人员应根据射线装置使用类别对应参加生态环境部辐射安全与防护培训平台或建设单位自行组织的培训,考核合格后方可上岗;辐射工作人员将按要求佩戴个人剂量计上岗,个人剂量计每季度送检。可满足各项核技术利用项目对辐射安全管理的要求。

13.1.7 可行性分析结论

综上所述,本项目核技术利用建设项目为扩建性质,建设单位原有核技术利用项目均已取得辐射安全许可,环保手续完善,已有核技术利用项目安全运行多年,本项目严格按照辐射防护设计方案进行施工,落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后,运营期对周围环境产生的影响符合环境保护要求,对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求,因此,从辐射安全和环境保护角度分析,本项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，加强核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

(2) 根据管理架构和管理模式及人员配备情况，在原制定的辐射安全管理制度的基础上，进一步细化和完善各项辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案。

(3) 及时办理辐射安全许可证变更手续。项目运行三个月内，自行组织竣工环保验收，并接受生态环境主管部门的监督检查。

13.2.2 承诺

(1) 积极落实各项辐射管理制度，定期检查辐射安全防护装置，定期进行日常自行监测和年度监测，发现问题及时解决，杜绝在没有启动安全防护装置的情况下强制运行辐射诊疗设备，以防止辐射照射事故发生。

(2) 本次核技术利用建设项目在建设过程中，如发生重大变动应按法律法规要求向有关生态环境主管部门进行申报，办理相关手续，并采取相应的污染治理措施，主动接受生态环境主管部门的监督管理。

(3) 在辐射工作场所建成后进行验收前辐射事故应急演练，并在运行期间每年至少组织 1 次辐射事故应急演练。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人

公 章

年 月 日

审批意见:

经办人

公 章

年 月 日

附件 1：委托书

委托书

深圳市瑞达检测技术有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施使用小动物 PET/CT 建设项目需要办理环境影响审批手续，现委托贵单位对该项目进行环境影响评价。

特此委托。

中国科学院深圳先进技术研究院

2024年5月21日



附件 2：事业单位法人证书

			
<h1>事业单位法人证书</h1>			
统一社会信用代码 121000007178261921			
名 称	中国科学院深圳先进技术研究院	法定代表人	吴创之
宗 旨 和	开展先进技术研究, 促进科技发展。 信息、电子、通讯技术研究, 新材料, 新能源技术研究, 高性能计算, 自动化,	经 费 来 源	财政补助收入
业 务 范 围	精密机械研究, 生物医学与医疗仪器研究, 相关学历教育, 博士后培养与学术 交流	开 办 资 金	¥6000万元
住 所	广东省深圳市南山区西丽深圳大学 城学苑大道1068号	举 办 单 位	中国科学院
		登记管理机关	
有效期 自2021年09月27日 至2026年09月27日			
请于每年3月31日前向登记管理机关报送上一年度的年度报告			
		国家事业单位登记管理局监制	

附件 3：辐射安全许可证



辐射安全许可证

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

单位名称：中国科学院深圳先进技术研究院

统一社会信用代码：121000007178261921

地 址：广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号

法定代表人：樊建平

证书编号：粤环辐证[B9141]

种类和范围：使用Ⅴ类放射源；使用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（具体范围详见副本）。

有效期至：2028年04月25日



发证机关：广东省生态环境厅

(公章)

发证日期：2024年07月17日

中华人民共和国生态环境部监制



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

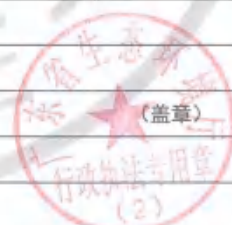
单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院		
统一社会信用代码	121000007178261921		
地 址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号		
法定代表人	姓 名	樊建平	联系方式
辐射活动场所	名 称	场所地址	
	C 区一层 9.4T 小动物影像实验室	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号	
	F 区七层 医工所微创中心	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号	
	脑解析与脑模拟平台 D 栋第一层核医学实验场所（贮存方式与地点：密封在铅外壳屏蔽体中存放于核医学实验储源间）	广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与羌下一路交叉口）	
	脑解析与脑模拟平台 D 栋十二层（十二层 D1223）	广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与羌下一路交叉口）	
负责人	罗茜	熊璟	沙磊
证书编号	粤环辐证[B9141]		
有效期至	2028 年 04 月 25 日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2024 年 07 月 17 日		





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

单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院		
统一社会信用代码	121000007178261921		
地 址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号		
法定代表人	姓 名	樊建平	联系方式
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人
	脑解析与脑模拟平台 D 栋一层(一层 D110a)	广东省深圳市光明区科学城先行启动区(光明区永创路与莞下一路交叉口)	沙磊
	脑解析与脑模拟平台 D 栋五层(五层 D530)	广东省深圳市光明区科学城先行启动区(光明区永创路与莞下一路交叉口)	沙磊
	脑解析与脑模拟平台 D 栋一层(一层 D118a)	广东省深圳市光明区科学城先行启动区(光明区永创路与莞下一路交叉口)	沙磊
	脑解析与脑模拟平台 D 栋一层(一层 D119a)	广东省深圳市光明区科学城先行启动区(光明区永创路与莞下一路交叉口)	沙磊
证书编号	粤环辐证[B9141]		
有效期至	2028 年 04 月 25 日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2024 年 07 月 17 日		





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

单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院		
统一社会信用代码	121000007178261921		
地 址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号		
法定代表人	姓 名	樊建平	联系方式
辐射活动场所	名 称	场所地址	
	脑解析与脑模拟平台 D 栋第一层核医学实验场所（贮存方式与地点：储源室，保险柜铅罐）	广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与莞下一路交叉口）	
	脑解析与脑模拟平台 D 栋一层（一层 D143a）	广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与莞下一路交叉口）	
	脑解析与脑模拟平台 D 栋五层（五层 D539）	广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与莞下一路交叉口）	
	C 区一层医学影像实验室	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号	
	C605(2 室)	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号	
证书编号	粤环辐证[B9141]		
有效期至	2028 年 04 月 25 日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2024 年 07 月 17 日		





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

单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院			
统一社会信用代码	121000007178261921			
地 址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号			
法定代表人	姓 名	樊建平	联系方式	
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人	
	C605(1 室)	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号	葛永帅	
	E 栋 3 楼 骨密度仪 器实验室	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号	金增光	
证书编号	粤环辐证[B9141]			
有效期至	2028 年 04 月 25 日			
发证机关	广东省生态环境厅			(盖章)
发证日期	2024 年 07 月 17 日			





(一) 放射源

证书编号: 粤环辐证[B9141]

序号	活动种类和范围					使用台账						备注	
	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/ 活度(贝可) × 枚数	编码	出厂活度 (贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请 单位	监管 部门
1	脑解析与 脑模拟平 台D栋	Na- 22	V类	使用	3.7E+7*4								
2	第一层核 医学实验 场所(贮 存方式与 地点: 储 源室, 保 险柜铅 罐)	Ge- 68	V类	使用	7.4E+7*4								



(二) 非密封放射性物质

证书编号：粤环辐证[B9141]

序号	活动种类和范围									备注	
	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位	监管部门
1	C区一层 9.4T小动物影像实验室	丙级	F-18	液态	使用	教学科研	2.22E+9	2.22E+6	4.44E+11		
2	C区一层 医学影像实验室	丙级	F-18	液态	使用	教学科研	3.7E+9	3.7E+6	9.25E+11		
3	脑解析与脑模拟平台D栋第一层核医学实验场所(贮存方式与地点：密封在铅外壳屏蔽体中存放于核	乙级	O-15	液态	使用	教学科研	1.48E+10	1.48E+7	3.7E+12		
4			F-18	液态	使用	教学科研	3.7E+10	3.7E+7	9.25E+12		
5			Ga-68	液态	使用	教学科研	1.48E+10	1.48E+7	3.7E+12		
6			C-11	液态	使用	教学科研	1.48E+10	1.48E+7	3.7E+12		
7			N-13	液态	使用	教学科研	1.48E+10	1.48E+7	3.7E+12		



(二) 非密封放射性物质

证书编号：粤环辐证[B9141]

序号	活动种类和范围									备注	
	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位	监管部门
	医学实验 (储源间)										



(三) 射线装置

证书编号：粤环辐证[B9141]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
1	C605(1室)	其他不能被豁免的X射线装置	III类	使用	1	双立柱动态DR	科研定制	30030050001	管电压 150 kV 管电流 630 mA	深圳安科高技术股份有限公司		
2		其他不能被豁免的X射线装置	III类	使用	1	三维C臂X光机	Arcadis Orbic 3D	22351	管电压 110 kV 管电流 23 mA	西门子		
3	C605(2室)	其他不能被豁免的X射线装置	III类	使用	1	X射线源单元(X射线CT断层扫描射线源)	L9181-02	MT3327	管电压 130 kV 管电流 0.3 mA	日本滨松光子学株式会社		
4		其他不能被豁免的X射线装置	III类	使用	1	X射线锥束CT平台装置(X射线CT断层扫描射线源)	Varian G-242	18932-M8	管电压 125 kV 管电流 12.5 mA	瓦里安		
5	E栋3楼骨密度仪器实验室	其他不能被豁免的X射线装置	III类	使用	1	双能X射线骨密度仪	Horizon Wi	304446M	管电压 160 kV 管电流 10 mA	Hologic, Inc.		
6	F区七层	其他不能被豁免的X射线装置	III类	使用	1	X射线锥束	Varian G-	18931-M8	管电压 125	瓦里安		



(三) 射线装置

证书编号：粤环辐证[B9141]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
	医工所微创中心	豁免的 X 射线装置	类			CT 平台装置 (X 射线 CT 断层扫描射线源)	242		kV 管电流 12.5 mA			
7	脑解析与脑模拟平台 D 栋十二层 (十二层 D1223)	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	数字化医院 X 射线摄影系统	DigiEye 280T	RB9-2B000478	管电压 150 kV 管电流 500 mA	迈瑞医疗		
8	脑解析与脑模拟平台 D 栋五层 (五层 D530)	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	X-RAYS	SKYSCA N 1276	19I17120	管电压 100 kV 管电流 0.2 mA	布鲁克 Bruker		
9	脑解析与脑模拟平台 D 栋五层 (五层 D539)	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	Dual energy X-ray Absorptiometry	INALYZE R M	19080200	管电压 80 kV 管电流 1.25 mA	韩国 Medikors		
10	脑解析与	兽用 X 射	III	使用	1	Venus Micro	VNC-	PSH0131SY1	管电压 100	平生医疗科		



(三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[B9141]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
	脑模拟平台 D 栋一层(一层 D110a)	线装置	类			CT	102S	000076	kV 管电流 0.2 mA	技(昆山)有限公司		
11	脑解析与脑模拟平台 D 栋一层(一层 D119a)	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	正电子发射及 X 射线计算机断层成像扫描系统	uBioEXP LORER	M00009	管电压 140 kV 管电流 420 mA	武汉联影生命科学仪器有限公司		
12	脑解析与脑模拟平台 D 栋一层(一层 D118a)	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	便携式动物 X 光机	HF400VA	43829	管电压 120 kV 管电流 100 mA	MIKASA		
13	脑解析与脑模拟平台 D 栋一层(一层 D143a)	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	X-RAY NANOTOMO GRAPH	SKYSCA N 2214	20C18046	管电压 200 kV 管电流 0.2 mA	布鲁克 Bruker		



此页无内容

(四) 许可证条件

证书编号：粤环辐证[B9141]





(五) 许可证申领、变更和延续记录

证书编号：粤环辐证[B9141]

序号	业务类型	批准时间	内容事由	申领、变更和延续前许可证号
1	重新申请	2024-07-17	许可证重新申领	粤环辐证[B9141]
2	重新申请	2024-06-06	许可证重新申领	粤环辐证[B9141]
3	重新申请	2024-01-08	许可证重新申领	粤环辐证[B9141]
4	重新申请	2023-08-18	许可证重新申领	粤环辐证[B9141]
5	重新申请	2023-04-26	重新申请，批准时间：2023-04-26	粤环辐证[B9141]
6	重新申请	2021-10-18	重新申请，批准时间：2021-10-18	粤环辐证[B0587]
7	重新申请	2021-05-21	重新申请，批准时间：2021-05-21	粤环辐证[B0587]
8	申请	2018-04-28	申请，批准时间：2018-04-28	粤环辐证[B0587]



(六) 附件和附图

证书编号：粤环辐证[B9141]



附件 4：可行性研究报告批复：深发改【2020】43 号

深圳市发展和改革委员会文件

深发改〔2020〕43 号

深圳市发展和改革委员会关于脑解析与脑模拟重大科技基础设施可行性研究报告的批复

中国科学院深圳先进技术研究院：

报来《脑解析与脑模拟重大科技基础设施可行性研究报告》
(国家编码：2018-440300-73-01-502061) 收悉。经审核，现批
复如下：

一、项目建设必要性

脑解析与脑模拟科技基础设施已纳入《深圳市十大重大科技基础设施建设实施方案》，项目拟系统化整合应用相关领域前沿技术，构建从结构到功能、从生理到病理、从模式动物到大脑模拟

的多角度研究创新载体，为深圳乃至国内外脑健康、脑保护、类脑智能等前沿基础研究和产业发展提供大型基础设施支持，为脑相关疾病诊疗手段开发提供临床前验证和服务平台，建成可以支撑国家脑科学研究计划的研究基地。项目实施符合国家和地方相关规划，可发挥促进脑科学相关研究领域技术突破和提高我国脑科学研究与相关疾病诊疗水平的重要作用。因此，本项目建设是必要的。

二、项目建设目标、内容及规模

(一) 项目科学目标

围绕重大脑疾病发生和干预的神经机制及诊疗策略的核心问题，聚焦老年痴呆、自闭症、抑郁症、脑卒中和语言障碍五大神经系统疾病研究，推动我国脑认知与脑疾病研究从单一低等模式动物向跨物种多种模式动物、脑结构与功能解析研究体系、基于真实神经活动的脑模拟技术和对神经信息来源的认知、脑科学前沿研究技术和生命科学仪器自主研发能力、新一代脑疾病治疗药物与干预技术和医疗器械开发五个方面的跨越式发展。

(二) 项目工程目标

以脑科学与脑疾病研究发展过程中核心瓶颈问题和实际技术需求为重点，通过关键技术的原始创新能力建设和布局，技术和设备体系集成创新和引进设备功能改造与集成再创新，与国家已经布局的其他重大科技设施优势技术互补，形成上下游的科学链

接和潜在的产业链接，建设服务深圳乃至国内与国际脑功能、脑疾病、类脑智能与脑技术等研发与应用转化的资源共享型设施群。

(三) 项目建设内容

脑设施拟建设脑解析、脑编辑、脑模拟三大模块 34 个子模块，购置设备 1483 台（套），其中脑解析模块 359 台（套）、脑编辑模块 1053 台（套）、脑模拟模块 71 台（套）。

1. 脑解析模块

主要建设动静态结合，以动态为主的脑连接图谱解析平台，包括神经调控下多尺度脑功能图谱研究平台、脑连接图谱示踪平台、脑组织快速三维成像和扫描电镜等，建成从实验动物到人体的多模态成像、基于超声和光感基因的脑神经调控与功能干预设施等新一代科研装备，提供脑功能动态解析工具。

2. 脑编辑模块

主要建设跨物种模式动物子模块、基因编辑子模块以及动物表型分析子模块三个子模块。其中，跨物种模式动物子模块将建设大、小动物模式动物及其他模式动物三个平台，基因编辑子模块将建设核苷酸操作平台、胚胎显微注射平台和标准手术平台，动物表型分析子模块将建设行为分析系统、电生理信息采集分析系统、生理生化分析系统、单细胞分析系统、病理药物毒理分析系统以及特殊实验环境。

3. 脑模拟模块

主要建立脑神经信息平台，获取全面和必要的动物生长、生理、行为学及各种脑活动数据；以此为基础，开展脑模拟科学研究，建立数个大脑局部功能运作机制模型，形成一个大脑功能模型库。在充分理解大脑动态运作机制的情况下，开展类脑计算研究。

(四) 项目验收指标

1. 规模化脑疾病、脑功能基因编辑跨物种动物模型制备和繁育能力主要指标如下：非人灵长类模式动物保有能达到500-2000只，非人灵长类疾病动物模型种类5-10种，啮齿类模式动物保有能达到1-4万笼，基因修饰品系及疾病动物模型保有能达到100-200种，显微注射能力大于300批次/年，胚胎操作能力大于500次/年，动物繁育保种（猴子）大于50只/年，支持外部项目不少于10项/年，基因打靶敲除效率不低于30%，基因打靶敲入效率不低于10%；

2. 跨物种多尺度大脑结构与功能解析能力主要指标如下：新型神经环路示踪剂开发能力不低于10项/年，神经调控蛋白及神经分子探针开发能力大于10种，支持外部项目不低于20项/年，神经环路精准调控（时间）不超过1毫秒，多通道实时记录系统不低于512通道，高空间精度双光子成像空间分辨率小于0.6微米，磁共振全脑水平高分辨结构成像2D空间分辨率小于90微米，磁共振全脑水平高分辨结构成像3D空间分辨率小于400微米，脑



组织在体基因编辑效率大于 50%;

3. 多重行为与生理功能研究和脑疾病诊断干预方法测试能力主要指标如下:开发行为/认知/生理生化/电生理/环路解析/单细胞组学等新分析方法 20 种以上,非人灵长类模式动物基因型/表型分析能力不低于 200 只/年,啮齿类及其他模式动物基因型/表型分析能力不低于 3000 只/年,早期诊断技术和分子标记物研发项目支撑能力不低于 20 项;

4. 神经信息大数据存储、分析与模拟能力主要指标如下:依托光明科学城数据中心,实现存储能力 10PB 以上,实现多个脑区神经元和突触尺度模拟 5 种以上,研制生物启发式计算系统 3 种以上,支持外部项目不低于 10 项/年,峰值计算能力大于 100TFLOPS;

5. 新型生命科学研究仪器的自主开发能力主要指标如下:研制/测试脑解析和脑疾病干预设备不少于 5 台(套)。

三、投资估算及资金来源

项目总投资 89600.00 万元,其中:设备购置费用 86880 万元,工程建设其他费用 1526 万元,预备费 1194 万元(详见附件)。资金来源为市政府投资,资产归属市政府所有,项目建成后以合同形式委托相关机构运营管理。

四、下一阶段工作要求

(一)项目牵头单位为中国科学院深圳先进技术研究院,共

建单位为南方科技大学、香港科技大学深圳研究院、深圳市神经科学研究院、北京大学深圳研究生院，项目责任人王立平。请各单位和共建单位成立项目建设管理机构并明确建设总负责人和首席科学家，建立健全符合设施建设特点的人力资源管理制度，制定相应的考核和激励办法，组织工程建设、科技创新和运行管理团队，共同协调和推进项目建设工作。

(二) 进一步细化各系统、分系统的进度安排，注重关键技术和设备研发项目与本项目之间的衔接，综合考虑建设内容之间的相互关联和制约性，明确关键节点，按节点分步骤完成工程目标，保证项目按计划完成建设工作。密切关注技术设备更新换代、发达国家贸易壁垒、配套建构物工程建设等造成的项目风险。

(三) 根据建设管理需求，加强项目管理和过程控制，尽快形成建设团队，注重国际和国内的广泛和频繁的学术交流，进一步明确开放共享机制，进一步深化生物安全、临床医学伦理等安全监管制度和设施运行体制机制研究，在工程技术队伍配置中增加具有项目工程管理经验的专家，进一步研究风险防范体制机制，做好应急预案。

(四) 结合土建工程项目安排，有序开展项目环评、能评、地质勘查、初步设计等后续工作，保证项目的顺利执行。

(五) 严控投资规模，不得擅自改变建设内容或提高建设标准。同时严格各项管理制度，提高安全生产意识，杜绝各种安全

隐患，切实确保安全生产。

(六) 按照《政府投资条例》(国务院第 712 号令)、《深圳经济特区政府投资项目管理条例》、《深圳市政府投资建设项目施工许可管理规定》(深圳市人民政府令第 310 号) 和本批复的有关要求，抓紧开展初步设计及概算编制工作，并于本批复印发之日起一年内报送我委审核。

- 附件：1. 脑解析与脑模拟重大科技基础设施投资估算表
2. 设备购置清单

深圳市发展和改革委员会

2020 年 1 月 21 日

附件 5：环保手续履行情况

附件 5.1：粤环审【2019】490 号

编号：2019-000000000000

广东省生态环境厅

粤环审〔2019〕490号



广东省生态环境厅关于中国科学院深圳 先进技术研究院核技术利用扩建项目 环境影响报告表的批复

中国科学院深圳先进技术研究院：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号为 HP-2019-158）等材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位核技术利用扩建项目位于深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号。项目内容为：在 C 区一楼建设医学影

— 1 —

像实验室,开展神经功能代谢成像研究与神经系统疾病早期诊断,全身代谢相关疾病研究,实验室建设的辐射工作场所包括1间PET/MR机房,分装/注射室,留观室、注射后休息室等。在PET/MR机房内安装使用1台PET/MR,使用放射性核素氟-18开展PET/MR显像诊断,配套使用2枚放射源锞-68以及2枚放射源钠-22(均属V类放射源)用于图像质量校正以及PET系统质控,该实验室属丙级非密封放射性物质工作场所。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审,出具的评估意见认为,报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容,以及提出的辐射安全防护措施合理可行,环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施,确保辐射工作人员年有效剂量约束值低于5毫希沃特/年,公众年有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后,你单位应按规定程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市生态环境局负责。



11月1日

编号: 2020-1807 (90)

广东省生态环境厅

粤环审〔2020〕203 号



广东省生态环境厅关于深圳市脑解析与脑模拟重大科技基础设施核技术利用建设项目环境影响报告表的批复

中国科学院深圳先进技术研究院:

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称报告表,编号为 20DLFSHP009)等材料收悉。经研究,批复如下:

一、你单位在深圳市光明科学城先行启动区(光明区永创路与羌下一路交叉口)新建综合研究院、青年宿舍、专家公寓、脑解析与脑模拟平台、合成生物平台等开展脑解析与脑模拟科技基

— 1 —

基础设施项目，其中包括的本核技术利用项目集中设置在西北侧脑解析与脑模拟平台楼内（2栋A座），项目内容包括：

（一）回旋加速器制备 PET 用放射性药物项目

在脑解析与脑模拟平台 2 栋 A 座楼负一层设置回旋加速器放射性药物制备工作场所，制备放射性药品用于本单位核医学实验用。该工作场所包括：建设 1 间回旋加速器机房以及合成热室、等其他功能场所，在该回旋加速器机房内安装使用 1 台回旋加速器（最大能量为 18 兆电子伏，属 II 类射线装置），用于制备放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15 以及镓-68。该工作场所属乙级非密封放射性物质工作场所。

（二）核医学实验项目

在脑解析与脑模拟平台 2 栋 A 座楼一层设置核医学实验非密封放射性物质工作场所。在该工作场所内建设 1 间小动物活体 PET/CT 机房、1 间人体/大动物 PET/MRI（3T）机房、1 间小动物 PET/MRI 机房和 1 间灵长类全身 PET（MRI 兼容）机房，配套分装室、注射室、注射后休息室、动物扫描前等待区、动物扫描后观察室等配套功能用房。并在对应功能房共安装使用 1 台小动物活体 PET/CT（属 III 类射线装置）、2 台 PET/MRI 以及 1 台 PET，使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15 以及镓-68 开展小动物核素显像实验、人体和动物核素显像实验以及灵长类动物核素显像实验；配套使用 4 枚锞-68 放射源和 4 枚钠-22 放射源（均属 V 类放射源）用于 PET/CT 和 PET/MRI 设备校准。该核医

学实验场所属乙级非密封放射性物质工作场所。

(三) 普通放射诊断实验项目

在脑解析与脑模拟平台 2 栋 A 座楼一层设置 1 间放射诊断实验机房、1 间 MicroCT 成像系统机房以及 1 间组织超微 X 光机房，分别安装使用 1 台便携式动物 X 射线机用于动物组织器官的结构和骨密度测定、1 台 MicroCT 成像系统用于大小鼠及狨猴骨结构测试以及 1 台组织超微 X 射线机（带自屏蔽）用于动物组织器官的结构、骨密度测定。同时，在五层设置 1 间身体成分分析仪机房，安装使用 1 台身体成分分析仪（带自屏蔽）用于骨、脂肪含量测定；在十二层设置 1 间动物 X 射线数字化成像系统机房，安装使用 1 台动物 X 射线数字化成像系统用于临床动物疾病 X 射线检测。以上 5 台射线装置均属 III 类射线装置。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施，确保辐射工作人员年有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众年有效剂量约束值低于 0.25 毫希沃特/年。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工，同时投产使用的环境保护“三同时”制

度。项目建成后，你单位应按规定程序申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市生态环境局负责。



公开方式：主动公开

抄送：深圳市生态环境局，省环境辐射监测中心，广东智环创新环境
科技有限公司。

广东省生态环境厅办公室

2020年8月30日印发

广东省生态环境厅

粤环审〔2020〕287 号

广东省生态环境厅关于中国科学院深圳先进技术研究院核技术利用扩建项目环境影响报告表的批复

中国科学院深圳先进技术研究院:

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称报告表,编号为 GZDS 环评 2020005)等材料收悉。经研究,批复如下:

一、你单位核技术利用扩建项目位于深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号。项目内容为:在先进院 C 区一楼将原光学电镜实验室建设成小动物影像试验室,用于科研人员进行试验研究。小动物影像试验室拟建 1 间小动物 PET/MR 扫描间、1 间小动物 PET 成像间和药物储存分装室等,在小动物 PET/MR 扫描间内安装使用 1 台小动物试验用小型 PET/MR 用于显像诊断,在小动物 PET 成像间安装使用 1 台小动物试验用小型 PET 扫描

— 1 —

仪用于显像诊断。使用核素 ^{18}F 开展影像诊断，日等效最大操作量为 $2.22 \times 10^6 \text{Bq}$ 、年最大用量为 $4.44 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；配套利用原已环评审批的 2 枚 ^{68}Ge 放射源和 2 枚 ^{22}Na 放射源（ ^{68}Ge 放射源活度为 $7.4 \times 10^7 \text{Bq/枚}$ ， ^{22}Na 放射源活度为 $3.7 \times 10^6 \text{Bq/枚}$ ，均属于 V 类放射源）用于图像质控校正和系统质控；小动物影像试验室属于丙级非密封放射性物质工作场所。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全防护措施以及安全责任，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.25 毫希沃特/年。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定的程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市生态环境局负责。

广东省生态环境厅
2020 年 12 月 5 日

公开方式：主动公开

抄送：深圳市生态环境局，省环境辐射监测中心，广州达盛检测技术服务有限公司。

广东省生态环境厅办公室

2020 年 12 月 5 日印发

附件 5.4: 自主验收意见

中国科学院深圳先进技术研究院核技术利用扩建项目 竣工环境保护验收意见

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的要求,中国科学院深圳先进技术研究院于 2021 年 1 月 7 日组织验收工作组对本单位核技术利用项目进行现场验收,参加单位有中国科学院深圳先进技术研究院(建设单位)、核工业二七〇研究所(监测单位)等单位的代表和专家(名单见附件)。验收组听取监测单位对本次验收核技术利用项目辐射环境保护设施和措施的介绍,查阅了相关资料并进行了现场查看,经讨论形成如下意见:

一、项目基本情况

中国科学院深圳先进技术研究院位于广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号,本项目位于中国科学院深圳先进技术研究院 C 区一楼西北角,本次验收的内容:实验室新建的 1 个丙级非密封源工作场所,包括 1 间 PET/MR 扫描间,在 PET/MR 扫描间内安装使用的 1 台 PET/MR,项目拟利用 ^{18}F 进行影像诊断。

二、工程变动情况

本项目建设情况与环境影响报告表及批复基本一致,由于购置的 PET/MR 使用 F-18 校准,原环评内容中用于图像质控校正的 2 枚 ^{68}Ge 放射源和用于 PET 系统质控的 2 枚 ^{22}Na 放射源未购买,因此不在本次验收范围。

三、环境保护执行情况

项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度,设置了辐射安全管理机构,申领了辐射安全许可证,制定辐射安全管理制度和辐射事故应急预案,落实了各项辐射安全防护措施。

四、辐射环境监测结果

现场监测结果表明,本项目 PET/MR 工作场所周围辐射剂量率及 β 表面污染水平均符合标准限值要求。

本项目职业工作人员和公众人员的年有效剂量均满足标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的剂量限制要求(职业人员年有效剂量不超过 20mSv/a,公众人员的年有效剂量不超过 1mSv/a),也低于环

评批复中提出的剂量约束限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a、公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv/a）。

五、验收结论

本项目在设计、施工和试运行阶段基本落实环评报告及其批复的环境保护设施，落实了辐射安全防护各项措施，其环境影响满足相应标准要求，符合项目竣工环境保护验收条件，验收建议本项目通过竣工环境保护验收。

验收工作组：

陈忠东

欧阳小芳

邹起

陈伟

张长军



附件 6：辐射工作人员培训材料

辐射工作人员登记表

序号	姓名	性别	出生日期	证件类型	号码	工作岗位	毕业学校	学历	专业	辐射安全与防护培训时间	培训证号
1	叶彤	女	2001-03-22	身份证		技术员	中山大学新华学院	本科	医学影像技术	2023-08-13至 2028-08-13	FS23GD2301133
2	杨莹瑜	女	2000-04-10	身份证		大设备平台技术员	上海理工大学	本科	医学影像技术	2023-05-23至 2028-05-23	FS23GD2300572
3	崔淑钰	女	2000-03-18	身份证		大设备平台综合助理	东北大学	本科	电子信息工程	2023-06-03至 2028-06-03	FS23GD2200377
4	王唐胜	男	1999-10-09	身份证		科研	湘潭大学	本科	自动化	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
5	张石圣	男	1999-01-12	身份证		大设备平台工程师	烟台大学	本科	核工程与核技术	2021-09-11至 2026-09-11	FS21SD2300282
6	高必敏	女	1998-11-21	身份证		科研	中国科学院大学	硕士研究生	生物与医药	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
7	梁松林	男	1997-11-06	身份证		科研	山东中医药大学	硕士研究生	中医骨伤科学	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
8	吴颖	女	1997-05-31	身份证		科研	深圳大学	硕士研	生物医学工	2022-08-10	自主考



序号	姓名	性别	出生日期	证件类型	号码	工作岗位	毕业学校	学历	专业	辐射安全与防护培训时间	培训证号
	桐							究生	程	至 2027-08-09	核
9	林泽	男	1996-10-24	身份证		大设备平台工程师	华南农业大学	本科	行政管理	2023-06-03至 2028-06-03	FS23GD2200379
10	梁建辉	男	1996-02-01	身份证		科研	沈阳药科大学	硕士研究生	有机化学	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
11	钱程	男	1995-07-22	身份证		科研	加州大学圣地亚哥分校	硕士研究生	机械工程	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
12	杨文耀	男	1995-02-28	身份证		科研	中科院动物研究所	硕士研究生	细胞生物学	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
13	陈慧雯	女	1994-05-29	身份证		科研	中国地质大学	博士研究生	材料科学与工程	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
14	任宁	男	1993-07-02	身份证		科技	太原工业学院	本科	测控技术与仪器	2021-08-04至 2026-08-04	FS21GD0300182
15	产银萍	女	1992-11-20	身份证		科研	江西理工大学	硕士研究生	电子与通信工程	2022-08-10至 2027-08-09	自主考核
16	兰晶	女	1992-05-03	身份证		技术员	齐齐哈尔医	本科	医学影像学	2023-08-13	FS23GD



序号	姓名	性别	出生日期	证件类型	号码	工作岗位	毕业学校	学历	专业	辐射安全与防护培训时间	培训证号
							学院			2022-08-10至2028-08-13	2301130
17	朱子尧	男	1992-03-19	身份证		科研	中国科学院大学	博士研究生	电气工程	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
18	金增光	男	1991-02-08	身份证		科研	大理大学	硕士研究生	病理学与病理生理学	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
19	李云龙	男	1990-10-29	身份证		科研	北京大学	博士研究生	光电能源材料科学	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
20	张雪映	男	1989-12-09	身份证		科研	中国科学院遗传与发育生物学研究所	博士研究生	遗传学	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
21	邝忠华	男	1989-04-25	身份证		科技	南华大学	硕士研究生	检测技术与自动化装置	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
22	黄翠珊	女	1987-12-17	身份证		科研	中山大学	本科	药学	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
23	葛永帅	男	1987-01-15	身份证		副研究员	威斯康辛大学麦迪逊分校	博士研究生	医学物理	2022-08-10至2027-08-09	自主考核

(2023) 第 1 号



序号	姓名	性别	出生日期	证件类型	号码	工作岗位	毕业学校	学历	专业	辐射安全与防护培训时间	培训证号
24	洪序达	男	1986-11-12	身份证		科研	华南理工大学	硕士研究生	材料学	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
25	帖长军	男	1984-09-28	身份证		科技	新疆大学	硕士研究生	物理学	2021-07-30至2026-07-30	FS21GD0300171
26	李玲	女	1983-12-14	身份证		科研	沈阳药科大学	硕士研究生	天然药物化学	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
27	谢高生	男	1982-06-14	身份证		科研	湘潭大学	硕士研究生	电力电子	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
28	沙磊	男	1980-11-25	身份证		高级工程师	辽宁师范大学	本科	计算机信息与管理	2023-02-28至2028-02-28	FS23HI2200041
29	牛超群	女	1980-11-06	身份证		科研	北京师范大学	硕士研究生	微生物与生化药学	2022-08-10至2027-08-09	自主考核
30	刘勇	男	1977-02-19	身份证		科研	贵州大学	硕士研究生	机械制造及自动化	2022-08-10至2027-08-09	自主考核

中国科学院深圳先进技术研究院
2024年4月8日

附件 7：辐射安全管理制度和应急预案

附件 7.1：辐射事故应急处理预案

中国科学院深圳先进技术研究院 辐射事故应急处理预案

一、总则

为及时有效的调查处理辐射事件，减轻事件造成的后果，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及其他有关要求，中国科学院深圳先进技术研究院（以下简称“本单位”）制定本预案。

二、组织机构

（一）应急领导小组

本单位成立了辐射事故应急领导小组（简称“领导小组”），组长为分管领导及相关负责人，成员由各有关人员组成。领导小组具体负责辐射事件发生时的应急处理工作，包括应急处理预案的启动、应急响应处置及解除。小组成员名单如下：

辐射事故应急小组：

组 长：冯伟

常务副组长：郑海荣

副 组 长：罗 茜

成 员：肖登科、张潇云、唐赵群、严子沅、李艳杏、韩汶轩、陈璇、彭泽均、沙磊、林泽、杨蓝瑜、兰晶、叶彤、崔淑钰、张石圣

西丽应急处理电话：[REDACTED]

光明脑设施应急处理电话：林泽 [REDACTED]

（二）应急领导小组职责

- 1、定期组织对射线装置研发调试场所进行放射防护情况自查和监测，发现事故隐患及时上报至分管领导并落实整改措施；
- 2、发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；
- 3、事故发生后立即组织有关部门和人员进行放射性事故应急处理；
- 4、负责向环保、公安行政部门及时报告事故情况；
- 5、负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作

6、辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其他工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

7、负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

三、辐射事故分级

1. 特别重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

2. 重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。

3. 较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。

4. 一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据本单位的实际情况，本单位的可能发生的辐射事故的等级为一般辐射事故。

四、辐射事件应急处理程序

（一）辐射事件应急预案的启动

当发生人为失误或设备故障等原因导致人员受到超过年剂量限值的照射时，当事人应立即报告负责人，负责人接到报告后应立即报告应急领导小组组长，启动应急预案并通知相关人员参与应急处置。

（二）辐射事件应急响应处置

1、发生辐射事故后，立即关闭放射源（如关闭射线装置应急开关等），立即撤离有关工作人员和受检者，封锁现场；禁止无关人员进入辐射区，同时报实验室负责人和辐射事故领导小组，辐射事故领导小组启动应急预案。

2、辐射事故领导小组召集相关人员，按照辐射事故的具体情况，迅速确定事故处理方案。

3、迅速安排受照人员到职业病防治机构接受医学检查、救治和医学观察，同时对危险源采取应急安全处理措施。对可能受放射损伤的人员，立即采取暂时

隔离和根据需要实施其他医学救治应急救援措施。

4、在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向环境主管部门报告。

5、发生放射事故的科室及个人，必须积极配合环保部门、卫生行政部门、公安机关对放射事故的调查、处置、监测等，做好善后处理工作。

(三) 辐射事件应急预案的解除

当发生辐射事件的射线装置或非密封放射性工作场所修复后，必须经有资质的检测技术服务机构进行检测合格，并报环境保护主管部门批准方可解除应急预案。对事件有关资料及时收集，认真分析事件原因，并采取妥善的预防类似事件的措施，对有关责任人作出处理。

五、事故报告

发生或者发现辐射事故的科室和个人，必须立即向应急值班室（或总值班）报告事故的性质、时间、地点、科室名称、联系人、电话等报告给放射事故应急领导小组，应急小组在接到报告后，立即启动辐射事故应急方案，根据事故等级采取相应的事故应急处理措施。并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向环境保护部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应向卫生行政部门报告。

应急电话：西丽监控中心：[REDACTED] 光明脑所紧急联系人：林泽

[REDACTED] 院长 [REDACTED]

深圳市生态环境局：12345

公安局：110

六、应急处置措施

领导小组接到报告后，应指挥相关成员迅速赶赴现场开展指挥及医学救援工作，相关部门在相应职责范围内开展工作，积极采取措施保护工作人员和志愿者的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展。事故现场完成处置、初步调查并经检测达到安全水平后，方可解除封锁。应急响应终止。参加放射事故处理人员应及时安排进行体格检查。不同项目的应急处置措施如下：

(1) 放射性污染事故的处理措施

发生少量放射性液体洒落的，可立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，再次基础上用温水仔细清洗污染处，检测安全

后方可结束。使用过的吸水纸或纱布视为放射性废物。发生少量放射性粉末洒落的，可立即用潮湿的纱布自外而内螺旋形擦拭，至少重复两遍，在此基础上温水清洗污染处。经检测安全后方可结束。用过的纱布视为放射性废物。发生手部皮肤沾染放射性核素的，可立即用温水、软毛刷、普通肥皂反复清洗，清洗不宜超过三次。

(2) 放射性同位素被盗或丢失事故的处理措施

在发现放射性同位素被盗，应立即报告实验室领导和应急小组，同时向院主管领导汇报，并封锁现场。在环保、公安和卫生部门人员到达现场后，要积极协助调查。在确定丢失原因和地点后，派人积极查找，全力追回。

(3) 射线装置失控的处理措施

立即关闭辐射源（如关闭射线装置应急开关等），立即撤离有关工作人员和受检者，封锁现场；禁止无关人员进入辐射区，同时报告实验室负责人和辐射事故领导小组，辐射事故领导小组在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向环境环境主管部门报告。

七、应急人员防护

1、应急人员防护的总体原则。在实施紧急救援时，应急救援人员首先应做好个人的放射防护措施，配带个人剂量计。根据现场救援工作的实际情况，尽量提高救援行动速度，缩短在污染环境中的停留时间，必要时轮换作业，力求把受照剂量减到最少。

2、应急照射剂量的控制。实施应急救援时，应急人员的受照剂量应尽可能保持低于职业照射的最大单一年份剂量限值（50mSv），在辐射剂量率等于或大于500 mSv 时，应及时返回。

3、应急救援人员应熟练掌握通用防护导则和返回剂量导则，根据不同救援任务预先确定返回剂量预置值，在超出剂量限值时及时返回。

4、应急人员防护措施。应急人员应按要求做好有关的防护措施后才能进入现场开展救援工作，应急防护措施包括配带个人剂量仪，穿戴防护服、防护面具或口罩等，必要时服用稳定性碘。

八、放射事故的调查

1、应急工作终止后，应立即成立由事故发生科室及其他相关职能部门组成

事故调查组，开展事故调查工作。

2、调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，认真做好调查记录与总结分析，并及时向领导小组汇报。

3、调查组同时应积极主动配合各卫生、环保、公安部门有关行政主管部门开展事故调查、处理等各方面的相关事宜。

4、调查工作结束后，领导小组应总结经验教训，制定或修改相关措施，加强日常安全管理，杜绝类似事故发生。

九、预防和保障措施

1. 为避免或减少事故发生，平时应做好应急演练与准备工作，落实岗位责任制和各项制度。实验室指定一名辐射安全员负责检查监督本实验室各项措施的落实情况。

2. 坚持对人员辐射防护知识培训和应急处理方法培训，定期组织学习和训练，提高自救能力。

3. 辐射工作场所按要求划分控制区和监督区，并设置警示标志，无关人员一律不允许进入控制区。场所必须按要求安装监控装置、对讲装置和门灯联动装置。

4. 各相关实验室派专人负责放射工作场所的值班，院保卫处应派保安加强对有非密封放射源或射线装置场所的巡视。

5. 按要求配备剂量监测装置、个人剂量报警仪、放射防护用品。

6. 按国家规定和标准定期对设备进行应用性能检测，做好设备的应用质量保障工作。

7. 将机房门关闭前，执行实验人员一定要检查并确认机房内无其他人员，方可关门。

8. 按要求持证上岗，严格按诊疗规范操作。

9. 放射事故处理以后，必须分析事故原因，吸取经验教训，采取有效措施防止发生类似事故。

十、应急准备

（一）应急物资和装备

有关部门及科室应做好放射事故应急物资和装备准备，包括：个人剂量计、

个人防护设备（铅防护服、铅围脖等）、表面污染监测仪等辐射应急监测仪器，并及时更新和维护。

（二）培训与演练

由辐射安全管理领导小组定期组织开展辐射事故应急培训与应急演练，对辐射事故应急技术人员和管理人员进行国家有关法规和应急专业知识培训和继续教育，使应急救援人员熟练掌握放射损伤医疗救治、应急处置、放射防护等知识，不断提高应急响应及救援能力，确保在突发放射事故时能够及时、安全、有效开展应急工作。

十一、附则

本预案自发布之日起生效，如与国家、省、市应急救援预案相抵触之处，以国家、省、市应急救援预案的条款为准，适用于本单位的放射事故的发生。

中国科学院深圳先进技术研究院
2024年4月8日



附件:

_____ 辐射事故初始报告表

事故单位名称		(公章)				
法定代表人		地址			邮编	
电话		传真	联系人			
许可证号		许可证审批机关				
事故发生时间		事故发生地点				
事故类型	<input type="checkbox"/> 人员受照 <input type="checkbox"/> 人员污染		受照人数		受污染人数	
	<input type="checkbox"/> 丢失 <input type="checkbox"/> 被盗 <input type="checkbox"/> 失控		事故源数量			
	<input type="checkbox"/> 放射性污染		污染面积(m ²)			
序号	事故源核素名称	出厂活度(Bq)	出厂日期	放射源编码	事故时活度(Bq)	非密封放射性物质状态(固/液态)
序号	射线装置名称	型号	生产厂家	设备编号	所在场所	主要参数
事故经过情况						
报告人签字		报告时间	年 月 日 时 分			

注:射线装置的“主要参数”是指X射线机的电流(mA)和电压(kV)、加速器线束能量等主要性能

附件 7.2: 辐射防护管理机构

中国科学院深圳先进技术研究院 关于成立辐射防护管理机构的通知

为进一步贯彻落实《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境保护管理条例》等法律法规,做好辐射防护工作,减少辐射危害,中国科学院深圳先进技术研究院(以下简称“本单位”)决定成立辐射环境防护管理小组,具体成员如下:

组 长: 樊建平

常务副组长: 郑海荣

副 组 长: 罗茜、冯伟

组 员: 张潇云、唐赵群、韩汶轩、沙磊、林泽、杨蓝瑜、兰晶、叶彤、崔淑钰、张石圣、王磊、杨永峰、谢耀钦、葛永帅、周寿军、帖长军

组长负责辐射防护全面领导及辐射防护日常监督管理工作,对辐射防护管理制度的落实情况进行监督检查;相应成员负责日常工作防护,文件归档保管,文件传达学习等相关工作。

管理小组具体职责如下:

- 1、组织制定并落实辐射安全防护管理制度,开展辐射安全防护管理工作;
- 2、定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查;
- 3、组织辐射工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训、剂量监测和健康检查;
- 4、制定放射事件应急预案并组织演练;
- 5、负责使用放射性药品的安全监督检查工作;
- 6、记录发生的放射事件并及时报告卫生行政部门。

附件 7.3: 操作规程

中国科学院深圳先进技术研究院

III 类射线装置操作规程

一、开机前巡查机房、控制室、电源很有等，做好准备工作；开启通风设备，保持机房内良好的通风。

二、正确佩戴个人剂量计。

三、选择适宜工作条件实施投照。透视时，必须做好充分的暗适应；在摄影时，根据不同的管电压更换附加铝过滤板，将照射野限制在实际需要的范围内，放射工作人员必须在屏蔽室外进行曝光。

四、曝光时其他人员不应留在机房内，如确需留在机房内，应提供必要的防护用品。

五、在使用过程中如发现设备异常情况或故障时应立即停止使用，在查明原因，设备恢复正常后方可从新工作，并将故障和维修情况登记备查。

中国科学院深圳先进技术研究院

DR 操作规程

开/关机与工作站控制盒

通过工作站控制盒，可以实现对整机的一键开/关机：

➤按下启动按钮 ，整机启动

➤按下关闭按钮 ，整机关闭。

➤长时间按关机按键，可强制关闭系统。

电源指示灯：蓝色指示灯亮表示系统处于工作状态，不亮表示处于非工作状态。

按下曝光手闸一级准备状态时，曝光准备指示灯(绿灯)亮起；完全按下手闸曝光时，曝光指示灯(黄灯)亮起，曝光过程结束后，指示灯熄灭。按下控制盒上的急停开关，可在需要时中止曝光。

中国科学院深圳先进技术研究院

PET-CT 操作规程

1. 操作时应注意用电安全，避免电击。
2. 禁止拆开外壳，当设备带电时，不要断开计算机电源电缆。
3. 不要将带有液体的物品放在机架上。如有液体渗入机架，请立即关闭设备并联系服务工程师。
4. 请按本手册中的说明开关机，请勿频繁开关机，否则可能会损耗设备使用寿命。
5. 开机后，请等待系统稳定。
6. 紧急停止按钮处不得有任何障碍物。
7. 切勿随意下电，并保证电源的正常供应，设备操作不当或场地电源中断都有可能导致设备损坏。

中国科学院深圳先进技术研究院

PET-CT 开关机流程

开机流程

前提条件: 开机前，请先检查并确认计算机处于关闭状态。

1. 在保证场地配电箱开启的状态下，请按下联影电源分配机柜（PSC）外门上的通电按钮，开启设备电源。
2. 控制台计算机自动启动，请等待软件系统加载完成。

关机流程

场景一：关机

关机指的是关闭控制台系统、机架系统、检查床系统，系统进入睡眠模式。用户可在每天下班前关机。

前提条件：请确认没有运行中的重建、归档或打印任务，并将机架和检查床复位。

- ▶ 鼠标点击界面右上角图标，选择关机，等待系统自行关闭。

场景二：整机下电


下电指关闭整个 PET/CT 系统。请勿随意对系统下电。

前提条件：下电前请确认没有运行中的重建、归档或打印任务，并将机架和检查床复位。

- ▶ 鼠标点击界面右上角的图标，选择更多 > 系统下电，等待系统自行下电。
- ◆ 切勿在未完成关机流程前断开电源。
- ◆ 关机时，如果球管热容量过高，为维护球管良好状态，系统会等待球管热容量下降再自动完成关机流程。


便携 X 光机操作规程




 **放射线危险警告:** 在使用过程中, 操作人员必须进行全面防护。

1. 连接

把电源线和曝光开关连接在 X 光机上。确认电源开关是关着的, 并注意 X 光机周围没有异常现象。把电源线插座插入墙上的插座。如果墙上的电源插座是没有接地装置的插座, 改用具有接地装置的插座。

 **小心:** 使用前, 确认使用注意事项。

2. 打开电源开关后, 所有的显示灯都会亮。

 **小心:** 不要在短时间里开、关电源。必须至少等 1 分钟。否则，高频波高压发生器将不能正常工作。

3. 当你使用完毕时，关掉 X 光机的电源开关。控制板上的所有显示都会在几 s 后消失。



中国科学院深圳先进技术研究院

Micro CT 操作规程

1 设备组成—主机

二、上下电顺序

开机

插上UPS电源插头——按UPS“开关”按钮3秒——设备主机、工作站（如果距离较远，可以先单独连接电源供电）——把电源线插入UPS电源插座（依次插好插座）——打开工作站（完全打开）——打开设备主机按钮。

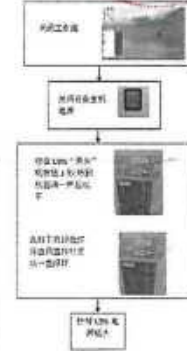
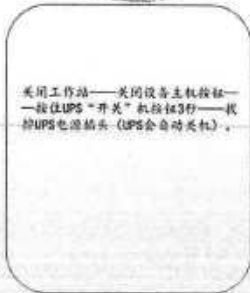


1 设备组成—主机

二、上下电顺序

关机

关闭工作站——关闭设备主机按钮——按UPS“开关”按钮3秒——拔掉UPS电源插头（UPS会自动关机）。



1 设备组成—主机

二、上下电顺序

重启

工作站重启：通过重启
电脑完成工作站重启。
设备重启：



附件 7.4: 放射性药物操作的防护要求

中国科学院深圳先进技术研究院 实验室放射性药物操作的防护要求

1. 神经影像工程师操作放射性药物应在专门的操作柜进行操作, 药物使用前应有屏蔽。
2. 给药用的注射器应有屏蔽, 难以屏蔽时应缩短操作时间。
3. 操作放射性药物应在衬有吸水纸的托盘内进行, 神经影像工程师应穿戴个人防护用品。
4. 实验必须在专用的注射间内进行, 严格按照操作流程进行操作药物。
5. 在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟, 也不得进行无关工作及存放无关物件。
6. 操作后离开工作室前应洗手和作表面污染监测。

附件 7.5: 同位素安全操作规程与岗位职责

中国科学院深圳先进技术研究院

同位素安全操作规程与岗位职责

本单位从事射线装置研发、调试工作,应严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 第 18 号)中的要求对本院辐射防护与安全进行管理。制定以下操作规程及岗位职责:

1、从事辐射工作岗位人员必须严格遵守并执行《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》。

2、从事辐射工作岗位人员必须经过辐射安全基础知识培训,经考试合格,方可上岗。已经考试合格的人员,定期接受再培训。

3、实验室内避免使用易割破皮肤的容器和器皿。凡脸部、手部有伤口或患病的实验人员,应停止进行放射性的工作。

4、实验室内应保持清洁卫生,严禁在实验室内吸烟、饮水、进食,禁止将食物带入实验室内。

5、开展实验前,将对相关实验人员(包括院外合作人员以及院内参与实验的人员)进行安全培训,通过实验室考核后方能开展相关实验。

6、实验进行时,禁止外部人员(包括院外合作人员以及院内与实验无关的人员)进入监督区,禁止外部人员参与操作,实验进行时,实验人员必须穿戴铅衣铅帽,并佩戴个人剂量计。实验停止后 5 小时内,不得开放实验区,以防残余核素对人体造成伤害。

7、长期进行实验的人员(包括院外合作人员以及院内参与实验的人员)均需要佩戴个人剂量计。

8、参观人员进入控制区参观时,应穿戴铅衣铅帽,出控制区前进行表污检测、去污后离开实验室。

9、一旦发生放射性事故本着优先保护人身安全、切断来源、防止扩大的原则,积极采取妥善措施,尽量减小事故影响,迅速上报上级管理部门,并协助卫生、公安部门做好事故检测、分析、调查工作。

10、对违反安全制度,不遵守实验操作规程,工作不负责和强令他人,冒险进行实验操作,以致造成事故的必须追究责任,视情节轻重给予处分,直至追究刑事责任。

附件 7.6: 辐射防护和安全保卫制度

中国科学院深圳先进技术研究院 辐射防护和安全保卫制度

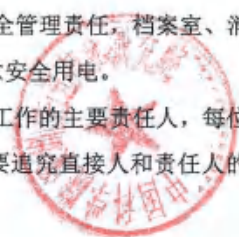
为进一步加强我单位的安全管理, 努力做好防事故、保安全工作, 确保单位工作的正常运转, 特制定安全保卫制度如下:

1、对来往的陌生人员要主动查询, 有效制止与工作无关的人员进门。全院人员必须增强安全意识, 提高警惕, 发现可疑人员要主动盘问, 发现可疑情况要及时向保卫处报告。

2、做好内部防范工作。各实验室应在每天下班前整理好本实验室工具, 关好门窗、电灯、检查仪器设备状态, 妥善保管好实验物品。

3、加强重点部位的安全管理。进一步明确重点部位的安全管理责任, 档案室、消防设施由办公室负责; 切实加强日常监督检查, 增强防火意识, 注意安全用电。

4、落实安全责任。各实验室负责人是本实验室安全防范工作的主要责任人, 每位员工对安全防范工作都负有直接责任。因防范不力而发生安全事故要追究直接人和责任人的安全责任。



附件 7.7: 辐射防护设施维护检修登记制度

中国科学院深圳先进技术研究院 辐射防护设施维护检修登记制度

一、设备及场所的定期维护（每三个月进行一次）：

- 1、设备机械性能维护：配置安全装置检查，各辐射防护装置有效性检查，各运动运转装置检查，操作完整性检查。
- 2、设备电气性能维护：各种应急开并有效性的检查，参数的检查等。
- 3、辐射防护措施维护：检查机房工作状态指示灯工作状态是否正常，警告标志、放射防护注意事项、防护墙体是否正常。

二、设备的性能检测：

每年进行一次，做好相关记录。检测报告应由辐射防护管理小组专职人员备案保存。

三、日常维护：

- 1、每日设备开机后应检查机器是否正常运行，有无错误提示，记录并排除。
 - 2、做好设备系统启动前、运作时、关闭时规范操作，检查各状态下的有关部件，应做到每日一次。
 - 3、严格执行正确开关机程序，设备不工作时应将之调至待机状态。
 - 4、每日工作完成后，做好设备的清洁工作，避免脏污及粉尘等造成设备故障。
- 四、设备的保养工作由专人负责，日常工作需做好工作记录，出现故障及时上报领导，如故障不能排除应通知集采部，及时联系厂家进行排障和维修，并作好记录。

附件 7.8: 辐射工作人员培训制度

中国科学院深圳先进技术研究院 辐射工作人员培训制度

为了提高从事辐射工作人员的安全防护意识和工作技能,加强辐射安全管理,预防辐射伤害事故,特制定本制度。

一、我院从事辐射相关工作的所有工作人员必须持有辐射工作人员培训合格证,具备专业技术管理能力,并定期组织复训。

二、根据《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部 2021 年第 9 号公告),从 2021 年 3 月 15 日起,核技术利用单位应在参考题库中按照考核规则选取题目,对本单位仅从事 III 类射线装置使用的辐射工作人员进行考核。核技术利用单位应妥善留存本单位相关辐射工作人员自行考核记录。

三、对于仅从事 III 类射线装置使用的辐射工作人员,单位自行组织培训与考核,并妥善留存相关辐射工作人员考核记录,对于从事核医学、介入等工作的辐射工作人员上岗前必须参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行网络培训学习,并报名辐射安全与防护现场考试,持证上岗,并妥善留存相关辐射工作人员考核记录,确保所有辐射工作人员熟悉和掌握国家辐射安全和防护的相关法律、法规和专业知识。

四、新上岗或转岗人员必须经过健康体检,体检合格,并经过放射性基础知识、射线装置操作培训,经考核合格后,方可上岗。

五、外来参观人员或临时施工人员接触射线装置时,先进行安全防护教育后,方可进入现场。

六、辐射工作人员应 5 年再进行培训 1 次,并考核合格。

七、培训内容

- 1、学习辐射安全法律法规常识和基本防护知识。
- 2、学习辐射事故应急救援措施和救援演练。

八、建立培训档案、培训记录,并要妥善保管和存档。

附件 7.9: 辐射场所监测方案

中国科学院深圳先进技术研究院 辐射场所监测方案

按照国家有关标准、规范的要求,安排本单位的辐射监测计划,并遵守下列规定:

一、个人剂量监测

1、委托有 CMA 资质的单位连续不间断进行外照射个人剂量监测,周期一般为 30 天,最长不应超过 90 天。

2、建立并终生保存个人剂量监测档案,允许辐射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

3、个人剂量监测档案应当包括:

- (1) 常规监测的方法和结果等相关资料;
- (2) 应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。

4、放射工作人员进入放射工作场所,应当遵守相关规定。

5、正确佩戴个人剂量计,严禁将个人剂量计遗落在机房或非密封放射性工作场所,规范个人剂量计的佩戴。

6、负责个人剂量管理的工作人员把本单位辐射工作人员个人剂量计送到具备相应检测资质的技术服务机构。

二、辐射场所监测

射线装置和非密封放射性工作场所投入运行使用后,应定期对工作场所及周围环境进行自查和监测(见表 1),以确保放射工作人员和公众的辐射安全。

1) 自查各机房防护门上贴有的电离辐射警示标志。

2) 自查各机房门上方安装的工作状态指示灯。

3) 工作场所及周围环境的外照射水平,法定的常规监测工作由我院委托有 CMA 资质的技术服务机构承担,每年监测 1-2 次。

4) 设备在大修或更换特殊组件时也需要进行监测,以确保放射工作人员和公众的辐射安全,监测工作同样由我院委托有资质的技术服务机构承担。

5) 监测记录和监测报告由我院统一存档。

6) 对于监测不达标的工作场所,应严格按照相关法律法规作出处理,并通知相关实验室提出相关整改措施,直至整改达标。

表 1 辐射监测方案

监测对象	监测类型	监测点位	监测项目	监测频率
射线装置工作场所	年度监测	射线机房操作位、机房防护门及门缝、四周墙壁等屏蔽体外表面 30cm 处	X-γ 辐射剂量率	年度常规监测每年 1 次
	日常监测	射线机房操作位、机房防护门及门缝、四周墙壁等屏蔽体外表面 30cm 处	X-γ 辐射剂量率	日常监测每季度 1 次
		安全联锁装置、辐射警示标识等	-	-
非密封放射性工作场所	年度监测	工作场所防护性能	X 射线、γ 射线	年度常规监测每年 1 次
		表面污染水平	β 表面污染	
		放射性废水	总 β	
	日常	工作场所防护性能	X 射线、γ 射线	至少每季度 1 次
		表面污染水平	β 表面污染	每次离开工作场所前
-	放射性固体废物包裹表面	辐射剂量率及表面沾污水平	作为医疗废物处理前	
辐射工作人员	所佩戴个人辐射剂量计	/	年有效剂量	每季度送检 1 次
外环境		实测	X-γ 辐射剂量率	每年 1 次



射线装置辐射日常检查记录表

检查日期	设备开关机	观察窗或摄像监控装置	动力排风	工作指示灯	警示标志	门灯联动	防夹装置	检查人
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	
	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障	

射线装置辐射水平季度监测记录表

测点 编号	测点位置	周围剂量当量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		
		范围	均值	控制水平
1	本底			-
2	操作位			2.5
3	机房东侧墙外 30cm 处			2.5
4	机房南侧墙外 30cm 处			2.5
5	机房西侧墙外 30cm 处			2.5
6	机房北侧墙外 30cm 处			2.5
7	机房顶棚上方 1m 处			2.5
8	机房防护门上方门缝外 30cm 处			2.5
9	机房防护门下方门缝外 30cm 处			2.5
10	机房防护门左侧门缝外 30cm 处			2.5
11	机房防护门右侧门缝外 30cm 处			2.5
12	机房防护门中部外 30cm 处			2.5
13	观察窗上方缝隙外 30cm 处			2.5
14	观察窗下方缝隙外 30cm 处			2.5
15	观察窗左侧缝隙外 30cm 处			2.5
16	观察窗右侧缝隙外 30cm 处			2.5
17	观察窗中部外 30cm 处			2.5
所在场所:				
开机条件: _____ kV, _____ mA 出束方向: 朝 _____				

工作场所表面污染水平日常监测记录表 (Bq/cm²)

时间	卫生通过间		冲洗间		医务人员	检测人员
	柜子表面	地面	洗手池	地面	工作服	

附件 7.10：射线装置使用登记制度

中国科学院深圳先进技术研究院

射线装置使用登记制度

- 一、使用射线装置的人员必须经过环保部门认可的培训考核方式，持证上岗；
- 二、需进行射线装置展示使用，需有相关负责人批准方可进行操作，做好防护措施，确保参观人员得到充分的安全防护，避免意外照射；
- 三、从事射线装置使用的人员需熟知操作流程，严格按照操作规范进行操作；
- 四、每次使用射线装置时，需在射线装置使用登记本上进行登记，登记使用相关信息，同时使用射线装置的人员需签字确认；
- 五、使用后需及时将防护用品、射线装置等恢复原位，同时确认设备运行的情况，避免影响下次使用。

附表：使用台账登记表

序号	设备名称	设备型号	设备编号	使用日期	设备状态	使用人员 签名



附件 7.11: 辐射安全管理制度

中国科学院深圳先进技术研究院

辐射安全管理制度

1、目的

为了加强对本单位辐射工作场所的安全和防护管理,保障人体健康,保护环境。

2、依据

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环保部令第 31 号),《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号),《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号)等法规和标准的相关规定,结合本单位射线装置工作的实际情况,制定本制度。

3、范围

适用于单位质量管理体系文件的管理。

4、职责

辐射安全与环境保护管理小组对本制度实施负责。

5、内容

一、樊建平为本单位辐射安全第一责任人。

二、设立专门的辐射安全与环境保护管理机构,保证至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作,在许可规定的范围内从事辐射相关工作。

三、按照有关法律、法规要求,对新建、改建和扩建项目应及时完善环境保护手续,报环境保护行政主管部门审批。

四、完善操作规程、岗位职责。本单位从事辐射工作人员应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习相关知识并参加考核通过考核。

五、从事辐射工作的人员在工作期间应佩戴个人剂量计,不超过 90 天应送有资质单位进行检测,并将监测结果存档。

六、每年委托有资质单位对辐射工作场所进行检测,检测结果存档,并上报环保部门。

七、制定辐射事故应急方案,发生辐射事故时,应当立即启动应急预案措施,并向当地环境保护主管部门、公安部门,卫生主管部门报告。

附件 7.12: 年度评估报告备案制度

中国科学院深圳先进技术研究院 年度评估报告备案制度

根据《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》，我单位应在每年 1 月 31 日前完成安全和防护状态年度评估报告工作。

一、在日常工作中应做好以下工作：

- 1、每年委托有 CMA 资质的第三方检测机构对辐射工作场所进行辐射环境监测；
- 2、委托有 CMA 资质的第三方检测机构，每季度做好辐射工作人员个人剂量检测，并将检测报告留档；
- 3、每天记录好辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- 4、管理好辐射工作人员培训，辐射工作人员变动或培训过期的，应尽快安排相关人员通过生态环境部培训平台（平台网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）参加线上培训，然后参加生态环境部考务系统线下集中考核。
- 5、管理好射线装置台账。
- 6、发生辐射事故时，应按照事故应急预案来操作，除了科学处理外，还需及时上报，记录好相应情况。
- 7、及时检查各项核技术应用项目环保手续是否完善，发现不完善的应及时改正，每年向环境保护行政主管部门汇报核技术应用项目新建、改建、扩建和退役的情况。
- 8、存在安全隐患的应及时整改。
- 9、其他有关法律、法规落实情况也应一一检查并记录。

二、年度评估报告的编制

- 1、每年应向环境保护行政主管部门申报年度评估报告。
- 2、年度评估报告应包括下列全部内容：
 - (1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
 - (2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
 - (3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训(以下简称“辐射安全培训”)情况；
 - (4) 射线装置台账；
 - (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

- (6) 辐射事故及应急响应情况；
 - (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
 - (8) 存在的安全隐患及其整改情况；
 - (9) 其他有关法律、法规规定的落实情况；
 - (10) 年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。
- 3、每年1月31日前应主动完成年度评估报告的备案工作。



附件 7.13: 辐射工作人员个人剂量管理制度

中国科学院深圳先进技术研究院 辐射工作人员个人剂量管理制度

一、按照《放射工作人员职业健康管理办法》和国家有关标准、规范的要求,安排本单位的辐射工作人员接受个人剂量监测,并遵守以下规定:

- (1) 外照射个人剂量监测周期一般不应超过 90 天。
- (2) 建立并保存个人剂量监测档案。
- (3) 允许放射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

二、个人剂量监测档案主要内容:

- 1、常规监测方法和结果等相关资料。
- 2、应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。放射工作单位应当将个人剂量监测结果及时做好记录。

三、辐射工作人员进入辐射工作场所,应当遵守以下规定:

- 1、正确佩戴个人剂量计。
- 2、操作结束离开非密封放射性物质场所时,按要求进行个人体表、衣物及防护用品的放射性污染监测,发现污染要及时处理,做好记录并存档。
- 3、工作人员工作时,应将个人剂量计随身佩戴,禁止将个人剂量计遗弃在机房内,由此造成个人剂量计监测结果超标等影响和后果的,本人负全责。

四、个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

附件 7.14: 放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度

中国科学院深圳先进技术研究院

放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度

1.目的

规范对放射性药品的采购、登记、使用、核对、保管及注销工作环节，加强对放射性药品的管理，防止辐射事故发生。

2.标准

2.1 适用范围：使用放射性药品的个人及科室。

2.2 规定：

2.2.1 放射性药品归劳特伯生物医学成像研究中心统一管理采购，实验室负责人对放射性药品的使用进行监督检查，放射性药品由专人负责订购，实验室负责人全面监管实验室放射性药物的订购与使用。

2.2.2 订购于同位素服务中心的放射性药物每天送到后及时签收。使用者认真核对所订购的放射性药物，并在《放射性药品签收、使用登记本》上详细记录使用情况。

2.2.3 使用放射性药物时要认真做好核对工作，必须查对所用的放射性药物与诊治项目是否相符，并核对其剂量大小、比活度、标记时间、物理形状等，如发现不符合或异常应立即停止使用，并及时报告。

2.2.4 所订购的放免药盒收到后要及时做好签收记录，在药盒上写清签收日期，并放置于冰箱保存备用。

2.2.5 在使用放射性药品过程中注意加强个人防护，应采取相应的放射防护措施，使用个人防护设备，在操作过程中尽量做到“轻、快、准”。

2.2.6 放射性废物的处理遵守放射放射性废物处理制度及处理方法，及时登记废物处理、注销情况。

2.2.7 严禁采购、使用无批文、批号或相关有效证件的放射性药品或过期药品。

3.放射性药品使用者应具备相应的资格和资质，需要办理《放射性药品使用许可证》。

附件 7.15: 实验室非密封放射性工作制度

中国科学院深圳先进技术研究院

实验室非密封放射性工作制度

- 1、实验室仪器的使用,放射药品的分装,给小动物或志愿者投药,均应严格执行操作规程,严防污染和差错事故。
- 2、使用放射性药物前,应严格核对品种、剂量、用法,查对志愿者姓名、性别、年龄、诊治项目,准确无误方可使用。
- 3、严格执行放射性药物管理规定,储源室应有专人保管,做好药物管理登记、帐目记录、定期核查等工作,严格交接手续。如有疑问应立即报告实验室主任和院领导进行清查。
- 4、放射源储源室、高活性室非本室人员不得入内,未经允许谢绝参观。放射性药物按防护规定管理和处理,种类、储量、用量不得外传。严固门窗,确保安全。
- 5、注意仪器维修,作好“三防”(防潮、防衰、防尘)工作。了解仪器原理、功能,熟练掌握操作技能。严格执行仪器诊断检查操作规程和注意事项。
- 6、严格执行同位素安全操作规程,进行放射性操作必须穿戴防护服。¹⁸F-FDG 操作必须在通风橱内进行,传递时必须使用长柄钳。取用放射性药物严禁口吸。
- 7、活性区禁止饮食、吸烟、存放食品餐具等。活性区非必须物品不得携入,室内物品未经安全测量不得携出。如发生污染,立即报告,作好标记,立即处理。
- 8、严格执行放射性染物管理和处理规定。离开活性区脱去实验服,按规定冲洗双手。活性区保持整齐清洁,每日清洗,并进行污染防护监测。

附件 7.16: 放射性废物处理制度

中国科学院深圳先进技术研究院 放射性废物处理制度

一、固体废物的管理

1、废物收集

(1) 按废物的可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性, 分开收集废物。

(2) 供收集废物的污物桶具有外防护层和电离辐射标志。污物桶放置点避开工作人员作业和经常走动的区域。

(3) 污物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物, 装满后的废物袋密封, 不破漏, 及时转送贮存室, 并放入专用容器中贮存。

(4) 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物, 应先装入硬纸盒或其他包装材料中, 然后在装入专用塑料袋内。

(5) 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h, 重量不超过 20kg。

2、废物临时贮存

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

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

(3) 废物包装体外表面的污染控制水平: $\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$; $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

(4) 应在临时贮存期满前及时把废物送往城市废物贮存库或废物处置单位。

3、废物处理

固体放射性废物在衰变桶内衰变足够长时间, 达到清洁水平, 作为医疗废物处理; 由清洁人员在早上 6:30 至 7:30 和中午 12:00 至 14:00 期间将达到清洁水平的废物送往医疗废物收集处进行处理。

二、液体废物的管理

1. 设置衰变池存放放射性废水, 至少存放 30 天后方可排放。

2. 含放射性核素的有机闪烁废液, 应存放在不锈钢或玻璃钢容器内。含放射性核素的有机闪烁液, 其活度浓度大于或等于 37Bq/L , 应按放射性废液处理。

3. 为使用放射性药物志愿者提供有防护标志的专用厕所, 对志愿者排泄物实施统一收集和管理。

三、气载废物的管理

操作具有挥发性的放射性物质时，应在备有活性炭过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。

四、废物管理制度

1.有专(或兼)职废物管理人员负责废物的收集、分类、存放和处理。废物管理人员应熟悉国家有关放射性废物管理法律法规，具备掌握放射防护和剂量监测专业技术的安全文化素养。

2.应具有预防发生废物丢失、被盗、容器破损和灾害事故的安全措施。贮存室的显著位置应设电离辐射警示标志，并建立废物档案和出入贮存室登记与双人双锁管理制度。

3.设废物贮存登记卡，废物主要特性和处理过程应记录在卡片上，并存档备案。

4.医用密封放射源应按国家有关法规和标准的要求废弃和处理。

5.接触放射性废物的工作人员必须使用个人防护用具或屏蔽防护设施，并佩戴个人剂量计。



放射性污染废物储存、处理记录

储存日期	废物种类	放置人	取出日期	取出人	辐射剂量率	β 表面污染	交接人	备注

注：F-18 的十个半衰期为 18.3h，Ga-68 的十个半衰期为 11.4h，放射性废物衰变 10 个半衰期后方可作为普通医疗废物处理，以医疗废物袋包装好后，集中到医疗废物处理室，作为一般医疗废物处理，满足辐射剂量率低于 100 μSv/h 且 β 表面污染水平小于 0.48Bq/cm²要求的打“√”，出现其他情况的加文字说明。

附件 7.17: 放射性污染去污操作规程

中国科学院深圳先进技术研究院

放射性污染去污操作规程

1、制订本规程的目的是建立本实验室放射性污染去污的标准操作规程,确保实验室工作人员的辐射安全。

2、操作规程:

(1) 对于操作托盘中已污染的滤纸,应立即更换。

更换步骤:戴一次性乳胶手套,小心折叠被污染的滤纸,使其干净的一面在外,放入废物袋中。同时把有污染的手套和其它用于去污而受污染的物品一同放入废物袋中转移。

(2) 少量放射性液体溢出

①通知工作人员某处已发生放射性污染。

②阻止污染扩散:用强吸附力的纸覆盖在溢漏处以防止扩散。

③清除:戴一次性乳胶手套用强吸附力的纸在溢漏处反复擦拭、清除,必要时可使用清洁剂帮助清洗。擦拭时注意应由外向内进行清洗,防止污染面扩大。然后小心折叠被污染的纸,使其干净的一面在外,放入废物袋中。同时把有污染的手套和其它用于去污而受污染的物品一同放入废物袋中转移。

(3) 大量放射性液体溢出

①立即通知工作人员撤离污染现场。

②阻止污染扩散:用强吸附力的纸覆盖在溢漏处以防止扩散。

③铅屏蔽污染源:在确认污染不会再扩散的情况下,在污染源周围用铅砖搭起屏蔽墙,关闭该区域,禁止进入。待污染源衰变至较低水平时,按上述方法进行清除。

(4) 检测:用低量程放射性污染检测仪检查被污染区域有无放射性同位素残留。

(5) 人员污染

当人员受到污染时,须先除去被污染的衣服,装入废物袋中转移。用温水冲洗被污染的皮肤,然后再用中性肥皂洗净;若仍有残留,用塑料覆盖在被污染的皮肤上导致其出汗,然后用水冲洗污染处,冲去因出汗分解的污染。

附件 7.18: 放射性药物台账管理制度

中国科学院深圳先进技术研究院

放射性药物台账管理制度

1. 神经影像平台使用的放射性药物，均由专人负责管理。
2. 每批放射性药物到货时，神经影像平台专人需认真核对药物名称、出厂日期、放射性剂量、体积、容器批号及物理性状，并办理登记入册手续。注意妥善保存每批药物出厂剂量测量单。储存放射性药物容器上贴上标签。
3. 开瓶取药时，要认真核对上述项目，并再计算衰变和稀释后，记录计算日期、药名、稀释后放射性浓度，溶液体积、总强度、抽取使用量、剩余量、取药人及复核者签名。
4. 放射性药物原液或发生器按不同品种分类，并放在指定的通风橱内，瓶签标志鲜明。
5. 神经影像平台设立《放射性同位素登记表》，记录每次放射性药物使用情况。
6. 每批放射性药物使用完毕，应在登记表上注销，注明注销日期，核对空容器罐号，贴标签。
7. 每天下班离开时，活性室门窗要关好、通道不锈钢大门要锁好，关灯、关活度剂、关空调。切实做好放射性药物和放射性固定源的安全保护工作。当反向放射性药物和放射性固定源丢失或失窃时，应立即报告上级主管部门。

附件 7.19: 放射动物实验保证大纲、质量控制检测计划

放射动物实验保证大纲、质量控制检测计划

一、放射动物实验质量保证大纲

放射动物实验是以影像为基础,若图象质量不高或者存在某些缺陷,不仅影响正确结果的诊断,还可能造成误诊。为了获得良好优质光片,加强放射动物实验的质量管理,结合我院的实际情况,经研究决定制定本方案。

- 1、成立质量保证、控制组织,明确领导和组员的职责分工。
- 2、定期组织人员参加防护培训,取得上岗证后方可上岗。安排人员进修、短期业务培训,提高业务素质。
- 2、定期对影像质量分析,根据标准评价各类图像质量,对丙级片及废片原因分析,提出整改措施,严格控制废片率。
- 3、定期组织对各类设备保养、维护,每年对各类 X 线设备的稳定性、状态检测,对不符合要求,进行校正。认真执行机房的各项制度。
- 4、制定放射动物实验检查过程中的各个环节的操作规程,并做好相关操作的记录签名,明确职责,保证检查、诊断质量。
- 5、做好以上各类的记录,发现问题,逐级上报。
- 6、所有从事射线装置操作的医护人员必须接受专业培训,并定期进行复训,确保掌握正确的操作技能和知识;
- 7、建立完善的设备维护制度,定期对射线装置进行检查、保养和维修,确保设备处于良好状态。
- 8、严格执行辐射防护措施,保护自愿者和辐射工作人员免受不必

要的辐射伤害。

9、制定和完善放射动物实验规范，确保射线装置的合理使用

10、建立质量控制体系，定期进行质量控制检测，确保放射动物实验结果的准确性

二、监测方案

1、个人剂量监测

(1) 个人剂量监测工作应委托具备 CMA 资质的个人剂量监测技术服务机构承担；

(2) 剂量计须个人专用，不得混合佩戴，正确佩戴个人剂量计，避免影响检验结果，应佩戴在左胸前；

(3) 本底剂量计应放置于办公室，远离辐射工作场所为宜；

(4) 外照射个人剂量监测周期定为三个月，提前做好更换个人剂量章工作；

(5) 建立并终生妥善保存个人剂量监测档案，允许本人查阅、复印个人剂量监测档案。个人剂量监测档案应当包括：

a. 常规监测的方法和结果等相关资料；

b. 应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。

c. 放射设备使用科室应将个人剂量监测结果及时记录在《放射工作人员证》中。

三、设备的质量控制检测计划

1、放射动物实验设备初次安装和维修后，委托具有相应 CMA 检测资质的放射卫生技术服务机构进行验收检测，在设备初次安装时应会同设备厂家一起进行验收检测。

2、放射动物实验设备正常运行中，委托具有相应 CMA 检测资质的



放射卫生技术服务机构进行定期的状态检测。

四、辐射防护检测

1、放射动物实验设备安装调试好后，委托具有相应 CMA 检测资质的放射卫生技术服务机构对放射动物实验机房的屏蔽防护效果进行验收检测。

2、设备在正常运行条件下委托具有相应 CMA 检测资质的放射卫生技术服务机构对放射工作场所每年进行一次常规检测。



附件 7.20: 动物实验室管理规定

放射性同位素实验室守则

1. 本实验室采用专人管理, 严格实行提前预约和使用登记制度, 只有预约成功后方可正常使用。
2. 同位素实验室采用门禁磁卡系统刷卡进出, 并记录持卡人进出的时间。
3. 实验室为图像采集区, 实时监控录像, 图像仅限于安全管理及规范操作。
4. 严禁在同位素实验室以外的地方存储同位素和进行相关操作, 如果发生放射性污染事件, 管理人员将根据系统记录追查责任人。

动物实验室管理规定

- (1) 动物实验仪器严格实行提前预约和使用登记制度, 只有预约成功后方可正常使用。
 - (2) 参加动物实验操作的人员, 必须经系统培训合格后方可开展工作, 非专业技术人员和维修人员严禁操作有关设备。
 - (3) 开展动物实验及使用有关设备, 必须严格按照相应设备的操作规定进行, 不得随意更改, 变动操作程序。
 - (4) 放射性药物的运送和注射都需进行防护措施。
 - (5) 整个操作过程产生的放射性废弃物必须放入指定的废弃桶。
 - (6) 严禁在动物实验室吸烟、进食、会客以及喧哗。
 - (7) 仪器正在工作时, 门口关闭, 警示灯提示, 严禁非工作人员进入操作室, 如有紧急情况, 需用门口电话沟通。
- 使用放射性核素必须有专人进行操作, 做好登记工作。
- 放射性核素使用完毕后必须有专人负责放回保险箱内, 并做好清查工作。

动物实验操作管理

核医学科按动物实验计划分批提供实验所需放射性核素（如¹⁸F-FDG）。

实验人员认真做好每一批放射性药物的登记工作，详细记录放射性药物的核素种类、活度、到货时间、注射时间和使用情况等。

实验动物由实验人员从本项目大楼动物中心提取回来，并按照实验计划送入动物入口交接。

实验人员将实验动物（如小鼠或大鼠）施以异氟烷麻醉后，通过静脉注射放射性药物，做好标记，然后将其安置在指定的动物储存区域内。在动物储存室放置足够的时间后，实验人员把小动物转移到小动物 PET 扫描机房进行扫描显像。

操作人员根据不同的实验目的选择相应的采集协议，并根据需求选择正确的采集参数，然后进行图像数据的采集。

采集完成后的动物存放在指定的动物储存区域内，放置大约 10 个半衰期以上，实验人员按相关规定处置动物。

扫描完成后的动物若因研究需要进行解剖实验，则将其转移到其他场所的进行解剖实验；实验完成后，实验人员应清洁台面，并将动物碎片收集齐全，然后放入塑料袋内打包封存，做好标记，放到废物间搁置 10 个半衰期后，再按相关规定处置。

操作人员要认真做好显像设备的质控工作，并做好记录。

动物实验操作流程

一、实验前准备

1. 进入实验室前，需按要求戴上鞋套；
2. 将动物及自备的实验用品（包括注射器、麻醉气体异氟烷或麻醉液体水合氯醛等、稀释放射性药物用的生理盐水）放在指定的区域；
3. 由实验室老师宣讲操作流程及注意事项，主要包括防护装备的穿戴，活度计的使用方法，麻醉设备的使用方法等；

二、放射性药物注射

1. 精确测量动物的体重，并记录数值；
2. 实验前的动物麻醉：
 - 1) 气体麻醉：开启气体麻醉设备，并将动物放入麻醉舱中，待动物完全处于麻醉状态后，取出置于注射台上，并连接麻醉管，使其处于持续麻醉状态，等待注射放射性药物；

2) 液体麻醉：注射适当剂量的麻醉药物，待动物完全处于麻醉状态后，置于注射台上，等待注射放射性药物；

3. 在分装柜中用注射器从装有放射性药物的安瓿瓶中抽取药物，如果药物浓度过高，可用生理盐水进行稀释，立即进行活度测量，并记录活度和时间（按照经验，盐水稀释后的放射性药物，大鼠注射剂量通常是按照 $1 \mu\text{Ci/g}$ ，体积不要超过 0.5ml，小鼠注射剂量通常是按照 $5 \mu\text{Ci/g}$ ，体积不要超过 0.2ml）；

4. 对动物进行尾静脉注射，注射完成后，记录注射时间，并立即对注射器内剩余放射性药物进行活度测量，记录活度和时间，然后将注射器扔进指定的铅筒中；

5. 将动物放回麻醉舱中，使其处于持续麻醉状态（若为液体麻醉，跳过这一步骤），在等待上机期间，要注意保暖，静息 60 分钟后，可上机检查；

6. 将记录的数据通过对讲机告知实验室老师，以备检查时使用。

特别说明：以上操作请严格执行，目的是为图像处理时能够准确显示 SUV 值等数据。

三、上机检查

1. 静息时间达到后，在确保动物完全处于麻醉状态下，方可将动物放入机器的检查舱，并进行固定。在动物固定的操作过程中，需要特别注意：

1) 应把动物的嘴巴和鼻子放入检查床的麻醉口（如图 1 所示）；

2) 尽量将动物的四肢展开（如图 2 所示），固定好，以便获得更直观、好看的检查图像；

3) 用胶带固定好动物，从尾部开始，固定尾部与后肢靠近的部位（图 3 所示），以免动物在检查期间醒来导致不良后果，再分别固定动物的身体中间和头部，注意不需要太紧，以免呼吸不畅；

4) 盖上检查舱上盖，绑上缠带；

2. 检查期间，可在缓冲间中休息，未经实验室老师允许，不能进入机房；

3. 检查完成后，实验者应立即小心取下动物，放入饲养笼中。

四、检查完成

1. 重复以上步骤，完成实验者准备的所有动物的检查；

2. 检查全部完成后，实验者需将注射台、麻醉舱及检查舱等清理干净，并将使

用过的注射器等实验材料放入指定的容器后，方可离开。

3. 注射过放射性药物的动物，最多可在实验室动物房中存放 24 小时，实验者需在限时前将动物取走：

4. 需要图像等数据处理，可以与实验室老师商量，并用 CD 盘刻录，严禁插入 U 盘等其他移动存储设备。



图 1. 动物气体麻醉示范图

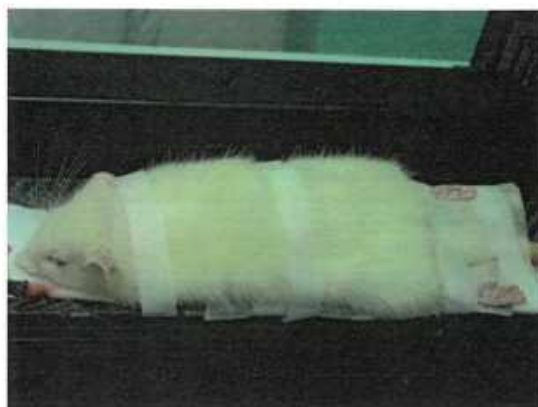


图 2. 动物固定示范图

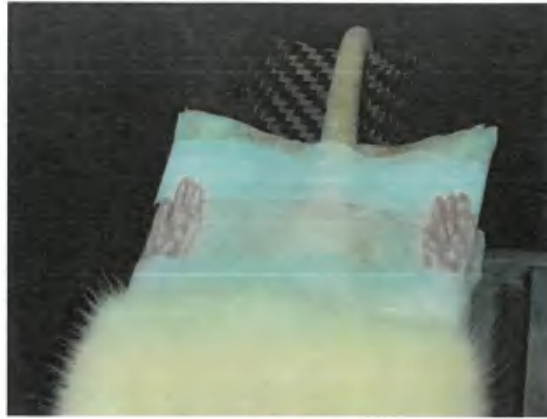


图 3. 动物固定示范图

五、实验期间注意事项

1. 为保证测量精度，活度计在每次测量前必须清零；
 2. 为动物注射放射性药物时，需佩戴双层手套，操作完毕后，无论是否被污染，都需要将外层手套扔进相应的铅筒内；
 3. 除了注射时外的任何阶段，装有放射性药物注射器的针头必须盖上针套，以免造成污染，注射完毕，需要将用过的注射器盖上针套，放在指定的铅筒内；
 4. 严禁在任何区域对装有放射性药物的注射器作任何可能造成污染的排气操作（如用手指弹注射器等）；
 5. 在所有涉及放射性药物的操作平台上，必须铺上吸水纸，在操作过程中，不能污染铺有吸水纸以外的区域；
 6. 不可用佩戴手套的手直接接触所有门把手；
- 实验过程中，需服从实验室老师的安排。

附件 8：个人剂量监测报告




广东瑞迪检测技术有限公司 检测 报 告



项目编号： GDRD/TR-PD-23-0241-02
受检单位： 中国科学院深圳先进技术研究院
检测对象： TLD 元件
检测项目： 外照射个人剂量监测
监测类型： 常规监测
报告日期： 2023 年 11 月 13 日



声 明

1. 本报告依据国家有关法规、标准、协议和技术文件进行。本公司保证检测工作的公正性、独立性、诚实性和可靠性，对检测的数据负责。
2. 本公司对受检单位和委托方的检测样品、技术资料及检测报告等严格保密并保护其所有权。
3. 本报告无检测人（或编制人）、审核人、签发人签名无效；报告中有涂改或未盖本公司检验检测专用章、无骑缝章无效，无计量认证  章无效。
4. 委托现场检测仅对委托单位现场实际状况负责，委托送样检测仅对来样负责。检测结果仅对本次检测项目负责。
5. 未经本公司书面批准，不得部分复制本报告。本公司不对部分摘录或引用本报告的有关数据造成的后果负责。
6. 本报告未经本公司同意，不得以任何方式作广告宣传。
7. 受检单位对本检测报告持有异议，请于收到报告之日起十五日内向本公司提出复核申请，逾期不予受理。
8. 本报告一式叁份，客户方贰份，本公司留存壹份。

联系方式

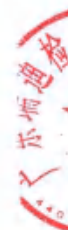
单位地址：广州市黄埔区科学大道 111 号主楼 807、809 房

邮编：510663

电话：020—84789907

邮箱：zhh@gzradiate.com

公司网站：www.gzradiate.com



检测报告

一、检测信息

受检单位:	中国科学院深圳先进技术研究院			
受检地址:	深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号			
样品类型:	LiF (Mg, Cu, P) 圆片	样品数量:	25 组 (含本底)	
收样日期:	2023 年 10 月 20 日	检测日期:	2023 年 11 月 13 日	
检测项目:	外照射个人剂量监测	收样方式:	快递	
检测依据:	GBZ 128-2019 《职业性外照射个人监测规范》			
主要 检测仪器:	设备编号	型号	设备名称	出厂编号
	GDRD-YQ-025	RTL182	双通道热释光剂量仪	20181002-1

检测结果说明:

1. 调查水平参考值=5* (T2-T1) /365mSv, 其中 T1, T2 分别为监测起止日期。
2. 评价指标参照 GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》, 任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射剂量不超过以下限制:
 - (1) 连续 5 年内年均有效剂量, 20mSv。
 - (2) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

编制人:

赵宇智

审核人:

张群

签发人:

T-ramp

签发日期:

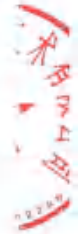
2023.11.13



检测报告

二、检测结果

序号	姓名	样品编号	科室	佩戴时间	剂量当量 Hp(10)(mSv)
1	朱子尧	23-07-05-01	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
2	帖长军	23-07-05-02	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
3	邝忠华	23-07-05-03	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
4	任宁	23-07-05-04	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
5	吴颖桐	23-07-05-05	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
6	杨文耀	23-07-05-06	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
7	高必敏	23-07-05-07	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
8	梁建辉	23-07-05-08	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
9	黄翠珊	23-07-05-09	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL *
10	金增光	23-07-05-10	/	2023-07-07 至 2023-10-06	0.03
11	刘勇	23-07-05-11	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
12	谢高生	23-07-05-12	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
13	产银萍	23-07-05-13	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
14	李云龙	23-07-05-14	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
15	陈慧雯	23-07-05-15	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
16	洪序达	23-07-05-16	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
17	葛永帅	23-07-05-17	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
18	梁松林	23-07-05-18	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
19	张雪映	23-07-05-19	/	2023-07-07 至 2023-10-06	0.05
20	牛超群	23-07-05-20	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL



21	李玲	23-07-05-21	/	2023-07-07 至 2023-10-06	0.06
22	王唐胜	23-07-05-22	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
23	李乐群	23-07-05-23	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL
24	李文豪	23-07-05-24	/	2023-07-07 至 2023-10-06	<MDL

说明：

1. 本报告所出示的剂量当量值已扣除本底值；
2. 本实验室个人剂量监测系统的最低探测水平(MDL)为 0.02mSv, 低于此值的监测结果记录为<MDL；
为便于职业照射统计，在相应的剂量档案中记录为 MDL 值的一半，即 0.01mSv；

3. <MDL^{*}：因个人原因导致个人剂量卡丢失，该结果为名义剂量结果。

(以下无正文)

21



广东瑞迪检测技术有限公司 检测报告




项目编号: GDRD/TR-PD-23-0241-03
受检单位: 中国科学院深圳先进技术研究院
检测对象: TLD 元件
检测项目: 外照射个人剂量监测
监测类型: 常规监测
报告日期: 2024年3月1日



(加盖检验检测专用章)

声 明

1. 本报告依据国家有关法规、标准、协议和技术文件进行。本公司保证检测工作的公正性、独立性、诚实性和可靠性，对检测的数据负责。
2. 本公司对受检单位和委托方的检测样品、技术资料及检测报告等严格保密并保护其所有权。
3. 本报告无检测人（或编制人）、审核人、签发人签名无效；报告中有涂改或未盖本公司检验检测专用章、无骑缝章无效，无计量认证  章无效。
4. 委托现场检测仪对委托单位现场实际状况负责，委托送样检测仪对来样负责。检测结果仅对本次检测项目负责。
5. 未经本公司书面批准，不得部分复制本报告。本公司不对部分摘录或引用本报告的有关数据造成的后果负责。
6. 本报告未经本公司同意，不得以任何方式作广告宣传。
7. 受检单位对本检测报告持有异议，请于收到报告之日起十五日内向本公司提出复核申请，逾期不予受理。
8. 本报告一式叁份，客户方贰份，本公司留存壹份。

联系方式

单位地址：广州市黄埔区科学大道 111 号主楼 807、809 房

邮编：510663

电话：020—84789907

邮箱：zhh@gzradiate.com

公司网站：www.gzradiate.com

检测报告

一、检测信息

受检单位:	中国科学院深圳先进技术研究院			
受检地址:	深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号			
样品类型:	LiF (Mg, Cu, P) 圆片	样品数量:	25 组 (含本底)	
收样日期:	2024 年 2 月 18 日	检测日期:	2024 年 2 月 29 日	
检测项目:	外照射个人剂量监测	收样方式:	快递	
检测依据:	GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》			
主要 检测仪器:	设备编号	型号	设备名称	出厂编号
	GDRD-YQ-025	RTL182	双通道热释光剂量仪	20181002-1

检测结果说明:

1. 调查水平参考值=5*(T2-T1)/365mSv, 其中 T1, T2 分别为监测起止日期。
2. 评价指标参照 GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》, 任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射剂量不超过以下限制:
 - (1) 连续 5 年内年均有效剂量, 20mSv。
 - (2) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

编制人: 赵宇智审核人: 张群签发人: Frank签发日期: 2024.3.1

检测报告

二、检测结果

序号	姓名	样品编号	科室	佩戴时间	剂量当量 Hp(10)(mSv)
1	朱子尧	23-10-06-01	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
2	帖长军	23-10-06-02	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
3	邝忠华	23-10-06-03	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
4	任宁	23-10-06-04	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
5	吴颖桐	23-10-06-05	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
6	杨文耀	23-10-06-06	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
7	高必敏	23-10-06-07	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
8	梁建辉	23-10-06-08	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
9	黄翠珊	23-10-06-09	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
10	金增光	23-10-06-10	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.06
11	刘勇	23-10-06-11	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
12	谢高生	23-10-06-12	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.02
13	产银萍	23-10-06-13	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
14	李云龙	23-10-06-14	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
15	陈慧雯	23-10-06-15	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
16	洪序达	23-10-06-16	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
17	葛永帅	23-10-06-17	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.05
18	梁松林	23-10-06-18	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.03
19	张雪映	23-10-06-19	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.09
20	牛超群	23-10-06-20	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.07

21	李玲	23-10-06-21	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.07
22	王唐胜	23-10-06-22	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.03
23	李乐群	23-10-06-23	/	2023-10-07 至 2024-01-06	<MDL
24	李文豪	23-10-06-24	/	2023-10-07 至 2024-01-06	0.03

说明：

1. 本报告所出示的剂量当量值已扣除本底值；
2. 本实验室个人剂量监测系统的最低探测水平(MDL)为 0.02mSv, 低于此值的监测结果记录为<MDL; 为便于职业照射统计, 在相应的剂量档案中记录为 MDL 值的一半, 即 0.01mSv;
3. 受检单位已在 2024 年 1 月 7 日更换佩戴了下一周期剂量计, 但 2023-10-07 至 2024-01-06 监测周期剂量计一直留滞在受检单位, 未按要求及时寄回本司, 经多次沟通后, 于 2024 年 2 月寄回本司检测, 故本次检测结果仅供参考。

(以下无正文)





广东瑞迪检测技术有限公司 检测报告




项目编号: GDRD/TR-PD-23-0241-04
受检单位: 中国科学院深圳先进技术研究院
检测对象: TLD 元件
检测项目: 外照射个人剂量监测
监测类型: 常规监测
报告日期: 2024年5月12日



(加盖检验检测专用章)

声 明

1. 本报告依据国家有关法规、标准、协议和技术文件进行。本公司保证检测工作的公正性、独立性、诚实性和可靠性，对检测的数据负责。
2. 本公司对受检单位和委托方的检测样品、技术资料及检测报告等严格保密并保护其所有权。
3. 本报告无检测人（或编制人）、审核人、签发人签名无效；报告中有涂改或未盖本公司检验检测专用章、无骑缝章无效，无计量认证  章无效。
4. 委托现场检测仅对委托单位现场实际状况负责，委托送样检测仅对来样负责。检测结果仅对本次检测项目负责。
5. 未经本公司书面批准，不得部分复制本报告。本公司不对部分摘录或引用本报告的有关数据造成的后果负责。
6. 本报告未经本公司同意，不得以任何方式作广告宣传。
7. 受检单位对本检测报告持有异议，请于收到报告之日起十五日内向本公司提出复核申请，逾期不予受理。
8. 本报告一式叁份，客户方贰份，本公司留存壹份。

联系方式

单位地址：广州市黄埔区科学大道 111 号主楼 807、809 房

邮编：510663

电话：020—84789907

邮箱：zhh@gzradiate.com

公司网站：www.gzradiate.com



检测报告

一、检测信息

受检单位:	中国科学院深圳先进技术研究院			
受检地址:	深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号			
样品类型:	LiF (Mg, Cu, P) 圆片	样品数量:	24 组 (含本底)	
收样日期:	2024 年 4 月 30 日	检测日期:	2024 年 5 月 11 日	
检测项目:	外照射个人剂量监测	收样方式:	快递	
检测依据:	GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》			
主要 检测仪器:	设备编号	型号	设备名称	出厂编号
	GDRD-YQ-025	RTL182	双通道热释光剂量仪	20181002-1

检测结果说明:

1. 调查水平参考值=5*(T2-T1)/365mSv, 其中 T1, T2 分别为监测起止日期。
2. 评价指标参照 GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》, 任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射剂量不超过以下限制:
 - (1) 连续 5 年内年均有效剂量, 20mSv。
 - (2) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

编制人: 赵宇智审核人: 张群签发人: Frank签发日期: 2024.5.12

检测报告

二、检测结果

序号	姓名	样品编号	科室	佩戴时间	剂量当量 Hp(10)(mSv)
1	朱子尧	24-01-06-01	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
2	帖长军	24-01-06-02	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
3	邝忠华	24-01-06-03	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
4	任宁	24-01-06-04	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
5	吴颖桐	24-01-06-05	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
6	杨文耀	24-01-06-06	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
7	高必敏	24-01-06-07	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
8	梁建辉	24-01-06-08	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
9	黄翠珊	24-01-06-09	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
10	金增光	24-01-06-10	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
11	刘勇	24-01-06-11	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
12	谢高生	24-01-06-12	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
13	产银萍	24-01-06-13	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
14	李云龙	24-01-06-14	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
15	陈慧雯	24-01-06-15	/	2024-01-07 至 2024-04-06	0.07
16	洪序达	24-01-06-16	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
17	葛永帅	24-01-06-17	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
18	梁松林	24-01-06-18	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
19	张雪映	24-01-06-19	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
20	牛超群	24-01-06-20	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL

21	李玲	24-01-06-21	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
22	李乐群	24-01-06-22	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL
23	李文豪	24-01-06-23	/	2024-01-07 至 2024-04-06	<MDL

说明：

1. 本报告所出示的剂量当量值已扣除本底值；
2. 本实验室个人剂量监测系统的最低探测水平(MDL)为 0.05mSv, 低于此值的监测结果记录为<MDL; 为便于职业照射统计, 在相应的剂量档案中记录为 MDL 值的一半, 即 0.03mSv。

(以下无正文)



广东瑞迪检测技术有限公司

检测报告

项目编号: GDRD/TR-PD-23-0241-05

受检单位: 中国科学院深圳先进技术研究院

检测对象: TLD 元件


检测项目: 外照射个人剂量监测

监测类型: 常规监测

报告日期: 2024年8月14日



声 明

1. 本报告依据国家有关法规、标准、协议和技术文件进行。本公司保证检测工作的公正性、独立性、诚实性和可靠性，对检测的数据负责。
2. 本公司对受检单位和委托方的检测样品、技术资料及检测报告等严格保密并保护其所有权。
3. 本报告无检测人（或编制人）、审核人、签发人签名无效；报告中有涂改或未盖本公司检验检测专用章、无骑缝章无效，无计量认证  章无效。
4. 委托现场检测仪对委托单位现场实际状况负责，委托送样检测仪对来样负责。检测结果仅对本次检测项目负责。
5. 未经本公司书面批准，不得部分复制本报告。本公司不对部分摘录或引用本报告的有关数据造成的后果负责。
6. 本报告未经本公司同意，不得以任何方式作广告宣传。
7. 受检单位对本检测报告持有异议，请于收到报告之日起十五日内向本公司提出复核申请，逾期不予受理。
8. 本报告一式叁份，客户方贰份，本公司留存壹份。

联系方式

单位地址：广州市黄埔区科学大道 111 号主楼 807、809 房

邮编：510663

电话：020—84789907

邮箱：zhh@gzradiate.com

公司网站：www.gzradiate.com



检测报告

一、检测信息

受检单位:	中国科学院深圳先进技术研究院			
受检地址:	深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号			
样品类型:	LiF (Mg, Cu, P) 圆片	样品数量:	21 组 (含本底)	
收样日期:	2024 年 8 月 5 日	检测日期:	2024 年 8 月 9 日	
检测项目:	外照射个人剂量监测	收样方式:	快递	
检测依据:	GBZ 128-2019 《职业性外照射个人监测规范》			
主要 检测仪器:	设备编号	型号	设备名称	出厂编号
	GDRD-YQ-033	RTL182	双通道热释光剂量仪	20181002-1

检测结果说明:

1. 调查水平参考值=5* (T2-T1) /365mSv, 其中 T1, T2 分别为监测起止日期。
2. 评价指标参照 GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》, 任何放射工作人员, 在正常情况下的职业照射剂量不超过以下限制:
 - (1) 连续 5 年内年均有效剂量, 20mSv。
 - (2) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

编制人:

赵宇智

审核人:

林群

签发人:

Frank

签发日期:

2024 8.14

检测报告

二、检测结果

序号	姓名	样品编号	科室	佩戴时间	剂量当量 Hp(10)(mSv)
1	朱子尧	24-04-04-01	/	2024-04-07 至 2024-07-06	0.06
2	帖长军	24-04-04-02	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
3	邝忠华	24-04-04-03	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
4	任宁	24-04-04-04	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
5	杨文耀	24-04-04-06	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
6	高必敏	24-04-04-07	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
7	梁建辉	24-04-04-08	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
8	黄翠珊	24-04-04-09	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
9	金增光	24-04-04-10	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
10	刘勇	24-04-04-11	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
11	谢高生	24-04-04-12	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
12	产银萍	24-04-04-13	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
13	李云龙	24-04-04-14	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
14	陈慧雯	24-04-04-15	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
15	洪序达	24-04-04-16	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
16	葛永帅	24-04-04-17	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
17	梁松林	24-04-04-18	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
18	张雪映	24-04-04-19	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
19	牛超群	24-04-04-20	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL
20	李玲	24-04-04-21	/	2024-04-07 至 2024-07-06	<MDL

广东瑞迪检测技术有限公司

编号: GDRD/TR-PD-23-0241-05

说明:

1. 本报告所出示的剂量当量值已扣除本底值;
2. 本实验室个人剂量监测系统的最低探测水平(MDL)为 0.05mSv, 低于此值的监测结果记录为<MDL; 为便于职业照射统计, 在相应的剂量档案中记录为 MDL 值的一半, 即 0.03mSv。

(以下无正文)

11

附件 9：环境现状检测报告



分析检测报告

报告批号： 2024-1158

委托单位： 中国科学深圳先进技术研究院

样品类别： 土壤

样品数量： 2

报告日期： 2024年08月30日



核工业二三〇研究所
分析检测报告

报告批号: 2024-1158

共 2 页 第 1 页

1 基础信息

委托单位名称	中国科学深圳先进技术研究院		
项目名称	—		
客户地址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1068号		
样品类别	土壤	样品数量	2
检测类别	委托检测	委托日期	2024-08-23
样品来源	委托方送样	是否分包	否
检测项目	总 α 、总 β 、碘-131共三项		

2 检测方法及仪器设备

检测项目	分析方法	仪器名称/型号	检出限
总 α	参照 EJ/T 1075-1998《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》	低本底 α 、 β 测量仪/MFC-9604	39.1Bq/kg
总 β	参照 EJ/T 900-1994《水中总 β 放射性测定 蒸发法》	低本底 α 、 β 测量仪/MFC-9604	17.8Bq/kg
碘-131	GB/T 11713-2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》	高纯锗 γ 能谱仪/GEM100-95	0.15Bq/kg
意见和解释	检测结果低于检出限, 用“<检出限”表示。		

编制: 赵思琪 审核: 李源 签发: 邵春明

核工业二三〇研究所
检测报告

报告批号：2024-1158

共 2 页 第 2 页

序号	统一编号	样品原号	样品性质	检测结果	
				Bq/kg	统计
1	241158-0001	回廊加速器机房上方绿化带	土壤	1123.6	统计-131
2	241158-0002	光明生命科学科技园D栋绿化带	土壤	1083.6	统计-131

以下空白





深圳市瑞达检测技术有限公司

检测报告

SZRD2024XHJ0347

检测内容: 环境γ辐射剂量率

委托单位: 中国科学院深圳先进技术研究院

检测日期: 2024年8月30日



编制: 刘金菊


审核: 周丰

签发: 高零

签发日期: 2024年09月13日



说 明

1. 本公司电子版检测报告中使用经系统认证的电子签章，与纸质版检测报告具有同等的法律效力；电子版检测报告原件可通过扫描封面上的二维码进行查阅；
2. 报告的组成包括封面、说明、正文及签字；
3. 报告未加盖“深圳市瑞达检测技术有限公司检验检测专用章”无效；多页报告未盖骑缝章无效；报告签署位置未盖章无效；
4. 报告无编制、审核、签发者签名无效；报告涂改无效；部分复印无效；
5. 如报告中存在偏离标准方法等情况时，应在报告中提供偏离情况的信息；
6. 抽（采）样按《抽（采）样管理程序》执行；抽（采）样过程中存在可能影响检测结果解释的环境条件及采（抽）样方法偏离标准或规范等情况时，应在报告中提供上述偏离情况的信息；
7. 对委托方自行抽（采）样送检的样品，其样品及样品信息均由委托方提供，我司不对样品及样品信息的真实性及完整性负责，本报告仅对送检样品负责；
8. 未加盖  资质认定标志的报告，不具有对社会的证明作用；
9. 委托方如对报告有异议，请在收到报告后 15 天内以书面形式向本机构提出，逾期不予受理。

检验检测机构名称：深圳市瑞达检测技术有限公司

检验检测机构地址：深圳市龙华区大浪街道高峰社区华荣路乌石岗工业区 3 栋 1 层-2 层

邮政编号：518131

业务电话：(0755) 86087410

投诉电话：(0755) 86665710

报告编号: SZRD2024XHJ0347

深圳市瑞达检测技术有限公司 检测报告

一、基本信息

委托单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院		
受检单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院		
受检单位地址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号		
检测地点	深圳市光明科学城先行启动区(光明区永创路与羌下一路交叉口)		
项目编号	RD2120248108-0002		
检测方式	即时测量		
检测项目	环境γ辐射剂量率		
检测依据	HJ 1157-2021《环境γ辐射剂量率测量技术规范》		
检测时间	2024年8月30日10时37分~2024年8月30日12时19分		
检测人员	陈旭、邓勇		
温度(°C)	21.4	湿度(Rh%)	58.2

二、主要检测仪器

名称	型号	编号	检定证书编号	检定日期
环境 X、γ剂量率 测量仪	SCK-200+SCK-200-EN	22000+22001	2023H21-20-4877174001	2023年10月11日

注: 检定证书的有效期为1年。

三、检测结果

序号	检测点位置	地面介质	检测结果 (nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
1	一层 PET/CT 扫描间 2 (核医学实验场所内)	地胶	162	2	楼房内
2	一层 PET/MRI 扫描间 1 (核医学实验场所内)	地胶	116	2	楼房内
3	一层 D128a 号房 (核医学实验场所内)	地胶	120	3	楼房内
4	一层过道 (核医学实验场所内)	瓷砖	123	1	楼房内

(转下页)

报告编号: SZRD2024XHJ0347

(接上页)

序号	检测点位置	地面介质	检测结果 (nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
5	一层过道 (核医学实验场所内)	地胶	123	2	楼房内
6	一层过道 (核医学实验场所内)	瓷砖	107	2	楼房内
7	一层候诊室 (核医学实验场所内)	地胶	117	1	楼房内
8	一层过道 (核医学实验场所内)	地胶	116	2	楼房内
9	一层移动MRI扫描间 (核医学实验场所内)	地胶	164	2	楼房内
10	一层3T控制室 (核医学实验场所内)	地胶	163	2	楼房内
11	一层更衣室4 (核医学实验场所内)	瓷砖	173	2	楼房内
12	一层控制室 (核医学实验场所内)	地胶	158	4	楼房内
13	一层货梯间 (核医学实验场所西侧约6m)	瓷砖	162	1	楼房内
14	一层污梯间 (核医学实验场所北侧约6m)	瓷砖	144	1	楼房内
15	一层过道 (核医学实验场所东北侧约9.4m)	瓷砖	163	2	楼房内
16	一层过道 (核医学实验场所东北侧约1m)	地胶	180	2	楼房内
17	一层控制室 (核医学实验场所东北侧约6m)	瓷砖	181	2	楼房内
18	一层MICRO-CT室 (核医学实验场所东南侧约2m)	地胶	172	2	楼房内
19	一层过道 (核医学实验场所东南侧约6m)	瓷砖	162	2	楼房内
20	一层X光机控制室 (核医学实验场所东南侧约6m)	地胶	181	1	楼房内
21	一层过道 (核医学实验场所东南侧约16m)	地胶	181	1	楼房内
22	一层洗涤间 (核医学实验场所东南侧约16m)	地胶	178	3	楼房内
23	一层过道 (核医学实验场所东南侧约15m)	地胶	145	2	楼房内
24	一层刺激器室 (核医学实验场所东南侧约15m)	地胶	175	2	楼房内

(转下页)

报告编号: SZRD2024XHJ0347

(接上页)

序号	检测点位置	地面介质	检测结果 (nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
25	一层过道(核医学实验场所东南侧约 20m)	瓷砖	153	1	楼房内
26	一层空调机房(核医学实验场所东南侧约 25m)	混凝土	172	2	楼房内
27	一层过道(核医学实验场所东南侧约 27m)	瓷砖	174	3	楼房内
28	一层过道(核医学实验场所东南侧约 28m)	瓷砖	164	2	楼房内
29	一层过道(核医学实验场所东南侧约 31m)	瓷砖	143	2	楼房内
30	一层过道(核医学实验场所东南侧约 34m)	瓷砖	153	2	楼房内
31	一层过道(核医学实验场所东南侧约 35m)	瓷砖	153	2	楼房内
32	一层空调机房(核医学实验场所东南侧约 43m)	瓷砖	182	1	楼房内
33	负一层回旋加速器机房(回旋加速器制药场所内)	地胶	155	2	楼房内
34	负一层操作室 1(回旋加速器制药场所内)	地胶	127	2	楼房内
35	负一层热室(回旋加速器制药场所内)	地胶	132	2	楼房内
36	负一层全检质控室(回旋加速器制药场所内)	地胶	153	1	楼房内
37	负一层实验室(回旋加速器制药场所东南侧约 12m)	地胶	143	1	楼房内
38	负一层华为立体机房(回旋加速器制药场所东南侧约 53m)	瓷砖	144	2	楼房内
39	负一层组织样品处理间(回旋加速器制药场所东南侧约 14m)	地胶	135	2	楼房内
40	负一层总装测试区 1(回旋加速器制药场所东南侧约 56m)	地胶	144	2	楼房内
41	负一层总装测试区 2(回旋加速器制药场所东南侧约 60m)	地胶	164	2	楼房内
42	负一层笼具间(回旋加速器制药场所东南侧约 30m)	地胶	162	2	楼房内
43	负一层类脑材料加工检测室(回旋加速器制药场所东南侧约 62m)	地胶	154	2	楼房内

(转下页)

报告编号: SZRD2024XHJ0347

(接上页)

序号	检测点位置	地面介质	检测结果 (nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
44	负一层大动物尸体灭活间 (回旋加速器制药场所东侧约 17m)	地胶	154	2	楼房内
45	负一层清洗后区 (回旋加速器制药场所东南侧约 33m)	地胶	108	1	楼房内
46	负一层小动物尸体存放间 (回旋加速器制药场所东侧约 16m)	钢板	162	1	楼房内
47	负一层卸货区 (回旋加速器制药场所东北侧约 43m)	地胶	98	1	楼房内
48	负二层衰变池	混凝土	144	1	楼房内
49	负二层过道 (衰变池西南侧约 1m)	混凝土	156	2	楼房内
50	负二层实验室废水处理机房 (衰变池西北侧约 7m)	混凝土	163	2	楼房内
51	负二层实验室废水处理机房 (衰变池东北侧约 2m)	混凝土	164	2	楼房内
52	负二层停车位 (衰变池东南侧约 3m)	混凝土	163	1	楼房内
53	负二层停车位 (衰变池东南侧约 3m)	混凝土	161	2	楼房内
54	二层污梯 (核医学实验场所楼上)	瓷砖	179	2	楼房内
55	二层机房 (核医学实验场所楼上)	混凝土	153	2	楼房内
56	二层过道 (核医学实验场所楼上)	瓷砖	182	1	楼房内
57	二层水迷宫室 3 (核医学实验场所楼上)	地胶	174	1	楼房内
58	二层洗消间 (核医学实验场所楼上)	地胶	101	1	楼房内
59	二层办公室 4 (核医学实验场所楼上)	地胶	172	3	楼房内
60	二层饲养间 1 (核医学实验场所楼上)	地胶	110	1	楼房内
61	二层行为实验室 1 (核医学实验场所楼上)	地胶	171	1	楼房内
62	二层脑电实验室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	163	2	楼房内
63	二层饲养间 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	163	2	楼房内

(转下页)



报告编号: SZRD2024XHJ0347

(接上页)

序号	检测点位置	地面介质	检测结果 (nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
64	二层设备间 3 (核医学实验场所楼上)	地胶	163	2	楼房内
65	二层办公室 3 (核医学实验场所楼上)	地胶	182	1	楼房内
66	二层 EEG-IDCS 实验室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	179	2	楼房内
67	二层动物手术室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	171	2	楼房内
68	二层行为学实验室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	168	3	楼房内
69	二层光镜实验室 5 (核医学实验场所楼上)	地胶	173	2	楼房内
70	二层流式细胞仪中心 (核医学实验场所楼上)	地胶	177	2	楼房内
71	二层质谱室 (核医学实验场所楼上)	地胶	170	4	楼房内
72	二层经颅磁刺激实验室 2 (核医学实验场所楼上)	地胶	180	2	楼房内
73	二层光镜实验室 10 (核医学实验场所楼上)	地胶	164	2	楼房内
74	二层形态学样品制备中心 (核医学实验场所楼上)	地胶	173	2	楼房内
75	二层过道 (核医学实验场所楼上)	瓷砖	165	2	楼房内
76	D 栋东北侧约 10m 处室外过道	瓷砖	144	4	道路
77	D 栋东北侧约 45m 处室外过道	瓷砖	128	2	道路
78	D 栋东北侧约 100m 处室外过道	瓷砖	138	2	道路
79	D 栋东侧约 10m 处室外过道	瓷砖	138	2	道路
80	D 栋东侧约 45m 处室外过道	瓷砖	128	2	道路
81	D 栋东南侧约 77m 处室外过道	瓷砖	166	2	道路
82	D 栋东南侧约 105m 处室外过道	瓷砖	138	2	道路
83	D 栋东南侧约 50m 处绿化带	土壤	139	2	道路
84	D 栋东南侧约 100m 处道路	沥青	100	2	道路

(转下页)

报告编号: SZRD2024XHJ0347

(接上页)

序号	检测点位置	地面介质	检测结果 (nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
85	D 栋东南侧约 85m 处室外过道	沥青	93	3	道路
86	D 栋南侧约 110m 处道路	沥青	101	2	道路
87	D 栋南侧约 120m 处道路	沥青	99	2	道路
88	D 栋西南侧约 2m 处绿化带	土壤	80	2	道路
89	D 栋西南侧约 35m 处道路	沥青	81	2	道路
90	D 栋西南侧约 2m 处绿化带	土壤	90	2	道路
91	D 栋西南侧约 35m 处道路	沥青	93	2	道路
92	D 栋北侧约 3m 处室外过道	瓷砖	99	2	道路
93	一层过道(核医学实验场所内)	瓷砖	182	1	楼房内
94	负一层暂存间 2 (回旋加速器制药场所东北侧约 17m)	地胶	144	1	楼房内

四、备注

1. 以上检测结果扣除宇宙射线的响应部分, 均在距地面 1m 测得;
2. 仪器测量结果为空气比释动能率, 单位为 nGy/h;
3. 测量结果参照 HJ 1157-2021 的方法处理得出:

$$\dot{D}_y = k_1 \times k_2 \times R_y - k_3 \times \dot{D}_c$$

\dot{D}_y ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值, Gy/h;

k_1 ——仪器检定因子, 0.96;

k_2 ——仪器检验源效率因子, 本仪器无检验源, 该值取 1;

R_y ——仪器测量读数均值 (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393, 使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源时, 换算系数分别取 1.20Sv/Gy), Gy/h;

k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子, 楼房取 0.8, 道路取 1;

\dot{D}_c ——测点处宇宙射线响应值, nGy/h。

(转下页)

(接上页)

五、检测布点示意图

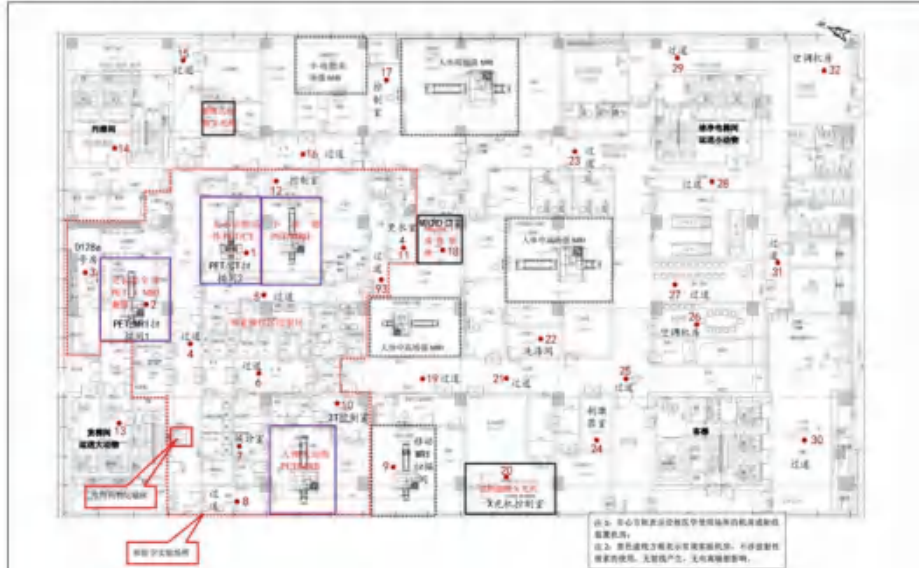


图1 D栋一层布点图

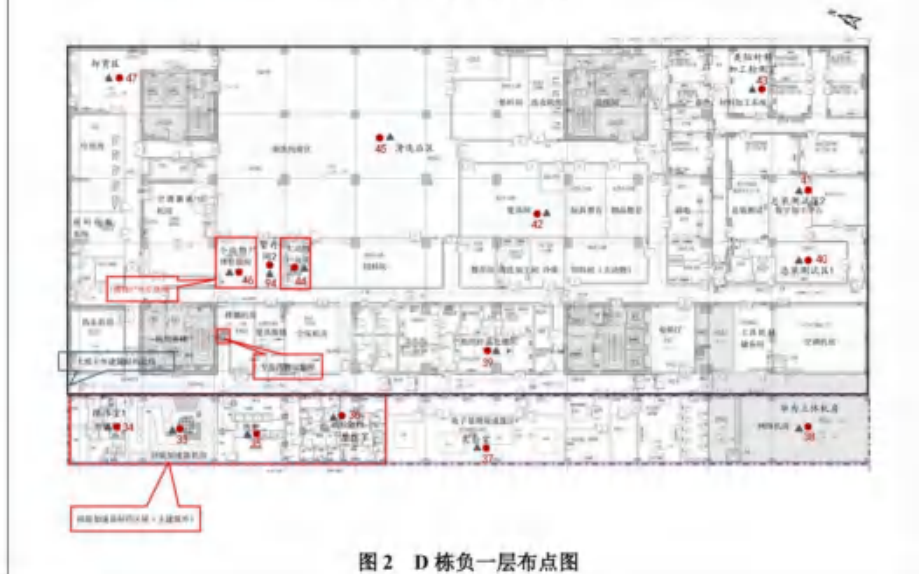


图2 D栋负一层布点图

(转下页)

(接上页)

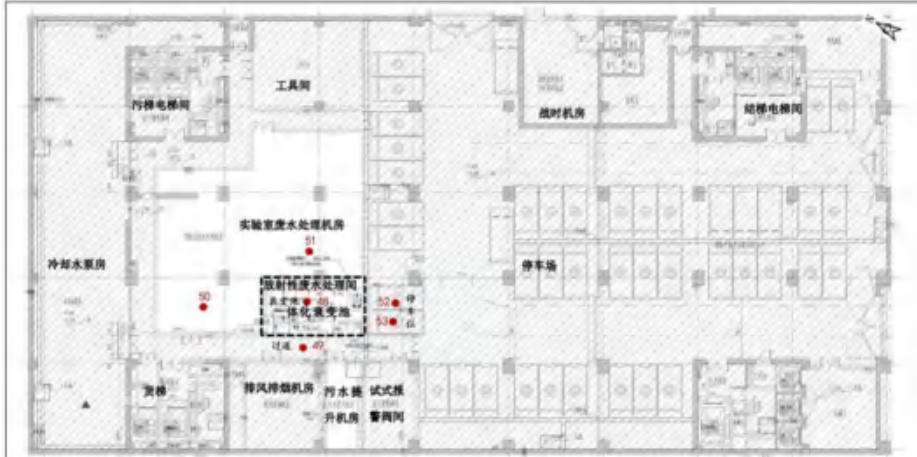


图3 D栋负二层布点图

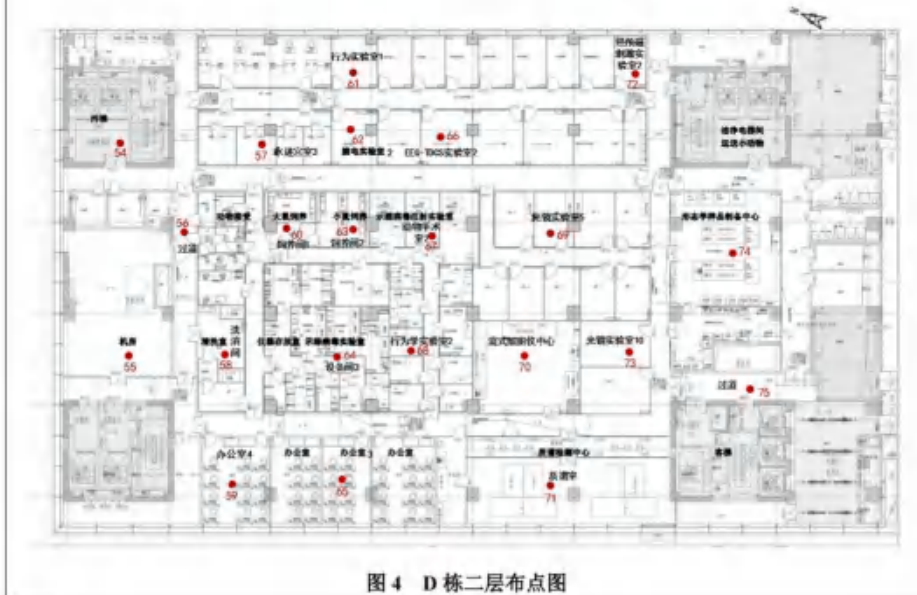
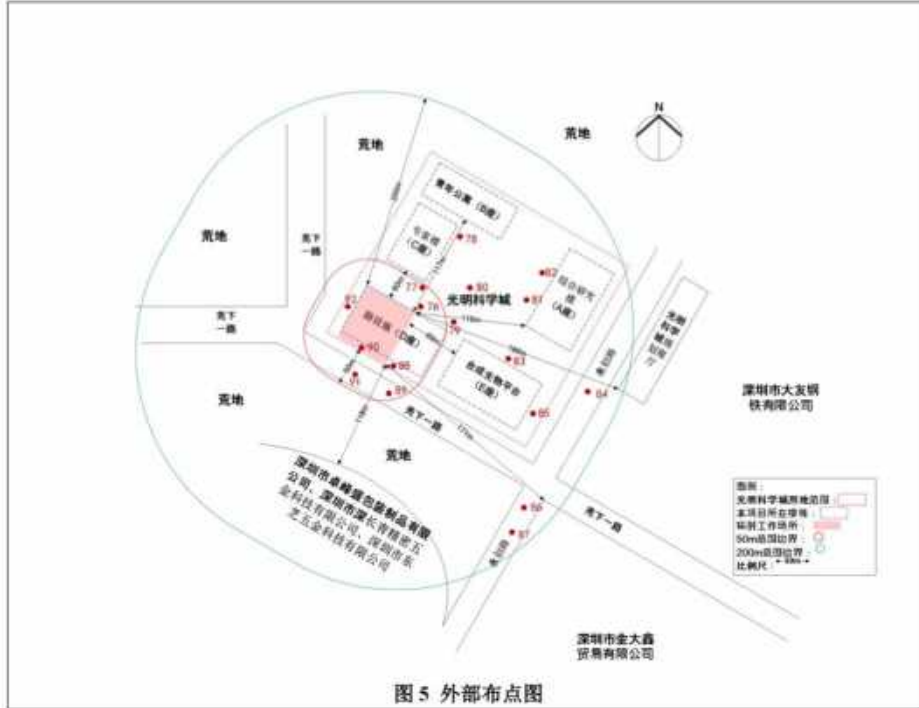


图4 D栋二层布点图

(转下页)

公司 logo

(接上页)



(以下正文空白)

附件 10：小动物 PET/CT 检测报告



中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L0194

检测报告编号：
Test report series No.:

2023H00-30-4473658001



上海市计量测试技术研究院
SHANGHAI INSTITUTE OF MEASUREMENT AND TESTING TECHNOLOGY
华东国家计量测试中心
NATIONAL CENTER OF MEASUREMENT AND TESTING FOR EAST CHINA
中国上海测试中心
NATIONAL CENTER OF TESTING TECHNOLOGY, SHANGHAI

检测报告

Test Report

委托者 Customer	山东麦德盈华科技有限公司
联络信息 Contact information	山东省临沂市郯城县李庄镇高创路1号
样品名称 Name of sample	自屏蔽多模态小动物PET/SPECT/CT成像设备
制造厂 Manufacturer	山东麦德盈华科技有限公司
型号/规格 Model/Specification	MadidLAB PSA
样品编号 No. of sample	146-2023001



批准人
Approved by

陆进

核验员
Checked by

肖瑶

检测员
Tested by

王鹏德

发布日期
Issue date

2023

年
Year

03

月
Month

15

日
Day



地址：上海市张衡路1500号(总部)
Address No. 1500 Zhangheng Road, Shanghai (headquarter)

电话：021-38839800
Tel.

传真：021-50798390
Fax

邮编：201203
Post Code

客户咨询电话：800-820-5172
Inquire line

投诉电话：021-50798262
Complaint line

未经本院/中心批准，部分采用本证书内容无效。
Partly using this report will not be admitted unless allowed by SIMT.

第 1 页 共 4 页
Page 1 of total 4 page



中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L0134

检测报告编号:
Test report series No.

2023H00-30-4473658001



国家法定计量检定机构计量授权证书号(中心/院):(国)法计(2022)01039号/(2022)01019号
The number of the Certificate of Metrological Authorization to The Legal Metrological Verification Institution is No. (2022) 01039 No. (2022) 01019

本次检测所依据的技术规范(代号、名称):
Reference documents for the test (code, name)

参照 GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

本次检测所使用的主要测量仪器:
Main measurement instruments used in this test

名称 Name	编号 Number	测量范围 Measurement range
便携式X、γ辐射周围剂量当量率仪	2546	$(1 \times 10^{-3} \sim 1) \text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$
/	/	/

其他检测信息:
Test information

地点: 山东省临沂市郯城县李庄镇高创路1号核医学测试1#间
Location
温度: 26.0℃ 湿度: 25%RH 其他: 气压: 102.0kPa
Lab test temperature Humidity Others
受检方式 客户现场(非抽样) 样品状态描述 正常
Way for receipt Status of sample
受检日期 2023年03月03日 检测日期 2023年03月03日
Received date Date for test

备注: /
Note:

本报告提供的结果仅对本次被测的样品有效。
The data are valid only for the sample(s).

检测报告续页专用
Continued page of test report

第 2 页 共 4 页
Page of total page s.

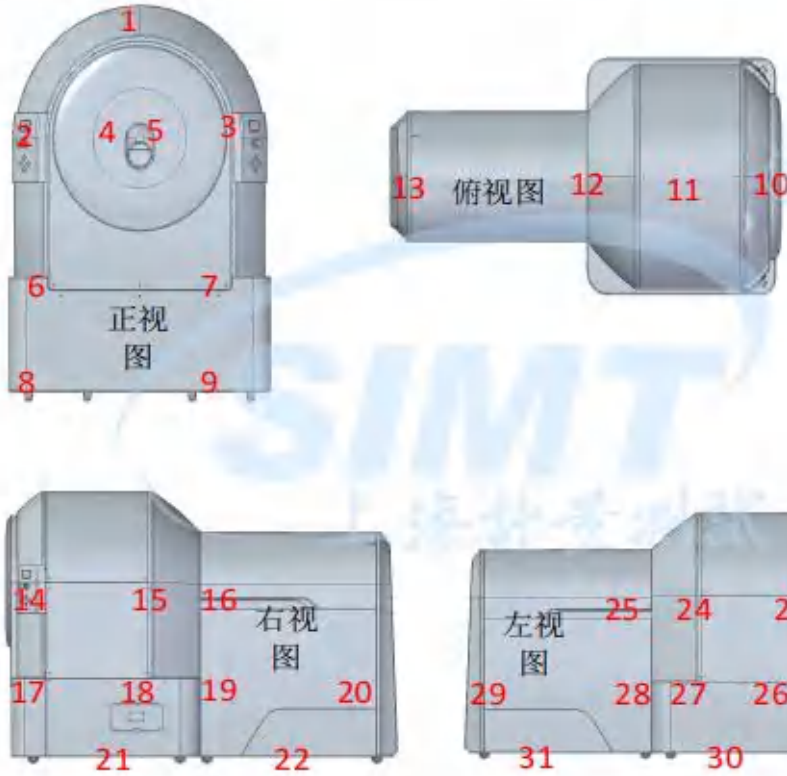


检测结果/说明:

Results of test and additional explanation:

检测条件: 最大管电压80kV, 最大管电流0.7mA。

检测点: 位于该仪器工作箱距外表面约10cm, 具体分布见下图。



试放
专用

(见续页)



中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L0194

检测报告编号: 2023H00-30-4473658001

Test report series No.



检测结果/说明:

Results of test and additional explanation:

检测点位置	测得值 ($\mu\text{Sv/h}$)
本底	0.29
1	0.30
2	0.30
3	0.30
4	0.27
5	0.28
6	0.76
7	0.33
8	0.30
9	0.29
10	0.60
11	0.72
12	0.28
13	0.33
14	0.81
15	0.29
16	0.28
17	0.30
18	0.49
19	0.25
20	0.32
21	0.29
22	0.29
23	0.31
24	0.30
25	0.30
26	0.30
27	0.50
28	0.29
29	0.32
30	0.29
31	0.29



检测结果显示: 在该工作条件下, 距该成像设备表面约10cm处的X射线周围剂量当量率小于 $1\mu\text{Sv/h}$, 符合中华人民共和国国家标准GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于射线装置豁免的剂量限值的相关规定。

检测结果内容结束

建设项目环境影响报告书审批基础信息表

填表单位（盖章）：		中国科学院深圳先进技术研究院				填表人（签字）：		项目经办人（签字）：				
建设 项目	项目名称	深圳市麒麟析与脑模拟重大科技基础设施使用小动物PET/CT建设项目				建设内容		新增1台小动物PET/CT，并安装在第一层核医学实验场所大小动物PET/CT机房中使用C-11、N-13、O-15、F-18、Ga-68五种放射性核素进行小动物显像检查研究。				
	项目代码	无										
	环评信用平台项目编号	j14301										
	建设地点	广东省深圳市光明区科学城先行启动区（光明区永创路与美下一路交叉点）				建设规模		在大小动物PET/CT机房中增加一台小动物PET/CT使用F-18、C-11、N-13、O-15、Ga-68五种放射性物质用于小动物显像检查研究。				
	项目建设周期（月）	3.0				计划开工时间		2024年11月				
	建设性质	改、扩建				预计投产时间		2025年2月				
	环境影响评价行业类别	172 核技术利用建设项目				国民经济行业类型及代码		7340 医学研究和试验发展				
	现有工程排污许可证或排污登记表编号（改、扩建项目）	现有工程排污许可管理类别（改、扩建项目）		不需开展		项目申请类别		新申项目				
	规划环评开展情况	不需开展				规划环评文件名						
	规划环评审查机关					规划环评审查意见文号						
建设地点中心坐标（非线性工程）	经度	113.963821	纬度	22.809340	占地面积（平方米）	616	环评文件类别	环境影响报告表				
建设地点坐标（线性工程）	起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度（千米）			
总投资（万元）	1250.00				环保投资（万元）		50.00		所占比例（%）	4.00%		
建设 单位	单位名称	中国科学院深圳先进技术研究院		法定代表人	吴剑之		单位名称		深圳市瑞达检测技术有限公司		统一社会信用代码	9144030074380567M
	统一社会信用代码（组织机构代码）	121000007178261921		主要负责人	林泽		编制主持人		姓名		孔小燕	
	通讯地址	广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道1066号				联系电话		信用编号		0M008213		联系电话
								职业资格证书管理号		2017035440352015 449921000543		
								通讯地址		深圳市龙华区大浪街道高峰社区华荣路乌石岗工业区3栋1层-2层		
污 染 物 排 放 量	污染物		现有工程（已建+在建）		本工程（拟建或调整变更）		总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）				区域削减来源（国家、省级审批项目）	
			①排放量（吨/年）	②许可排放量（吨/年）	③预测排放量（吨/年）	④“以新带老”削减量（吨/年）	⑤区域平衡替代本工程削减量（吨/年）	⑥预测排放总量（吨/年）	⑦排放增减量（吨/年）			
	废 水	废水量（万吨/年）										
		COD										
		氨氮										
		总磷										
		总氮										
		铅										
		汞										
		镉										
		铬										
		其他特征污染物										
	废 气	废气量（万标立方米/年）										
		二氧化硫										
		氮氧化物										
		颗粒物										
		挥发性有机物										
		铅										
汞												
其他特征污染物												
影响及主要措施			名称	级别	主要保护对象（目标）	工程影响情况	是否占用	占用面积（公顷）	生态保护措施			
生态保护目标									避让 <input checked="" type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）			
生态保护红线												

