

核技术利用建设项目

中国科学院高能物理研究所

退役部件取样测试项目

环境影响报告书

(送审本)



中国科学院高能物理研究所 (盖章)

2026年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中国科学院高能物理研究所

退役部件取样测试项目

环境影响报告书

建设单位名称：中国科学院高能物理研究所

建设单位法人代表（签名或签章）：



曹俊

通讯地址：广东省东莞市大朗镇中子源路1号

邮政编码：523000

联系人：陈宇

电子邮箱：/

联系电话：0769-88931068

编制单位和编制人员情况表

项目编号	122m2v		
建设项目名称	中国科学院高能物理研究所退役部件取样测试项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	中国科学院高能物理研究所		
统一社会信用代码	12100000400012211J		
法定代表人 (签章)	曹俊		
主要负责人 (签字)	殷雯		
直接负责的主管人员 (签字)	李治多		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中国核动力研究设计院		
统一社会信用代码	12100000450716858P		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
胡伟	06355143505510306	BH022345	胡伟
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
高天宇	第三、五章	BH073274	高天宇
胡伟	第一、八章	BH022345	胡伟
彭剑飞	第二、六章	BH016878	彭剑飞
周虎	第四、七章	BH051130	周虎

附图目录.....	VII
附件目录.....	VIII
第一章 概 述.....	1
1.1 项目名称、地点.....	1
1.1.1 项目名称.....	1
1.1.2 建设地点.....	1
1.2 项目概况.....	1
1.2.1 建设单位概况.....	1
1.2.2 项目由来.....	2
1.2.3 项目基本情况.....	5
1.2.4 产业政策符合性.....	8
1.2.5 规划符合性分析.....	8
1.2.6 “三线一单”生态环境分区管控方案相符性分析.....	17
1.2.7 项目所在地周边环境简述.....	29
1.2.8 核技术利用及辐射安全管理现状.....	32
1.2.9 拟建项目与现有项目的依托关系.....	42
1.3 编制依据.....	42
1.3.1 国家相关法律.....	42
1.3.2 国家相关行政法规、条例.....	42
1.3.3 部门规章、规范性文件.....	43
1.3.4 技术规范和标准.....	43
1.3.5 与项目有关的文件、资料.....	44
1.4 评价标准.....	44
1.4.1 放射性评价标准.....	44
1.4.2 非放射性评价标准.....	45
1.5 评价等级.....	48

1.6 评价范围和保护目标	49
1.6.1 评价范围	49
1.6.2 保护目标	51
第二章 自然环境与社会环境状况	53
2.1 自然环境状况	53
2.1.1 地理位置	53
2.1.2 地形、地貌	53
2.1.3 地质、地震	53
2.1.4 水文概况	54
2.1.5 气候气象	54
2.1.6 植被概况	55
2.2 社会经济状况	56
2.2.1 行政区划	56
2.2.2 人口	56
2.2.3 经济发展状况	56
2.2.3 文化教育	57
2.3 环境质量和辐射现状	57
2.3.1 非放射性环境质量现状	57
2.3.2 辐射环境质量现状	62
2.4 场址适宜性评价	96
第三章 工程分析与源项	97
3.1 项目规模与基本参数	97
3.1.1 项目现有工程概况	98
3.1.2 项目改扩建内容	100
3.1.3 项目操作的核素情况	106
3.1.4 项目涉及核素的基本参数及理化性质	112
3.1.5 工作场所分级	115
3.2 工程设备与工艺分析	119
3.2.1 工程设备及主要原辅料消耗	119

3.2.2 工艺分析	127
3.2.3 人流物流路径规划	142
3.3 污染源项	142
3.3.1 施工期污染源项	142
3.3.2 运营期污染源项	144
3.4 废弃物	153
3.4.1 放射性废弃物	153
3.4.2 非放射性废弃物	159
第四章 辐射安全与防护	97
4.1 场所布局与屏蔽	161
4.1.1 场所布局	161
4.1.2 屏蔽设计	164
4.2 辐射安全与防护措施	169
4.2.1 操作过程中的辐射安全与防护措施	169
4.2.3 安全保卫措施	172
4.2.4 辐射安全与防护措施要求对照分析	173
4.3 三废的治理	174
4.3.1 放射性污染物治理措施	174
4.3.2 非放污染物治理措施	178
4.4 服务期满后的环境保护措施	179
4.4.1 设计阶段对退役实施的考虑	179
4.4.2 退役环保措施	179
第五章 环境影响分析	181
5.1 建设阶段对环境的影响	181
5.1.1 施工期废气环境影响分析	181
5.1.2 施工期废水及其环境影响	183
5.1.3 施工期噪声及其环境影响	184
5.1.4 施工期固体废物及其环境影响	185
5.2 运行阶段对环境的影响	186

5.2.1 场所辐射水平	186
5.2.2 人员受照剂量	201
5.2.3 非放射性环境影响	239
5.3 事故影响分析	242
5.3.1 事故分级	242
5.3.2 辐射事故识别	243
5.3.3 事故影响分析	243
5.3.4 事故预防措施	250
第六章 辐射安全管理	181
6.1 机构与人员	252
6.1.1 辐射安全与环境保护机构	252
6.1.2 辐射工作人员配备计划	253
6.2 辐射安全管理规章制度	254
6.3 辐射监测	255
6.3.1 个人剂量监测	255
6.3.2 工作场所监测	255
6.3.3 流出物监测	258
6.3.4 环境监测	258
6.4 辐射事故应急	259
6.4.1 应急响应机构	260
6.4.2 应急响应程序	262
6.4.3 应急物资与保障	263
6.4.4 应急培训与演练	264
第七章 利益-代价简要分析	266
7.1 利益分析	266
7.2 代价分析	267
7.3 正当性分析	268
第八章 结论与建议	270
8.1 项目工程概况	270

8.2 辐射安全与防护	270
8.3 环境影响分析	270
8.4 辐射安全管理	271
8.5 承诺	271
8.6 项目竣工验收检查内容及要求	272
8.6.1 项目竣工验收检查内容	272
8.6.2 项目竣工验收检查要求	273

附图目录

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目外环境关系图
- 附图 3 CSNS 厂区总平面布置图
- 附图 4-1 改造前靶站标高-13.395m 层平面图
- 附图 4-2 改造前靶站地下室平面图
- 附图 4-3 改造前靶站标高-8.37m 层平面
- 附图 4-4 改造前靶站标高-4.395m 层平面图
- 附图 4-5 改造前靶站热室剖面图
- 附图 5-1 改造后靶站标高-13.395m 层平面图
- 附图 5-2 改造后卫生通过间平面图
- 附图 6 改造后靶站谱仪大厅一层排风系统平面布置图

附件目录

- 附件 1 委托书
- 附件 2 国家发改委关于中国科学院国家重大科技基础设施升级改造项
目可行性研究报告的批复（发改高技〔2024〕1583 号）
- 附件 3-1 中华人民共和国环境保护部关于中国科学院高能物理研究所中国
散裂中子源项目环境影响报告书的批复（环审〔2010〕127 号）
- 附件 3-2 广东省生态环境厅关于中国散裂中子源二期工程核技术利用建设
项目环境影响报告书的批复（粤环审〔2023〕17 号）
- 附件 4-1 中国科学院高能物理研究所辐射安全许可证（国环辐证〔0041〕）
- 附件 4-2 中国科学院高能物理研究所东莞研究部辐射安全许可证（国环辐
证〔00431〕）
- 附件 5 东莞研究部技术安全办公室会议纪要（2025（技办例字 12 号））
- 附件 6-1 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心中国散裂中子源 2025 年度
环境辐射水平检测报告（FS2025049）
- 附件 6-2 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心退役靶项目辐射环境监测
报告（FS2025044）
- 附件 6-3 广东龙晟环保科技有限公司中国散裂中子源项目噪声环境监测报
告（LS-2022-ZS006）

第一章 概 述

1.1 项目名称、地点

1.1.1 项目名称

项目名称：退役部件取样测试项目。

建设单位：中国科学院高能物理研究所。

建设性质：改建。

1.1.2 建设地点

项目建设地点位于广东省东莞市大朗镇中子源路 1 号。中心位置为东经 $113^{\circ}54'59.72''$ ，北纬 $22^{\circ}52'9.17''$ 。

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况

中国科学院高能物理研究所（以下简称“高能所”）是我国从事高能物理、粒子天体物理、加速器物理与技术、射线技术与应用研究的综合性研究基地。其前身是创建于 1950 年的中国科学院近代物理研究所，后改称物理研究所、原子能研究所。1973 年，根据周恩来总理的指示，在原子能研究所一部的基础上组建高能所。建所以来，高能所开创并推动了中国的粒子物理实验、粒子天体物理实验、粒子加速器物理与技术、同步辐射和中子散射技术及应用等学科领域的研究和发展，培养了一批优秀科学家，取得了一批高水平研究成果，研发了许多高技术产品，为国家科技事业发展做出了重要贡献。

高能所现有职工 1500 余人，其中专业技术人员 1200 余人，包括中国科学院院士 6 人、中国工程院院士 1 人，各类领军人才及高层次研究骨干近百人，18 人在国际科学组织和学术刊物中担任重要职务。高能所下设实验物理中心、粒子天体物理中心、理论物理室、计算中心、加速器中心、多学科研究中心、核技术应用研究中心等 7 个研究单位，并在广东东莞和山东济南设有东莞研究部和济南研究部。

为加强中国散裂中子源工程的管理，2013 年高能所正式成立中国科学院高能物理研究所东莞分部，并于 2020 年更名为中国科学院高能物理研究所东莞研究部（以下简称“东莞研究部”）。东莞研究部位处广东省东莞市松山湖科学城，主要任务是推动散裂中子源项目建设和运行，为项目建设和运行提供管理、人员、服务等支撑，使其成为我国中子、质子多学科研究和应用中心、国际一流的大型多学科研究平台。东莞研究部的辐射工作人员共 646 人，另有在培的研究生 130 多人。

东莞研究部已于 2025 年 9 月 26 日取得生态环境部核发的辐射安全许可证（国环辐证[00431]，有效期至 2030 年 9 月 25 日，详见附件 4-2），许可范围为：使用 IV 类、V 类放射源；使用 I 类、II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

1.2.2 项目由来

中国散裂中子源（China Spallation Neutron Source，以下简称“CSNS”）是国家“十一五”期间重点建设的大科学装置，是国际前沿的高科技多学科应用的大型研究平台。装置于 2018 年 8 月正式通过国家验收并对用户开放，填补了我国在脉冲中子散射应用领域的空白。2020 年 2 月，CSNS 提前一年半达到束流功率 100kW 设计指标。CSNS 的高效稳定运行，为我国材料科学、生命科学、能源科学等方面的基础研究和高新技术发展提供了强大的研究手段，为我国解决众多领域的“卡脖子”问题提供了强有力的科技支撑。

靶体是中子产生的“源头”，靶体的可靠性和运行稳定性是散裂中子源高效运行的基础。高能质子轰击重金属靶体（包括钨靶片和靶容器等），在“生产”中子的同时释放大量热量，需要对靶体进行冷却。靶体在高温、冷却水高速冲刷、高辐照等环境作用下将面临严峻的考验。

辐照效应是靶体失效的重要原因。辐照效应微观上表现为原子离位，位错，孔洞等；宏观上表现为辐照硬化，辐照催化脆化，辐照肿胀等。根据 ISIS（英国散裂中子源）、SNS（美国散裂中子源）和 JSNS（日本散裂中子源）的运行数据，靶体的意外故障率都处于较高水平，且大都是由于靶材的辐照效应引起。因此，分析靶体的辐照效应，找出失效原因、降低靶体故障率、提高靶体运行效率是各

大散裂中子源靶面临的首要关键问题。此外，对靶体进行辐照后检测，获取靶关键材料的辐照后性能数据，可为 CSNS 高功率靶材的使用和国内同类型装置材料的选择提供依据。

CSNS 开展靶体辐照后测试有强烈的急切性。2020 年 9 月，CSNS 已成功更换靶体，退役后的靶急需开展分析，指导后续靶的设计优化，然而目前的靶站热室尚不具备条件进行靶材的辐照后测试能力。

慢化器是将质子打靶产生的高能中子慢化为可供谱仪进行中子散射实验研究所用低能中子的设备，反射体布置在慢化器周围，可以将部分未进入慢化器或穿过慢化器的快中子再反射回到慢化器中，以提高慢化器效率。慢化器和反射体是集慢化、反射和产生新中子的能力为一体的设备，它们均位于靶站中心。质子打靶产生的大量中子会对慢化器和反射体产生高强度的核辐照，会对慢化器和反射体的多种结构材料及功能材料产生非常强的辐照损伤。

对慢化器和反射体的材料进行辐照后的取样、分析和表征，可为评估慢化器和反射体的整体寿命提供关键科学依据。慢化器和反射体涉及的主要结构材料有铝、不锈钢、殷钢等，主要功能材料有钷、镉、铍等。根据相关文献报道，慢化器容器的铝合金基材以及焊缝在中子辐照后其组织内部会产生大量氦泡，进而导致强度和韧性下降，如何评估辐照后材料的机械性能，目前还缺少足够测试数据，需要对服役后的慢化器和反射体的铝容器和中子窗进行取样分析，才能得到准确数据。此外，慢化器中子窄化片中的钷金属作为中子吸收材料，起到调控中子输出谱形的目的，但是在长期服役过程中，其本身会有一定的燃耗，对辐照后的中子窄化片进行取样分析，是准确评估燃耗最直接的手段。

开展慢化器、反射体及中子窗的辐照后测试具有迫切的需求。CSNS 一期的慢化器和反射体即将退役，如何对其取样分析，需要提前考虑辐照条件下取样工装设计、测试设备布局及人员辐射防护等多方面的因素。而目前的靶站热室尚不具备条件进行慢化器和反射体辐照后取样分析和测试的能力。

靶站质子束窗是 CSNS 中的关键设备之一，安装位置位于加速器与靶站界面，起到隔离加速器高真空环境和靶站氦气环境的作用。质子束窗材料为 A15083，束窗厚度 2mm，高能质子通过质子束窗后会有大量的热沉积，需要通过冷却水对其冷却使其维持在材料规定的使用温度以下。质子束窗在高温、高湿和高辐射的

环境下工作面临严峻考验，一旦束窗失效将对整个装置产生严重影响且质子束窗维护更换工作特别复杂。

辐照效应是质子束窗产生失效的重要原因。辐照效应微观上表现为原子离位，位错，孔洞等；宏观上表现为辐照硬化，辐照催化脆化，辐照肿胀等。对与质子束窗在高辐照以及高温高湿环境下服役后的材料性能数据目前尚未掌握，只能通过国外相关机构获得的侧面数据支持和理论计算结果提前结束其服役寿命。因此对质子束窗进行辐照后性能测试，获取质子束窗材料的辐照后性能数据，可为 CSNS 质子束窗的更新设计和国内同类型装置材料的选择提供重要依据。

CSNS 开展质子束窗辐照后测试有强烈的急切性。2023 年 8 月，CSNS 已首次成功更换质子束窗，退役后的质子束窗急需开展分析，指导后续质子束窗的设计优化，目前的靶站热室尚不具备条件进行材料辐照后测试的能力。

综上所述，为了提高 CSNS 的运行效率，满足国内核材料领域的重大需求，需要对靶站热室进行改造升级，满足辐射后靶体、慢化器、反射体、中子窗和质子束窗等退役部件取样、分析与测试的要求。

为此，中国科学院编写了《国家重大科技基础设施更新改造项目可行性研究报告》，该可研报告已得到国家发展和改革委员会的批复（见附件 2，发改高技〔2024〕1583 号）。

本退役部件取样测试项目拟将东莞研究部 CSNS 园区靶站谱仪大厅（B7）的靶站热室区域改造为甲级非密封放射性物质工作场所。

本次改造主要内容如下：

①在靶站热室内新增 2 个气帐，气帐内新增退役部件取样、制样系统，在靶站热室内新增力学性能测试平台；对热室内配套设施进行改造。

②在靶站原氦设备间处新建样品处理热室，并在靶站热室靠样品处理热室一侧的墙开转运孔。

③在靶站原过渡间处增设卫生通过间。

本次改造场所前后变化情况见表 1.2-1。

本次改造是对靶站热室一层进行局部的改造优化，不新建建构物，不新增占地面积，本次改造涉及面积约 176m²；不改变靶室热室原有的换靶功能；本次改造新增了取样、制样、测试工艺设备。

表 1.2-1 场所改造变化情况

序号	改造前	改造后	变化情况
1	靶站热室	靶站热室	原有换靶功能不变；新增退役部件取样、制样、力学性能测试平台
2	靶站原氦设备间	样品处理热室	新建样品处理热室
3	靶站原过渡间	过渡间、更衣及淋浴间	新增更衣及淋浴间

本次改造属于新增甲级非密封放射性物质工作场所。按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》的要求，本项目需进行环境影响评价。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“第五十五项—172条核技术利用建设项目—甲级非密封放射性物质工作场所的改、扩建”，应编制环境影响报告书。为此，东莞研究部委托中国核动力研究设计院承担本项目的的环境影响报告书编制工作（委托书见附件1）。中国核动力研究设计院接收委托后，通过现场踏勘、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《中国科学院高能物理研究所退役部件取样测试项目环境影响报告书》。

1.2.3 项目基本情况

1.2.3.1 靶站热室现状

东莞研究部的靶站谱仪大厅（B7）为地下部分 22m，地上部分 13.9m 建筑，地上建筑长宽分别为 95.8m 和 94.3m，总建筑面积为 12612.46m²。从空间结构上包括靶站区、谱仪区和配套实验区三个部分，其中靶站区位于建筑中心；谱仪区位于靶站区两侧；配套实验区位于建筑西侧。其中，靶站区为靶站、靶站地下室、热室以及顶部大厅。

靶站热室位于靶站前端，建于地下 13.4m 处，热室内部尺寸（长×宽×高）为 18m×4.65m×8m。配备 1 套动力机械手、4 对（8 台）主从机械手、天车、操作台等操作设备和照明、视频监控等配套设备，设有 4 个铅玻璃观察窗，操作区和维护区位于热室两侧。主要用于靶体及其附件的遥控维护、放射性废物的缩容

和装载和其他维护工作。靶站热室目前不属于非密封放射性物质工作场所。

靶站热室已在《中国散裂中子源项目环境影响报告书》中进行了环境影响评价，并取得了原环境保护部的批复（见附件 3-1，环审〔2010〕127 号）；靶站热室相关设备如靶体维护设备、废靶储存容器、摄像系统、动力机械手、主从机械手、辐射防护设备、热室遥控维护专用设备及工装、氦容器墙面清理设备、PIE（Post-Irradiation Examination，辐照后检验）研究及辅助装备、热室遥控维护试验平台等的升级改造，已在《中国散裂中子源二期工程核技术利用建设项目环境影响报告书》中进行了环境影响评价，并取得了广东省生态环境厅的批复（见附件 3-2，粤环审〔2023〕17 号）。

1.2.2.2 本项目改造内容

本项目改扩建工程主要包括：

①靶站热室改造内容：

新增 1 个取样系统气帐和 1 个制样系统气帐，气帐内新增退役部件取样、制样系统。取样系统气帐主要包括 1 套气帐、1 台退役靶体取样铣床及配套空气净化设备、1 台用于慢化器、反射体、质子束窗及中子束窗的取样装置，制样系统气帐主要包括 1 套气帐、1 台慢走丝线切割机及配套空气净化设备。

在靶站热室内新增力学性能测试平台，包括 1 台微机控制万能试验机、1 套数字图像处理系统（DIC-3D）、1 套表面散斑点制作设备及配套夹具等。

对热室内配套设施进行改造，包括新增 2 台定焦距耐辐照摄像机，对双轨天车增加防摇摆系统、位置指示系统，搭建热室接插件平台，增设专用遥操作工具工装。

②在靶站原氦设备间处新建样品处理热室，外部尺寸为 3000mm×2000mm×2050mm（长×宽×高），内部尺寸为 2500mm×1500mm×1800mm（长×宽×高）。采用单工位布局，布置 1 对关节机械手及 1 套铅玻璃窥视窗，开展样品表面磨抛工作。在靶站热室靠样品处理热室一侧的墙开转运孔，内置小车转运样品。

③在靶站原过渡间处增设卫生通过间，主要包括脏衣收集间、更衣间、淋浴间、洗手区等，靠过渡间侧设置 1 台全身污染（ α 、 β 、 γ ）检测仪。在靶站热室入口房间设置 1 台手脚沾污仪。

本次改造涉及的建筑面积约为 176m²，共有 8 个房间，分别为入口房间、大

热室操作间、更衣间、淋浴间、脏衣收集间、过渡间、样品处理热室间、大热室内部等。

1.2.2.3 改建后的甲级非密封放射性物质工作场所

本次改造是将靶站热室改造为退役部件的取样制样与测试的操作场所，涉及非密封放射性物质的操作，新增部分工艺设备，新增操作工艺流程。改造完成后，靶站热室总日等效最大操作量为 $2.03\text{E}+13\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所，放射性核素日操作量、日等效操作量和年操作量情况见表 1.2-2。改造前与改造后靶站谱仪大厅（B7）靶站热室区域的平面布置如附图 4-1 和附图 5-1、5-2 所示。

表 1.2-2 靶站热室核素操作情况

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作量 (Bq)
1	H-3	1.81E+11	1.81E+12	1.81E+11
2	Na-22	2.52E+09	2.52E+10	2.52E+09
3	Cl-36	4.67E+07	4.67E+09	4.67E+07
4	Mn-54	2.54E+10	2.54E+11	2.54E+10
5	Fe-55	5.46E+10	5.46E+11	5.46E+10
6	Co-57	2.29E+10	2.29E+11	2.29E+10
7	Co-58	7.62E+09	7.62E+10	7.62E+09
8	Co-60	3.56E+10	3.56E+12	3.56E+10
9	Ni-63	1.09E+12	1.09E+13	1.09E+12
10	Zn-65	3.94E+07	3.94E+08	3.94E+07
11	Nb-93m	4.94E+10	4.94E+11	4.94E+10
12	Cd-109	2.35E+09	2.35E+10	2.35E+09
13	Ce-139	3.29E+09	3.29E+10	3.29E+09
14	Pm-143	4.70E+09	4.70E+10	4.70E+09
15	Pm-146	9.53E+07	9.53E+08	9.53E+07
16	Pm-147	1.82E+08	1.82E+09	1.82E+08
17	Sm-145	6.11E+09	6.11E+10	6.11E+09
18	Eu-149	1.13E+08	1.13E+09	1.13E+08

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作量 (Bq)
19	Eu-152	5.17E+09	5.17E+11	5.17E+09
20	Eu-154	8.23E+08	8.23E+10	8.23E+08
21	Eu-155	1.73E+08	1.73E+09	1.73E+08
22	Gd-151	2.35E+09	2.35E+10	2.35E+09
23	Gd-153	4.84E+09	4.84E+10	4.84E+09
24	Tb-160	1.56E+09	1.56E+10	1.56E+09
25	Dy-159	4.23E+09	4.23E+10	4.23E+09
26	Lu-172	1.03E+10	1.03E+11	1.03E+10
27	Lu-173	1.46E+10	1.46E+11	1.46E+10
28	Hf-172	8.93E+09	8.93E+11	8.93E+09
29	Ta-179	1.55E+10	1.55E+11	1.55E+10
30	Ta-182	3.29E+09	3.29E+10	3.29E+09
31	W-181	7.71E+10	7.71E+10	7.71E+10
32	W-185	6.30E+10	6.30E+10	6.30E+10
合计		1.70E+12	2.03E+13	1.70E+12

1.2.4 产业政策符合性

本项目为经长期辐照后的退役部件取样测试项目，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于**鼓励类**第六项“核能”的第4条“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”。本项目不属于国家发展改革委、商务部印发的《市场准入负面清单（2025年版）》（发改体改规〔2025〕466号）中规定的禁止准入类与许可准入类事项，为准入行业。

综上所述，本项目符合国家现行产业政策要求。

1.2.5 规划符合性分析

本项目属于对现有项目的改造，项目的规划符合性已在《中国散裂中子源二期工程核技术利用建设项目环境影响报告书》中进行了分析，本次仅给出规划符合性的结论性意见。

(1) 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》相符性分析

根据《广东省生态环境保护“十四五”规划》（粤环〔2021〕652号），对本项目与该规划的相符性分析如表1.2-3所示。

表 1.2-3 与《广东省生态环境保护“十四五”规划》的符合性分析

	文件内容摘录	本项目建设情况	相符性
第三章坚持战略引领，以高水平保护助推高质量发展	推动共建国际一流美丽湾区。珠三角核心区突出创新驱动，示范带动，推进城市群生态文明建设，实施大气污染防治先行区、水生态环境治理修复样板区、一流美丽海湾、一流绿色低碳发展区、土壤污染治理示范区和一流“无废”试验区建设等示范行动，以美丽湾区建设引领绿色低碳发展。……实施更严格的环境准入，新建项目原则上实施挥发性有机物两倍削减量替代，氮氧化物等量替代；新建高能耗项目单位产品（产值）能耗达到国际国内先进水平。	本项目属于核技术利用类改扩建项目，为国家重大科研平台建设建设项目，不属于新建项目，不属于高能耗项目。	相符
第四章强化减污降碳协同增效，推动经济社会全面绿色转型	珠三角地区禁止新建、扩建水泥、平板玻璃、化学制浆、生皮制革以及国家规划外的钢铁、原油加工等项目	本项目不属于本条所列行业。	相符
	粤东西北地区县级以上城市建成区禁止新建35蒸吨/小时及以下燃煤锅炉。	本项目不涉及燃煤锅炉，主要使用的能源为电能。	相符
第五章加强协同控制，引领大气环境质量改善	大力推进挥发性有机物（VOCs）源头控制和重点行业深度治理。开展无组织排放源排查，加强含VOCs物料全方位、全链条、全环节密闭管理，深入推进泄漏检测与修复（LDAR）工作。	本项目不涉及挥发性有机物（VOCs）排放。	相符
第六章实施系统治理修复，推进南粤秀水长清	深入抓好工业、农业、城镇节水，在工业领域，加快企业节水改造，重点抓好高耗水行业节水减排技改以及重复用水工程建设，提高工业用水循环利用率；	本项目属于核技术利用项目，不属于高耗水行业。	相符
第八章坚持防治结合，提升土壤和农村环境	强化土壤污染源头管控。结合土壤、地下水等环境风险状况，合理确定区域功能定位、空间布局和建设项目选址，严禁在优先保护类耕地集中区、敏感区周边新建、扩建排放重金属污染物和持久性有机污染物的建设项目。建立土	本项目属于核技术利用项目，不涉及重金属和持久性有机污染物排放。	相符

	文件内容摘录	本项目建设情况	相 符 性
	壤污染重点监管单位规范化管理机制，落实新（改、扩）建项目土壤环境影响评价、污染隐患排查、自行监测、拆除活动污染防治、排污许可等制度。		
第九章 加强生态环境监管，筑牢南粤生态屏障	严格保护重要自然生态空间。落实国土空间规划用途管制，强化自然生态空间保护，以维护生态系统功能为主，禁止或限制大规模、高强度的工业和城镇建设，严守生态环境底线。生态保护红线内的自然保护区原则上禁止人为活动；其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线之外的一般生态空间，在不影响主导生态功能的前提下，可开展国家和省规定不纳入环评管理的项目建设，以及生态旅游、畜禽养殖、城市基础设施建设、村庄建设等人为活动。	本项目位于东莞市大朗镇 CSNS 厂区内，项目不涉及生态红线、森林公园等区域。	相 符
第十章 强化底线思维，有效防范环境风险	以“无废城市”建设为引领，围绕固体废物源头减量、资源化利用、安全处理处置和环境风险管控，构建固体废物全过程管理体系。	本项目属于核技术利用改扩建项目，在施工期和运行期会产生一般固体废物和放射性固体废物，将采取源头减量、资源化利用、安全处理处置和环境风险管控等措施，并严格按照相关法规对产生固体废物全过程管理。	相 符
	持续推进重金属污染综合防控。……严格重点重金属环境准入，对新、改、扩建涉重点重金属重点行业建设项目实施重点重金属“减量置换”或“等量替换”。……	本项目属于核技术利用项目，不排放重金属，无需申请重金属排放总量。	相 符
第十一章 完善监管体系，确保核与辐射安全	促进核设施保持高安全水平。推动核能综合利用及核技术利用产业安全健康发展。积极配合国家核安全监管部门，监督核设施单位严格落实核安全的法律法规要求，加强核设施外围环境陆地 γ 辐射水平、气溶胶、沉降物、水体、土壤和生物等介质放射性核素含量以及流出物监督性监测。	东莞研究部严格落实了核安全相关法律法规要求，并根据 HJ61-2021 相关要求进行了相关的辐射场所和环境监测，运行正常，无辐射事故发生。本项目建设 and 运行也将进行严格落实相关法律法规要求，可确保安全运行。	相 符
	强化核技术利用监管。每年开展辐射源安全专项检查行动，查找并消除安全隐患，依法查处违法违规行为。完善核技术利用单位辐射安全管理，规范使用国家核技术利用辐射安全监管	东莞研究部设有专门的辐射安全管理机构，健全的辐射防护规章制度，并根据要求按时向监管部门提交年度评估报告等核技	相 符

	文件内容摘录	本项目建设情况	相 符 性
	系统，加强企业上报数据把关，提升辐射安全监管工作规范化、精准化、专业化水平。	术利用辐射安全监管要求的文件，管理规范。	

综上所述，本项目的建设符合《广东省生态环境保护“十四五”规划》的相关要求。

(2) 与《东莞市“十四五”规划》和《东莞市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》相符性分析

《东莞市“十四五”规划》重大项目“科技创新发展领域”中“重大科学装置”明确“聚焦粤港澳大湾区国际科技创新中心、综合性国家科学中心建设加快推进散裂中子源二期、南方先进光源、先进阿秒激光设施、南方光源研究测试平台，打造一流的大科学装置集群，争取更多国家战略科技力量在东莞布局”。

2021年2月6日东莞市第十六届人民代表大会第七次会议审议批准《东莞市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，提出“举全市之力推动共建大湾区综合性国家科学中心，坚持战略需求导向，对标全球主要科学中心和创新高地，携手深圳共建大湾区综合性国家科学中心先行启动区，加快集聚高端创新资源，源源不断提供高水平科技供给，建设具有重要影响力的原始创新策源地，推动创新成为东莞的价值追求、主流精神和城市标志。建设国际一流的重大科技基础设施集群。加快推动与中国科学院合作共建松山湖科学城，争取更多国家战略科技力量在东莞布局。加快推进中国散裂中子源二期、南方先进光源……”

因此，本项目的建设符合《东莞市“十四五”规划》和《东莞市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》的要求。

(3) 与《广东省主体功能区规划》相符性分析

根据《关于印发广东省主体功能区规划的通知》（粤府〔2012〕120号），本项目位于珠三角核心区，为国家级优化开发区域。该区域功能定位为“通过粤港澳的经济融合和经济一体化发展，共同构建有全球影响力的先进制造业和现代服务业基地，南方地区对外开放的门户，我国参与经济全球化的主体区域，探索科学发展模式试验区，深化改革先行区，全国科技创新与技术研发基地，全国经济发展的重要引擎，辐射带动华南、中南和西南地区发展的龙头，我国人口集聚最多、创新能力最强、综合实力最强的三大区域之一”，该区域发展布局提出“优化提升以深圳市为核心，以东莞、惠州市为节点

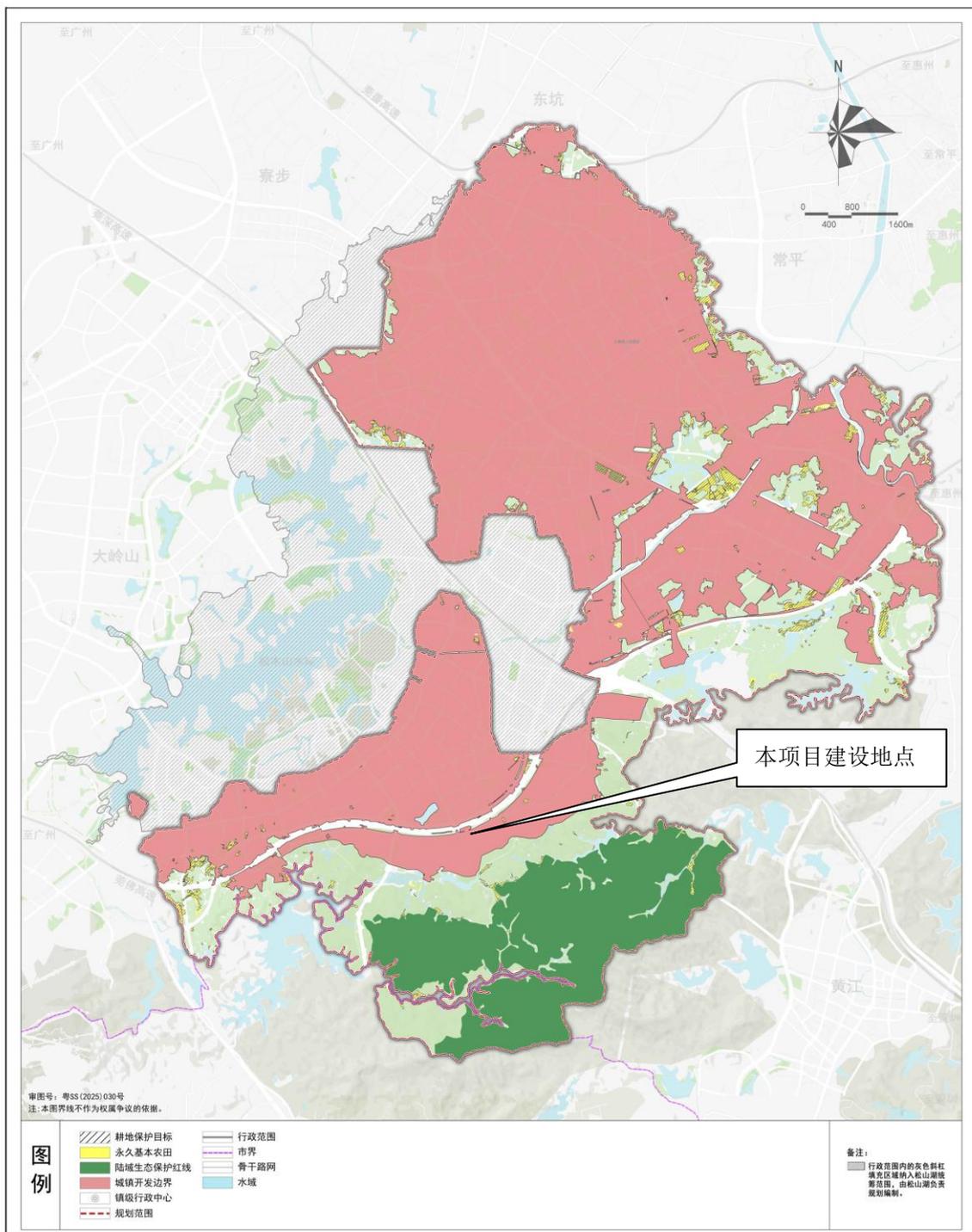
的珠江口东岸地区的发展水平,大力发展高新技术产业和现代服务业,提高制造业水平,增强交通枢纽功能,构建深莞惠经济圈,打造区域服务中心和科技创新中心。”“加快东莞加工制造业转型升级,加快东莞松山湖高新技术产业开发区发展。”本项目属于“科技创新发展领域”中“重大科学装置”项目,符合《广东省主体功能区规划》的要求。

(4) 与东莞市大朗镇总体规划的相符性分析

根据《东莞市人民政府关于<东莞市大朗镇国土空间总体规划(2021-2035年)>的批复》(东府函〔2025〕119号),《规划》“支撑大朗镇建设成为源头创新高地、先进制造业重镇、现代文化休闲名镇,实现“科创新城、品质大朗”的目标愿景”,“协同松山湖科学城推动松朗一体化发展,构建“一轴两心三带五区”的城镇空间结构,形成区域共融、配套共享、产业共协、交通共通、生态共育的区域协同发展格局。”根据《东莞市大朗镇国土空间总体规划(2021-2035年)》中的三条控制线规划图,本项目所在的CSNS园区不涉及永久基本农田、陆域生态保护红线,见图1.2-1;根据《东莞市大朗镇国土空间总体规划(2021-2035年)》中的国土空间规划分区图,本项目所在的CSNS园区位于东莞市大朗镇规划的综合服务区,见图1.2-2。

东莞市大朗镇国土空间总体规划(2021-2035年)

01 三条控制线规划图



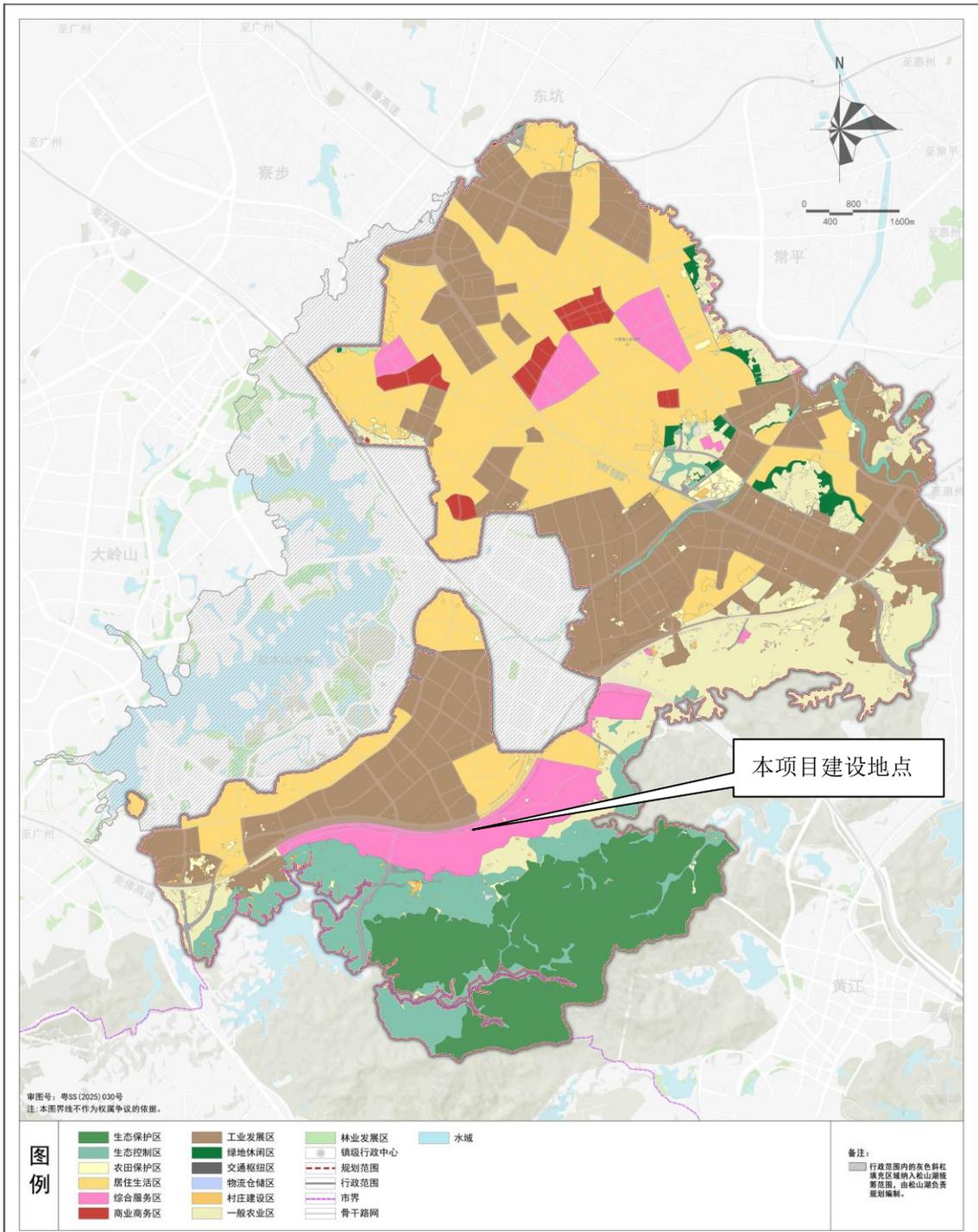
东莞市大朗镇人民政府 编制
2025年12月

深圳雷奥规划设计咨询有限公司、东莞市规划设计研究院有限公司、广东国地科技股份有限公司 制图

图 1.2-1 东莞市大朗镇三条控制线规划图

东莞市大朗镇国土空间总体规划(2021-2035年)

06 国土空间规划分区图



东莞市大朗镇人民政府 编制
2025年12月

深圳雷奥规划设计咨询有限公司、东莞市规划设计研究院有限公司、广东国地科技股份有限公司 制图

图 1.2-2 东莞市大朗镇国土空间规划分区图

(5) 与《松山湖科学城发展总体规划》相符性分析

本项目位于广东省东莞市松山湖科学城大装置集聚核心区内,本项目在松山湖科学城总体规划图的位置示意图见图1.2-3。《松山湖科学城发展总体规划(2021-2035年)》提出“建基础科研体系,建设具有全球影响力的材料、信息科学原始创新策源地,坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康,以大科学装置集群为核心,统筹布局国际一流的前沿基础研究平台、大学和科研机构,加快打造科技创新生态体系,着力提升原始创新能力,建设国际顶尖的材料科学高地与信息科学高地,努力实现更多“从0到1”的突破”,其中“加快集聚全球顶尖大科学装置”中首推项目为本项目所在的中国散裂中子源项目。因此,本项目的建设符合《松山湖科学城发展总体规划(2021-2035年)》的要求。

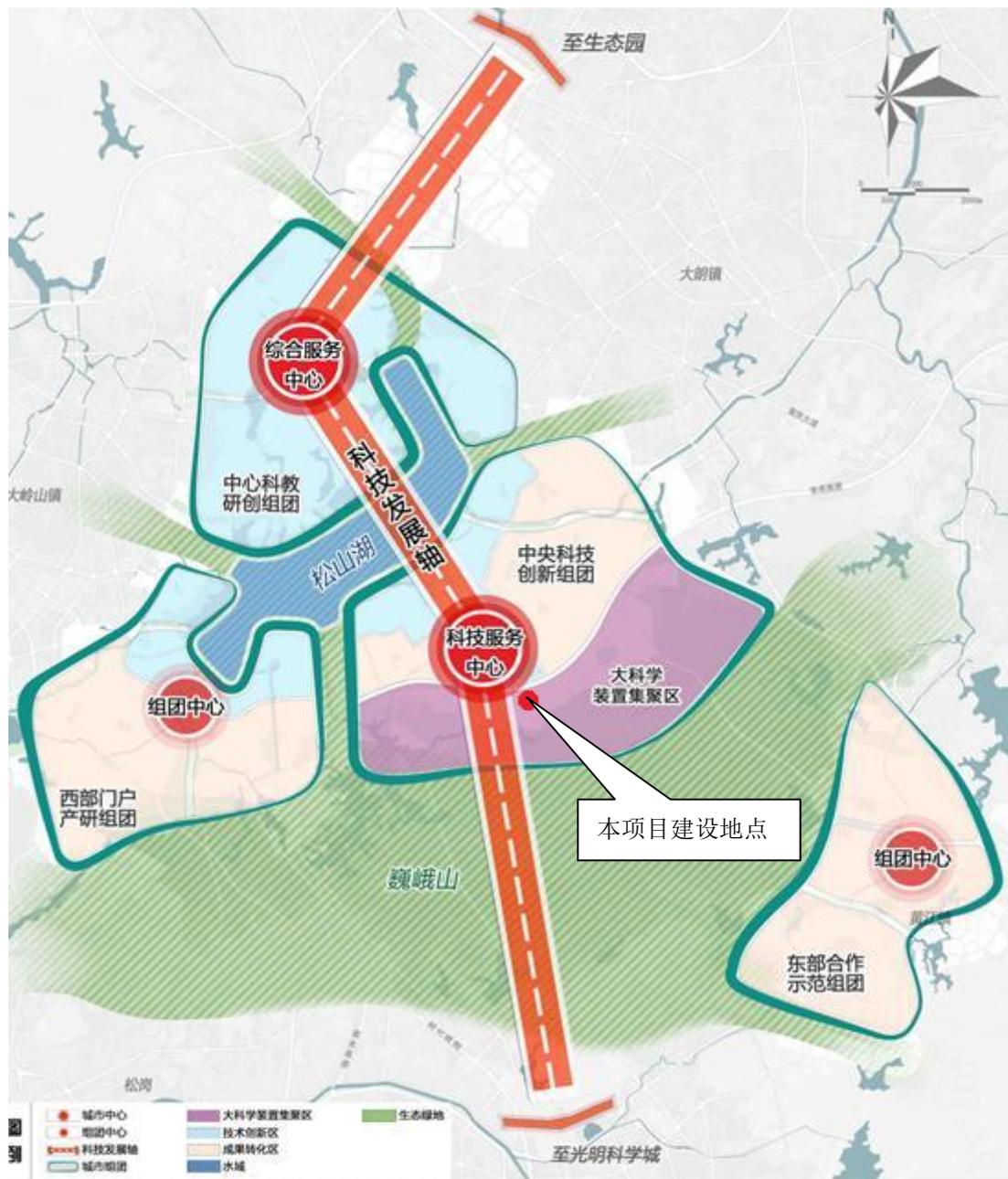


图 1.2-3 松山湖科学城总体布局示意图

（6）与《广东省人民政府和中国科学院“大湾区综合性国家科学中心先行启动区建设方案”》相符性分析

本项目所在的中国散裂中子源项目为《广东省人民政府和中国科学院“大湾区综合性国家科学中心先行启动区建设方案”》（粤府函〔2020〕78号）中“重点推进的重大科技基础设施”的“材料科学领域”首推项目。

1.2.6 “三线一单”生态环境分区管控方案相符性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环评〔2016〕150号）：“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”。

（1）生态保护红线

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71号）和《东莞市“三线一单”生态环境分区管控方案》（东府〔2021〕44号），全市陆域重点管控单元43个，面积为1739.88平方公里，占陆域面积的70.72%，空间分布较广，除在水乡新城片区面积占比较低外，其他区域均有广泛分布。陆域重点管控单元是指涉及水、大气等环境要素重点管控的区域，主要为水环境质量不达标区域、工业集中区和人口密集区。

通过广东省生态环境分区管控信息平台的符合性分析，本项目位于ZH44190020003大朗镇重点管控单元，如图1.2-4所示，本项目属于该管控单位的鼓励引导类产业，满足该管控单元的区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控要求。本项目为在CSNS现园区内改扩建项目，且不占用生态保护红线，符合生态保护红线和管控要求。

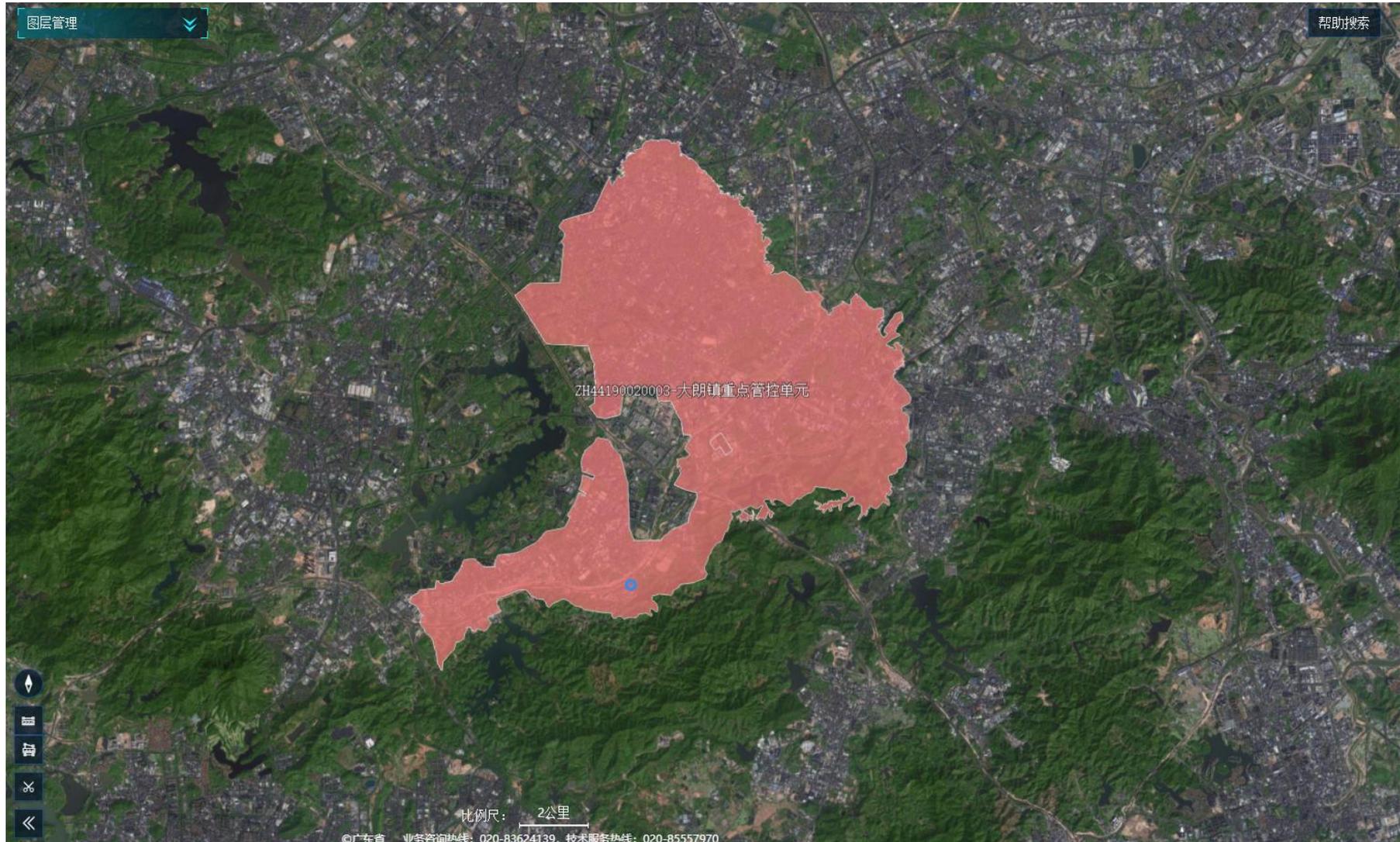


图 1.2-4 广东省生态环境分区管控信息平台截图

（2）环境质量底线

环境质量底线是国家和地方设置的大气、水和土壤环境质量目标，也是改善环境质量的基准线。

本项目施工期对大气环境影响主要包括施工扬尘、施工机械废气；运行期对大气环境的影响主要为非密封放射性物质工作场所运行期间产生的放射性气载流出物。施工期产生的施工扬尘和施工机械废气对大气环境的影响是局部的、短期的，在采取合理的施工管理措施后，不会降低大气环境质量等级；运行期非密封放射性物质工作场所运行期间产生的放射性气载流出物通过通风系统汇集、过滤，经排风中心 30m 烟囱高空排放，根据预测计算，造成的公众年有效剂量低于标准限值，对大气环境影响很小。因此，本项目不会降低大气环境质量等级，满足大气环境质量底线要求。

本项目施工期对水环境影响主要包括施工废水和生活污水；运行期对水环境的影响主要为生活污水。施工废水的排放量较小，对水质的影响是局部的、短期的，在采取合理的施工管理措施后，不会降低水质等级；施工期和运行期生活污水依托 CSNS 园区的现有排水管网，排入东莞市市政污水管网。因此，本项目对附近水域环境影响较小，不会降低水质等级，满足水环境质量底线要求。

CSNS 屏蔽设计以“5.5mSv/h”作为各辐射工作场所地板外表面与土壤交界处的剂量率控制水平，当混凝土与土壤边界处瞬发辐射剂量率低于 5.5mSv/h 时，可忽略土壤和地下水的放射性影响。因此，本项目的实施满足土壤和地下水环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目建设在 CSNS 园区现有红线范围内，不新增占地，不会超出区域空间资源利用上线。本项目为核技术利用类的重大科技基础设施建设项目，技术及装置均为国际先进水平，资源利用仅涉及用电和去离子水，资源消耗低，且利用效率高，项目施工期和营运期过程中所需用电、用水等公用工程设施均依托园区现有设施，不会超出区域资源利用上线。

（4）与《东莞市“三线一单”生态环境分区管控方案》和《东莞市环境管控单元准入清单》相符性分析

根据 2021 年 6 月 30 日东莞市发布的《东莞市“三线一单”生态环境分区管控方案》将生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线落实到环境管控单元，并制定生态环境准入清单，建立覆盖全域的生态环境分区管控体系。根据“东莞市环境管控单

元图”，项目所在地属于“重点管控单元”，根据《东莞市“三线一单”生态环境分区管控方案》中对全市总体管控要求以及环境管控要求分析如表 1.2-4 所示。

表 1.2-4 “三线一单”全市总体管控要求符合性分析

类别	《东莞市“三线一单”生态环境管控方案》	本项目建设情况	符合性
区域布局管控要求	加强对生态空间的保护，生态保护红线和一般生态空间严格按照国家、省有关要求进行管控。推动产业绿色转型升级，引导工业项目入园集聚发展。严格落实国家产品 VOCs 含量限值标准要求，除现阶段确无法实施替代的工序外，全市范围内禁止新建、扩建生产和使用高 VOCs 含量原辅材料项目。	项目所在地不涉及重要生态功能区、生态敏感区、饮用水源保护区、自然保护区，不属于陆地和海洋生态保护红线划定区域。项目所在地属于科研用地，符合相关要求。本项目不涉及挥发性有机物（VOCs）排放。	符合
能源资源利用要求	实施能源消费总量和能源消费强度“双控”，压减煤炭消费总量，大力推进各领域节能减排，加快实现碳排放达峰；培育绿色交通体系；合理分配水资源，保障主要河涌基本生态流量；严格落实用水总量控制方案，建立用水效率控制红线，遏制用水浪费；推进“两高”行业减污降碳协同控制，衔接落实有关区域和行业碳达峰行动方案、清洁能源替代、清洁运输、煤炭消费总量控制等政策要求；严控建设用地规模，提高土地节约集约利用水平；推进土地整治项目建设，加大高标准基本农田建设力度，提高基本农田质量。	项目属于核技术利用项目升级改造工程，不属于耗水量大、污染物排放强度高、的行业，不新增建设用地。	符合
污染物排放管控要求	实施重点污染物总量控制，重点污染物排放总量指标优先向重大发展平台、重点建设项目、重点工业园区、战略性产业集群倾斜，重大项目 and 优质倍增计划企业建设项目所需指标由市储备调配；环境质量不达标区域，建设项目需符合环境质量改善要求。 进一步做好重金属总量管控工作，新、改、扩建涉重金属重点行业建设项目必须遵循重点重金属污染物排放“减量置换”或“等量替换”的原则，重金属污染重点防控区内重点重金属排放量只减不增。 强化挥发性有机物源头控制，加强重点行业挥发性有机物综合治理力度，全面加强无组织排放控制。统筹大气污染治理攻坚和碳排放达峰行动，加快自备电厂“煤改气”和火电厂退役关停工作；严格实施涉工业炉窑企业大气分级	本项目为核技术利用项目，不属于高能耗产业，本项目能源主要为用电，不申请污染物排放总量，不涉及重金属排放，不涉及挥发性有机物（VOCs）排放，不涉及污染物入海排放，运营期不新增生活污水产生量。	符合

类别	《东莞市“三线一单”生态环境管控方案》	本项目建设情况	符合性
	<p>管控；开展天然气锅炉降氮脱硝治理，进一步削减氮氧化物排放。</p> <p>严格执行污染物排放标准。推进城镇污水处理厂提标改造任务；严格落实大气污染物无组织排放控制标准；积极推动涉及生产废水和VOCs排放的企业安装主要污染物全过程智能监控设施，实施环境污染第三方治理。</p> <p>规范入海排污口设置，加强总氮排放控制，实行船舶、港口污染物从产生到处置全过程管理，进一步完善相关配套基础设施建设，实现海上污染物的全链条管理和有效处置。</p>		
环境风险防控要求	<p>各企事业单位要按规定开展突发环境事件风险评估，完善突发环境事件风险防控措施，制定突发环境事件应急预案并备案、演练，加强环境应急能力建设。重点对油气/液体化工仓储及运输、危险化学品生产、核与辐射污染、涉重金属和持久性有机物污染、存在易燃易爆和有毒有害物质、存在发生地表水污染和危险废物污染等潜在环境风险隐患的企业开展定期排查，治理环境风险隐患。</p>	<p>本项目为核与辐射类污染项目，并根据相关要求制定了辐射事故应急预案，对可能发生的事进行了分析，并制定了事故应急处理流程，单位的应急预案已在主管部门备案，每年定期组织宣贯和应急演练，同时单位设置了应急工作小组，配备了相应的应急物资和应急资金。</p>	符合

本项目符合《东莞市“三线一单”生态环境分区管控方案》中对全市总体管控要求。

根据东莞市人民政府关于印发《东莞市“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知（东府〔2021〕44号）文件，本项目所在地位于ZH44190020003大朗镇重点管控单元，本项目与《东莞市环境管控单元环境准入清单》相符性分析如表1.2-5所示。

表 1.2-5 与《东莞市环境管控单元生态环境准入清单》相符性分析

类别	《东莞市环境管控单元生态环境准入清单》	相符性分析	符合性
区域布局管控	<p>1-1.【产业/鼓励引导类】大朗镇重点管控单元鼓励智能装备制造和电子信息产业，推动机床、车床、冲床加工中心等现有机械设备制造业调整，优化增量结构，形成具有特色的和产业链配套优势的数控加工装备产业基地。</p> <p>1-2.【水/限制类】严格控制大朗镇高耗水、高污染行业发展，建设项目实行主要水污染物减量替代。</p> <p>1-3.【生态/禁止类】东莞红花油茶地方级森林自然公园和东莞巍峨山地方级森林自然公园除必要的保护设施和附属设施外，禁止从事与资源保护无关的任何生产建设活动；禁止随意占用、征用、征收和转让林地；禁止种植掠夺水土资源、破坏土壤结构的劣质树种。</p> <p>1-4.【大气/禁止类】大气环境优先保护区内禁止新建、扩建排放大气污染物的工业项目（国家和省规定不纳入环评管理的项目除外），大气环境优先保护区内已有的排放大气污染物的项目，应引导逐步退出。</p>	<p>本项目属于国家重大科研平台建设建设项目，不属于高耗水、高污染行业等【水/限制类】项目，项目所在地不在【生态/禁止类】东莞红花油茶地方级森林自然公园和东莞巍峨山地方级森林自然公园；不涉及【大气/禁止类】大气环境优先保护区。</p>	符合
能源资源利用	<p>2-1.【水资源/综合类】贯彻落实“节水优先”方针，实行最严格水资源管理制度，大朗镇万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量、用水总量等指标达到市下达要求。</p> <p>2-2.【能源/综合类】科学实施能源消费总量和强度“双控”，大朗镇能源消费总量和能源利用效率达到市下达要求；新建高能耗项目单位产品（产值）能耗达到国际先进水平。</p> <p>2-3.【能源/禁止类】禁止销售高污染燃料；新建、扩建锅炉必须使用清洁能源。</p>	<p>本项目将严格贯彻落实“节水优先”方针，不属于高能耗项目，不销售高污染燃料；不建设锅炉。</p>	符合
污染物排放管	<p>3-1.【水/鼓励引导类】推进老旧管网改造、雨污分流改造。推进松木山水一河两岸综合整治，包括流域支渠综合整治、杨涌排站建设，推进大陂海河道环境整治工程。建设分散式污水处理设施—大朗仙村处理站和中子源处理站。</p>	<p>本项目为核技术利用项目，不属于高能耗产业，运营期不新增生活污水产生量，正常工况情况不涉及放射性废水排放，异常工况时可能产生的放射性废水经收集存储，交有资质单位处理，不涉</p>	符合

类别	《东莞市环境管控单元生态环境准入清单》	相符性分析	符合性
控	<p>3-2.【水/鼓励引导类】实施大朗松山南部污水处理厂一期提标工程，出水标准不低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 及广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）的较严值。</p> <p>3-3.【其他/鼓励引导类】推进东莞大朗毛织环保集中处理二期工程，整合一批毛织洗水、印花企业入园统一治污。</p> <p>3-4.【大气/综合类】推进空气监测子站 2 公里范围内和华为湖畔花园、溪流背坡村周边区域大气环境整治工程。深化挥发性有机物治理。</p> <p>3-5.【大气/限制类】大气环境受体敏感区内严格限制新建钢铁、燃煤燃油火电、石化、储油库等项目，产生和排放有毒有害大气污染物项目，以及使用溶剂型油墨、涂料、清洗剂、胶黏剂等高挥发性有机物原辅材料的项目；鼓励现有该类项目逐步搬迁退出。大气环境布局敏感区内应全面加强无组织排放控制，实施 VOCs 重点企业分级管控，限制新建、扩建排放氮氧化物、烟（粉）尘的建设项目。</p> <p>3-6.【大气/鼓励引导类】大气环境高排放重点管控区内应引导工业项目集聚发展，引导涉 VOCs 排放的现存重点行业企业搬迁入挥发性有机物共性工厂。大气环境弱扩散区内要加大大气污染物减排力度，建立“散乱污”企业综合整治长效机制，巩固提升综合整治成效，实现“散乱污”企业动态“清零”。</p>	及挥发性有机物（VOCs）排放。	
环境 风险 防控	<p>4-1.【水/鼓励引导类】制定完善大朗镇水污染事故处置应急预案，落实责任主体，明确预警预报与响应程序、应急处置及保障措施等内容，依法及时公布预警信息。</p> <p>4-2.【风险/鼓励引导类】对于存在潜在环境风险隐患的建设项目，必须按要求落实环境风险专项评价，提出环境风险防范和应急措施。</p> <p>4-3.【大气/综合类】建立环境监测预警制度，重点实施污染天气预警预报以及监测有毒有害气体。</p>	本项目主要环境风险为辐射事故风险，项目制定了辐射事故应急预案，对可能发生的事进行了分析，提出环境风险防范和应急措施，并制定了事故应急处理流程，单位的应急预案已在主管部门备案，每年定期组织宣贯和应急演练，同时单位设置了应急工作小组，配备了相应的应急物资和应急资金，可将项目风险影响降低到可接受水平。	符合

综上所述，本项目符合《东莞市“三线一单”生态环境分区管控方案》中对“大朗镇重点管控单元”的管控要求。本项目属于《东莞市环境管控单元环境准入清单》中大朗镇重点管控单元的鼓励引导类产业，符合该管控单元的区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控要求。

(5) 与《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境分区管控方案》和《大朗镇环境管控单元准入清单》相符性分析

根据 2023 年 10 月 23 日大朗镇发布的《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境分区管控方案》将生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线落实到环境管控单元，并制定生态环境准入清单，建立覆盖全域的生态环境分区管控体系。根据“大朗镇环境管控单元图”，项目所在地属于“重点管控单元”，根据《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境分区管控方案》中对全镇总体管控要求以及环境管控要求分析如表 1.2-6 所示。

表 1.2-6 “三线一单”全镇总体管控要求符合性分析

类别	《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境管控方案》	本项目建设情况	符合性
区域布局管控要求	严格环境准入，禁止新建不符合国家产业政策的项目，积极引导涉及电氧化、化学镀、酸洗、磷化、蚀刻、钝化、电泳等表面处理工艺的项目入园（共性工厂）发展。大朗环保专业基地外原则上禁止新建电镀、湿式印花、漂染、洗水、造纸等项目。除市重大项目及农副食品加工业、食品制造业、酒及饮料制造业、医药制造行业外，园区（共性工厂）外原则上禁止新建涉工业废水排放的项目。禁止新建、扩建燃煤燃油火电机组和企业自备电站，在大朗镇中心区域严格控制新增 VOCs 排放项目，新建和改扩建餐饮项目要控制油烟等废气对周边居住环境的影响。全镇新建、扩建锅炉必须使用清洁能源，已建成的高污染燃料设施必须依法限期拆除或改用清洁能源。经风险评估对人体健康有严重影响的被污染场地，未经治理修复或者治理修复不符合相关标准的，不得用于居民住宅、学校、幼儿园、医院、养老场所等项目开发。	项目为改建项目，不涉及工业废水排放，不涉及禁止类项目如燃煤燃油火电机组、企业自备电站、锅炉的扩建，不涉及挥发性有机物（VOCs）排放，本项目能源主要为用电，所在地属于大朗镇郊区，不涉及重要生态功能区、生态敏感区、饮用水源保护区、自然保护区，不属于陆地和海洋生态保护红线划定区域。项目所在地属于科研用地，符合相关要求。	符合

类别	《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境管控方案》	本项目建设情况	符合性
	<p>饮用水源二级保护区内已建成的排放污染物的建设项目，应当依法限期拆除或者关闭。推动重要水库集雨区范围内不符合相关环保要求的重污染项目搬迁或关闭。加强对分散供热锅炉的管理，集中供热管网覆盖区域内不得新建分散供热锅炉。</p>		
资源利用效率要求	<p>实施能源消费总量和能源消费强度“双控”，压减煤炭消费总量，大力推进各领域节能减排，培育绿色交通体系，推动能源绿色低碳化发展，实现减污与降碳相协同，加快实现碳排放达峰。严格落实用水总量控制方案，建立用水效率控制红线，遏制用水浪费。严格执行《广东省用水定额》，电力、纺织印染、造纸、石油石化、化工、食品发酵、电镀等高耗水行业需达到先进定额标准，提高电镀、印染等园区的工业用水重复利用水平。严控建设用地规模，推进“三旧”改造，优化整合工业用地，提高土地节约集约利用水平。推进土地整治项目建设，加大高标准基本农田建设力度，提高基本农田质量。</p>	<p>项目属于核技术利用项目升级改造工程，不涉及煤炭消费，不属于耗水量大的行业，不新增建设用地。</p>	符合
污染物排放管控要求	<p>全镇建设项目原则上实行 NO_x 等量替代和 VOCs 两倍削减量替代。根据年废水排放量的不同，建设项目新增工业废水排放量以及化学需氧量、氨氮排放量按照《东莞市建设项目主要污染物排放总量管控实施方案》实施差别化的减量替代要求，对工业废水与主要水污染物的排放量实行双管控。</p> <p>推进城镇污水处理厂提标改造任务，提高城镇生活污水收集处理率。进一步严格工业废水排放标准，对于排入城镇污水管网的工业废水应执行广东省《水污染物排放限值》《污水排入城镇下水道水质标准》、相关流域标准及行业标准的较严值。</p> <p>对于已颁布清洁生产评价指标体系或清洁生产标准的行业，新建项目要达到国际清洁生产领先或先进水平，改、扩建项目要达到国内清洁生产先进水平。</p>	<p>本项目为核技术利用项目，不涉及挥发性有机物（VOCs）排放，工作人员由已有工作人员中调配，不新增化学需氧量、氨氮排放量排放，不涉及工业废水排放。</p>	符合
环	<p>加强东江等供水通道干流沿岸环境风险</p>	<p>本项目为核与辐射类污染项目，并根据相关</p>	符

类别	《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境管控方案》	本项目建设情况	符合性
境风险防控要求	防控，完善突发环境污染事故预防与预警体系，提高城市供水安全保障能力。生态环境主管部门和大朗镇应当制定突发环境事件应急预案，加强应急物资储备，提高突发环境事件应对能力，加强跨镇街（园区）突发环境事件的应急协作。加强工业园区环境风险防控，落实环境风险应急预案有关要求。各企事业单位要定期排查环境风险隐患，开展环境风险评估，健全风险防控措施，完善环境风险应急预案。	要求制定了辐射事故应急预案，对可能发生的故事进行了分析，并制定了事故应急处理流程，单位的应急预案已在主管部门备案，每年定期组织宣贯和应急演练，同时单位设置了应急工作小组，配备了相应的应急物资和应急资金。	合

本项目符合《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境分区管控方案》中对全镇总体管控要求。

根据大朗镇人民政府关于印发《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知（2023009 号）文件，本项目所在地位于 ZH11320001 大朗镇犀牛陂村-水平村-松木山村-屏山社区重点管控单元，本项目与《大朗镇环境管控单元环境准入清单》相符性分析如表 1.2-7 所示。

表 1.2-7 与《大朗镇环境管控单元生态准入清单》相符性分析

类别	《大朗镇环境管控单元生态环境准入清单》	相符性分析	符合性
区域布局管控	<p>1-1.【产业/鼓励引导类】鼓励智能装备制造和电子信息产业，推动机床、车床、冲床加工中心等现有机械设备制造业调整，优化增量结构。</p> <p>1-2.【水/限制类】严格控制大朗镇高耗水、高污染行业发展，建设项目实行主要水污染物减量替代。</p> <p>1-3.【生态/禁止类】东莞红花油茶地方级森林自然公园和东莞巍峨山地方级森林自然公园除必要的保护设施和附属设施外，禁止从事与资源保护无关的任何生产建设活动；禁止随意占用、征用、征收和转让林地；禁止种植掠夺水土资源、破坏土壤结构的劣质树种。</p>	<p>本项目属于国家重大科研平台建设建设项目，不属于高耗水、高污染行业等【水/限制类】项目，项目所在地不在【生态/禁止类】东莞红花油茶地方级森林自然公园和东莞巍峨山地方级森林自然公园。</p>	符合
能源资源利用	<p>2-1.【水资源/综合类】贯彻落实“节水优先”方针，实行最严格水资源管理制度，大朗镇万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量、用水总量等指标达到市下达要求。</p> <p>2-2.【能源/综合类】科学实施能源消费总量和强度“双控”，大朗镇能源消费总量和能源利用效率达到市下达要求；新建高能耗项目单位产品（产值）能耗达到国际先进水平。</p> <p>2-3.【能源/禁止类】禁止销售高污染燃料；新建、扩建锅炉必须使用清洁能源。</p>	<p>本项目将严格贯彻落实“节水优先”方针，不属于高能耗项目，不销售高污染燃料；不建设锅炉。</p>	符合
污染物排放管控	<p>3-1.【大气/综合类】推进华为湖畔花园、溪流背坡村周边区域大气环境整治工程。深化挥发性有机物治理。</p> <p>3-2.【大气/限制类】大气环境布局敏感区内应全面加强无组织排放控制，实施 VOCs 重点企业分级管控，限制新建、扩建排放氮氧化物、烟（粉）尘的建设项目。</p>	<p>本项目为核技术利用项目，不涉及挥发性有机物（VOCs）排放。</p>	符合

类别	《大朗镇环境管控单元生态环境准入清单》	相符性分析	符合性
环境 风险 防控	<p>4-1.【水/鼓励引导类】制定完善大朗镇水污染事故处置应急预案，落实责任主体，明确预警预报与响应程序、应急处置及保障措施等内容，依法及时公布预警信息。</p> <p>4-2.【风险/鼓励引导类】对于存在潜在环境风险隐患的建设项目，必须按要求落实环境风险专项评价，提出环境风险防范和应急措施。</p> <p>4-3.【大气/综合类】建立环境监测预警制度，重点实施污染天气预警预报以及监测有毒有害气体。</p>	<p>本项目主要环境风险为辐射事故风险，项目制定了辐射事故应急预案，对可能发生的事故进行了分析，提出环境风险防范和应急措施，并制定了事故应急处理流程，单位的应急预案已在主管部门备案，每年定期组织宣贯和应急演练，同时单位设置了应急工作小组，配备了相应的应急物资和应急资金，可将项目风险影响降低到可接受水平。</p>	符合

综上所述，本项目符合《东莞市大朗镇“三线一单”生态环境分区管控方案》中对“大朗镇犀牛陂村-水平村-松木山村-屏山社区重点管控单元”的管控要求。本项目属于《大朗镇环境管控单元环境准入清单》中大朗镇重点管控单元的鼓励引导类产业，符合该管控单元的区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控要求。

1.2.7 项目所在地周边环境简述

东莞研究部包括位于广东省东莞市大朗镇中子源路的 CSNS 和 CSNS 西侧的南方先进光源研究测试平台，本项目建设地点位于 CSNS 园区内。东莞研究部北临中子源路，再向北为莞佛高速，再向北为水平村居民区，与厂界最近距离约 240m；再向北为松木山村居民区，与厂界最近距离约 2520m；东莞研究部东北侧为屏山社区居民区；东莞研究部东侧为农田，其中有三处临时建筑，无常住人口；东莞研究部南侧为山坡林地，其中有两处看护荔枝林用的临时建筑房屋，无常住人口，再向南为樟木头林场，与东莞研究部厂界最近距离约 130m；东莞研究部西侧为规划建设的南方先进光源（SAPS）；东莞研究部西北侧为犀牛陂村居民区，与东莞研究部厂界最近距离分别约 1020m。本项目周边外环境关系图如附图 2 所示，本项目拟建场址和周边环境现状照片见图 1.2-5 和图 1.2-6。



图 1.2-5 CSNS 场址及周围环境现状照片



图 1.2-6 本项目场址现状照片

1.2.8 核技术利用及辐射安全管理现状

本项目法人单位为高能所，建设、运行和管理由东莞研究部负责，因此下面主要针对东莞研究部进行核技术利用现状和辐射安全管理回顾评价。

1.2.8.1 核技术利用现状

1.2.8.1.1 已获辐射安全许可情况

(1) 高能所已获辐射安全许可情况

本项目法人单位高能所持有生态环境部颁发的辐射安全许可证（国环辐证[0041]，见附件 4-1），有效期 2021 年 6 月 15 日至 2026 年 6 月 30 日。许可的种类和范围为：使用 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类放射源；生产、销售、使用 II 类、III 类射线装置；使用 I 类射线装置；销售（含建造）I 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

(2) 东莞研究部已获辐射安全许可情况

本项目建设、运行和管理单位东莞研究部持有生态环境部颁发的辐射安全许可证（国环辐证[00431]，见附件 4-2），有效期 2025 年 9 月 26 日至 2030 年 9 月 25 日。许可的种类和范围为：使用 IV 类、V 类放射源；使用 I 类、II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。已获许可使用的放射源、非密封放射性物质和射线装置使用情况列于表 1.2-8~1.2-10。

表 1.2-8 东莞研究部已获许可使用的放射源

序号	核素名称	类别	活度 (Bq) × 枚数	活动种类	场所
1	Sr-90	V 类	7.4E+6×1	使用	辐射防护楼
2	Ra-226	V 类	1E+8×1	使用	
3	Pu-239	V 类	1E+8×1	使用	
4	Pu-238/Be	V 类	1E+8×1	使用	
5	Fe-55	V 类	7.4E+6×1	使用	
6	Eu-154	V 类	1E+8×1	使用	
7	Eu-152	V 类	1E+6×1	使用	
8	Cs-137	V 类	7.4E+6×1	使用	
9	Cs-137	IV 类	1E+10×1	使用	

序号	核素名称	类别	活度 (Bq) × 枚数	活动种类	场所
10	Co-60	V 类	7.4E+6×1	使用	
11	Cf-252	V 类	5E+6×1	使用	
12	Cf-252	V 类	1E+8×1	使用	
13	Ba-133	V 类	1E+6×1	使用	
14	Am-241/Be	V 类	5E+6×1	使用	
15	Am-241/Be	IV 类	3.1E+10×1	使用	
16	Am-241	V 类	7.4E+6×1	使用	

表 1.2-9 东莞研究部已获许可使用的非密封放射性物质

序号	核素名称	物理状态	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	场所	场所等级
1	Ag-111	液态	5.53E+7	5.53E+7	1.66E+9	使用	辐射防护楼放射性实验室	乙级
2	Pa-230	液态	1.85E+6	1.85E+7	5.55E+7	使用		
3	Ti-44	液态	3.24E+5	3.24E+6	9.72E+6	使用		
4	Sr-89	液态	6.03E+6	6.03E+6	1.81E+8	使用		
5	Ac-228	液态	3.37E+5	3.37E+6	1.01E+7	使用		
6	Sc-44	液态	4.28E+5	4.28E+4	1.28E+7	使用		
7	Cd-115	液态	7.93E+7	7.93E+7	2.38E+9	使用		
8	Mo-99	液态	4.50E+7	4.50E+7	1.35E+9	使用		
9	Ac-225	液态	4.13E+5	4.13E+7	1.24E+7	使用		
10	Th-天然	固态	4.07E+5	4.07E+4	1.22E+7	使用		
11	Tc-99m	液态	4.30E+7	4.30E+6	1.29E+9	使用		
12	Th-232	固态	4.07E+5	4.07E+4	1.22E+7	使用		
13	Ru-103	液态	9.93E+6	9.93E+6	2.98E+8	使用		
14	Pb-212	液态	9.90E+5	9.90E+5	2.97E+7	使用		
15	Th-227	液态	1.13E+7	1.13E+9	3.39E+8	使用		
16	Ra-223	液态	2.57E+6	2.57E+8	7.71E+7	使用		
17	Ru-106	液态	1.35E+6	1.35E+7	4.05E+7	使用		
18	Sb-125	液态	2.23E+5	2.23E+5	6.96E+6	使用		
19	Cu-67	液态	1.44E+5	1.44E+5	4.32E+6	使用		

序号	核素名称	物理状态	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	场所	场所等级
20	I-131	多种	2.11E+7	2.11E+7	6.33E+8	使用		
21	Th-228	液态	1.03E+6	1.03E+8	3.09E+7	使用		
22	Y-91	液态	5.13E+6	5.13E+6	1.54E+8	使用		
23	Ra-224	液态	1.03E+6	1.03E+8	3.09E+7	使用		
24	Y-90	液态	5.07E+5	5.07E+5	1.52E+7	使用		
25	Po-210	液态	1.12E+5	1.12E+7	3.36E+6	使用		
26	Rh-105	液态	7.87E+7	7.87E+7	2.36E+9	使用		
27	In-115m	液态	8.63E+7	8.63E+6	2.59E+9	使用		
28	Th-231	固态	1.01E+8	1.01E+8	3.03E+9	使用		
29	Rh-103m	液态	9.93E+6	9.93E+5	2.98E+8	使用		
30	Ra-225	液态	2.56E+5	2.56E+7	7.68E+6	使用		

表 1.2-10 东莞研究部已获许可使用的射线装置

序号	射线装置名称	类别	装置数量	活动种类	场所
1	硼中子俘获治疗装置	II 类	1	使用	1 号测试厅
2	X 射线成像仪	III 类	1	使用	靶站谱仪大厅 13 号束线
3	X 射线成像仪	III 类	1	使用	靶站谱仪大厅 14 号束线
4	X 射线成像仪	III 类	1	使用	靶站谱仪大厅 15 号束线
5	高频超导腔测试平台	II 类	1	使用	南方光源研究 测试平台 D2 号 厅
6	X 射线微米 CT 实验装置	III 类	1	使用	南方光源研究 测试平台 D3 号 厅
7	微焦 X 射线衍射仪	III 类	1	使用	
8	布拉格定向仪	III 类	1	使用	
9	X 射线衍射仪	III 类	1	使用	
10	X 射线三维分层成像仪	III 类	1	使用	维修楼仪器设备区域
11	中国散裂中子源	I 类	1	使用	中国散裂中子源实验区

1.2.8.1.2 核技术利用项目环保手续履行情况

(1) 已获辐射安全许可项目的环保手续履行情况

东莞研究部辐射安全许可证上已获许可的放射源、非密封放射性物质和射线装置工作场所均已按规定完成了环境影响评价审批手续，已投入运行和使用的放射源和射线装置均已按要求完成了竣工环保验收手续。

(2) 在建核技术利用项目的环保手续履行情况

《中国散裂中子源二期工程核技术利用建设项目环境影响报告书》于 2023 年 2 月 1 日取得广东省生态环境厅的批复（见附件 3-2，粤环审〔2023〕17 号），该项目目前正在建设中，待具备竣工环保验收条件后开展竣工环保验收工作。该项目的环评申报主体为高能所，由东莞研究部进行建设、运行和管理。

1.2.8.2 辐射安全管理现状

1.2.8.2.1 辐射安全管理机构

为强化放射源、非密封放射性物质和射线装置使用的辐射安全管理，东莞研究部成立了专门的辐射安全管理机构“辐射安全与环境保护小组”，由东莞研究部副主任以及相关部门负责人组成。组长由研究部副主任担任，全面负责东莞研究部的辐射安全管理工作，辐射安全管理工作由技术安全办公室负责，专职负责辐射安全与防护相关工作。东莞研究部辐射安全管理机构成立及任命文件见附件 5。

1.2.8.2.2 辐射安全管理规章制度

为加强对放射源、非密封放射性物质和射线装置的辐射安全管理，确保工作人员和环境安全，东莞研究部技术安全办公室组织制定了《高能所东莞研究部辐射防护大纲》等 30 项辐射安全管理制度，现有清单辐射安全管理制度如表 1.2-11 所示，涵盖了操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理、人员培训计划、个人剂量监测与管理、工作场所辐射监测等内容，以及制定了对装置用户（外单位科研人员）等来访人员进入辐射工作场所的管理规定和用户实验安全管理规定等制度，基本能够满足《放射性同位素与射线装置

安全许可管理办法》等法规要求。同时，根据近年来核技术利用工作经验，技术安全办公室不断总结完善，对东莞研究部辐射安全相关制度进行修订和补充。

为了确保辐射安全制度的有效落实，技术安全办公室每年进行制度宣贯，并且每年开展四次安全检查，配合生态环境主管部门的检查，对存在的安全隐患及问题积极进行整改落实，确保辐射安全管理制度有效执行。

表 1.2-11 辐射安全管理制度清单

序号	文件名称	备注
1	高能所东莞研究部辐射防护大纲	已制定
2	高能所东莞研究部安全防护设施维护维修制度	已制定
3	高能所东莞研究部个人剂量监测管理规定	已制定
4	高能所东莞研究部环境及场所辐射剂量监测制度	已制定
5	高能所东莞研究部密封放射源和射线装置台账管理规定	已制定
6	高能所东莞研究部辐射工作人员培训制度	已制定
7	高能所东莞研究部密封放射源使用管理规定	已制定
8	高能所东莞研究部放射源源库安全管理制度	已制定
9	高能所东莞研究部辐射事故应急预案	已制定
10	高能所东莞研究部控制区维修人员剂量控制管理规定	已制定
11	高能所东莞研究部来访人员进入辐射工作场所管理规定	已制定
12	高能所东莞研究部实验样品管理规定	已制定
13	中国散裂中子源用户实验辐射安全管理制度	已制定
14	高能所东莞研究部加速器隧道火灾应急处置流程	已制定
15	高能所东莞研究部加速器隧道漏水应急处置流程	已制定
16	南方光源预研平台高频超导腔测试操作规程	已制定
17	伴生质子束实验平台操作规程	已制定
18	X 射线三维分层成像仪操作规程	已制定
19	高能所东莞研究部豁免放射源管理规定	已制定
20	高能所东莞研究部放射性废弃物暂存场所管理规定	已制定
21	中国散裂中子源特殊控制区管理规定	已制定
22	高能所东莞研究部非密封放射性物质安全管理制度	已制定
23	高能所东莞研究部个人剂量管理规定	已制定
24	高能所东莞研究部放射性物品运输管理规定	已制定
25	高能所东莞研究部密封放射源使用管理规定	已制定
26	高能所东莞研究部密封放射源与射线装置台账规定	已制定
27	高能所东莞研究部辐射剂量监测制度	已制定
28	高能所东莞研究部辐射监测人员职责	已制定

1.2.8.2.3 辐射工作人员培训情况

截至 2025 年 1 月，东莞研究部共有辐射工作人员 646 名，均根据其工作内容参加并通过了相应级别/专业类别的辐射安全与防护培训，并通过了生态环境部核技术利用辐射安全与防护考试，取得证书。确保辐射工作人员定期参加和通过生态环境部核技术利用辐射安全与防护考核，考核不合格的，不得上岗。

1.2.8.2.4 个人剂量管理

东莞研究部为辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司进行个人剂量监测，使用 OSL 剂量计进行外照射伽马个人剂量监测，使用 CR-39 中子个人剂量计进行外照射中子个人剂量监测，监测周期为每季度一次。技术安全办公室负责为辐射工作人员建立个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等。

根据东莞研究部 2024 年一至四季度个人剂量监测数据，辐射工作人员伽马个人年最大有效剂量为 1.11mSv；中子年有效剂量最大值为 0.2mSv（所有辐射工作人员每季度的中子有效剂量均为 M 值（数据处理过程中对于所得到的小于测量系统的最低可探测水平（MDL）的数据，在报告中以 M 表示），根据 GBZ128-2019，M 可以取值为 MDL 的二分之一，MDL 为 0.1mSv），远小于 CSNS 管理目标值（10mSv/年）。

1.2.8.2.5 职业健康管理

根据《放射工作人员职业健康管理办法》的规定，为有效预防、控制和消除职业病危害，保障从事射线装置研制、调试、运行、维修、值班和辐射防护人员的健康和安 全，东莞研究部每两年组织辐射工作人员参加职业健康体检。东莞研究部为每一位辐射工作人员建立个人健康监护档案，档案中详细记录历次体检报告结果及其评价处理意见，并长期妥善保存。

2024 年东莞研究部组织了 62 名放射工作人员进行在岗期间职业健康检查（每两年一次），2024 年所有新上岗人员均参加了上岗前职业健康检查，各类健康检查总数为 220 人次。职业健康检查机构为广东省职业病防治院。

1.2.8.2.6 辐射工作场所及环境监测

(1) 辐射工作场所和环境自主监测

CSNS 工作场所剂量辐射监测系统共设 71 个监测点，其中，直线加速器区域设 11 个点，RCS 区域设 13 个点，LRBT 区域设 2 个点，RTBT 区域设 5 个点，靶站地下室设 4 个点，靶站谱仪大厅设 26 个点，靶站顶部大厅设 5 个点。对工作区域人员出入频繁，靠近辐射较强场所的区域进行辐射监测，测量所在位置的伽马和中子辐射剂量率。环境辐射监测系统设 4 个监测站。每个监测站由一台中子和一台伽马探测器组成。测量数据实时显示，并通过数据网络存入系统数据库，当测值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时探测器报警，同时记录报警事件。

另外，在散裂中子源预留地（距离靶站约 2 公里），设置 1 个环境参考站，用来测量环境本底作为参考，参考站由一台中子和一台伽玛探测器组成。

2024 年 CSNS 束流功率稳定在 170kw 供束。剂量监测系统在运行期间对工作区域进行了监测。辐射剂量监测系统在 2024 年保障了全年的辐射安全，整个系统运行正常。

直线区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $1.978\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.204\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $88.242\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $8.224\mu\text{Sv/h}$ ，该区域属于控制区，中子和伽马剂量率满足相应区域的剂量率控制水平。

RCS 区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $0.010\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.190\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $0.158\mu\text{Sv/h}$ ，远小于控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。全年未发生剂量值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的报警事件。

LRBT 区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $0.004\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.189\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $0.177\mu\text{Sv/h}$ ，远小于控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。全年未发生剂量值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的报警事件。

RTBT 区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $1.228\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.383\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.836\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为

0.422 μ Sv/h，该区域属于控制区，中子和伽马剂量率满足相应区域的剂量率控制水平。

靶站区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 0.011 μ Sv/h，中子剂量率平均值为 0.004 μ Sv/h；伽马剂量率最大值为 0.222 μ Sv/h，伽马剂量率平均值为 0.145 μ Sv/h，远小于控制水平 2.5 μ Sv/h。全年未发生剂量值超过 2.5 μ Sv/h 的报警事件。

靶站地下室水冷间属于控制区，监测点在 1-12 月伽马剂量率最大值为 226 μ Sv/h，伽马剂量率平均值为 178.889 μ Sv/h，该区域伽马剂量率满足相应区域的剂量率控制水平。

靶站地下室水系统取样间属于控制区，监测点在 1-12 月伽马剂量率最大值为 1.679 μ Sv/h，伽马剂量率平均值为 1.198 μ Sv/h，远小于控制水平 2.5 μ Sv/h。全年未发生剂量值超过 2.5 μ Sv/h 的报警事件。

根据 2023 年全国辐射环境质量报告（中华人民共和国生态环境部 2023 年公布），广东 2023 年环境 γ 辐射剂量率自动监测年均值结果为 40~150nGy/h，CSNS 园区位于东莞大朗镇，所以采用此环境 γ 辐射剂量率连续自动监测结果作为参考。CSNS 环境站 4 个监测点测量的伽马年剂量率值扣除本底后，属于当地正常天然本底辐射水平。4 个监测点测量的中子剂量率水平均为本底水平。

环境站区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 0.003 μ Sv/h，中子剂量率平均值为 0.003 μ Sv/h；伽马剂量率最大值为 0.118 μ Sv/h，伽马剂量率平均值为 0.116 μ Sv/h，远小于控制水平 2.5 μ Sv/h。全年未发生剂量值超过 2.5 μ Sv/h 的报警事件。

参考站区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 0.003 μ Sv/h，中子剂量率平均值为 0.003 μ Sv/h；伽马剂量率最大值为 0.102 μ Sv/h，伽马剂量率平均值为 0.102 μ Sv/h，远小于控制水平 2.5 μ Sv/h。全年未发生剂量值超过 2.5 μ Sv/h 的报警事件。

（2）CSNS 辐射环境监测（委托第三方监测）

2024 年 6 月，东莞研究部委托国家卫生健康委职业安全卫生研究中心对其辐射环境进行全面检测，检测项目覆盖 CSNS 环评验收监测的所有项目，包括 CSNS 装置的监督区瞬发辐射（伽马剂量率和中子剂量率）、水、生物、土壤、气溶

胶、空气中 H-3 和 C-14 以及敏感点（大朗镇水平村）的水、生物、土壤、气溶胶、空气中 H-3 和 C-14 等项目，检测结果均为正常。

1.2.8.2.7 放射性废物管理情况

（1）固体废物管理情况（活化部件）

CSNS 建设有 2 个加速器拆卸活化部件暂存点、1 个放射性固体废物暂存厅、1 个活化样品暂存间、1 个靶站固体废物暂存间和 1 个靶站液体废物暂存间。拆卸的活化部件均就近存放于暂存点或暂存间。放射性废物存放和处理由专人负责，并已建立活化部件管理台账。2024 年共暂存拆卸部件、沾污废物、活化样品 26 件，均编号标识并登记入账。

（2）液体废物管理情况（冷却水）

CSNS 分别在直线加速器、环加速器、靶站建立了废水收集罐，以收集和暂存废水。

（3）废气管理情况

CSNS 控制区内的活化气体在排放前均经过两级过滤后，通过排风中心的烟囱排放至大气中。

1.2.8.2.8 年度监督检查情况

2023 年 3 月 15 日，生态环境部华南核与辐射安全监督站对东莞研究部进行上半年辐射安全检查，检查发现的辐射安全隐患与整改情况如下。

问题一：《人身安全联锁系统测试报告》中“审定”一栏无相关责任人签发。

整改情况：制定辐射安全相关系统测试审定流程，确定了部门-安全管理机构-研究部领导三级审定签发制度。

问题二：2023 年 8 月，谱仪建设人员未经许可更改线路，将门禁系统旁路。

（后经东莞研究部辐射管理人员发现，已立即整改完成。）

整改情况：要求各部门严格执行研究部相关规定，禁止私自旁路辐射安全相关系统，如有相关需求必须经研究部相关部门讨论通过并由研究部领导批准后方可实施。

问题三：2023 年 1 月 7 日的《CSNS 辐射防护系统值班记录》内容空白。

整改情况：要求辐射防护组规范记录，技术安全办公室定期检查。

2023年8月18日，生态环境部华南核与辐射安全监督站对研究部进行检修期辐射安全检查，检查发现的辐射安全隐患与整改情况如下。

问题一：原计划旧真空管取下后立即转运至暂存间，后计划变动，将真空管临时存放在隧道旁区域内（真空管表面10cm处剂量率约为6mSv/h），现场相关物资准备不足，警示牌临时准备。

整改情况：各部门安排副主任负责暑期检修安全管理，检修方案经讨论确定后不可随意变更，如需变更必须先组织讨论，明确变更内容和相关安全措施，通过后方可执行。

问题二：真空管转运至暂存间是由叉车进行转运，且真空管无外包装容器，在转运途中有掉落风险。

整改情况：放射性废物运输需填写申请单，明确运输方案，经技术安全办公室审批通过后实施，方案内容必须包括运送物品信息、包装与屏蔽方案、运输路线、安全管理措施、负责人和应急预案。

问题三：真空管转运至暂存间进行入库登记时，入库登记记录表未找到，现场重新打印进行登记。

整改情况：要求加强放射性废物管理，建立电子化出入库审批与信息记录系统。

1.2.8.2.9 年度评估报告上报情况

东莞研究部每年1月31日按时向生态环境部上报上一年度《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。对东莞研究部许可的放射源、非密封放射性物质和射线装置台账、监测仪表情况、辐射工作人员培训情况、辐射工作人员职业健康体检情况、辐射工作人员个人剂量监测情况、辐射安全与防护制度建立修订和执行情况、辐射安全和防护设施设备的运行和维护情况、辐射事故应急工作情况、是否有事故记录违纪记录情况、档案管理情况、辐射安全隐患与整改情况、辐射安全与防护年度监测情况，以及放射性“三废”管理情况等核技术利用项目的安全和防护状况进行了评估和上报。

1.2.9 拟建项目与现有项目的依托关系

本项目为靶站谱仪大厅（B7）现有靶站热室的改建项目，与现有工程的依托关系如下：

（1）配套建筑：本项目依托现有靶站谱仪大厅（B7）建筑进行改建；

（2）辐射安全设施与能力提升：辐射屏蔽措施、放射性废气收集处理设施等均在现有设施基础上进行改建，依托现有放射性废液和放射性固废收集设施。

（3）辐射工作人员：本项目涉及辐射工作人员均为东莞研究部现有辐射工作人员。

（4）辐射管理机构和相关规章制度：辐射安全管理工作由东莞研究部现设立的辐射安全管理机构统一负责，相关规章制度和操作规程将根据本项目的内容和特点在现有规章制度基础上补充完善。

（5）工作场所和环境监测：工作场所监测计划在 CSNS 现有工作场所监测监测计划基础上进行补充；环境监测将纳入 CSNS 园区现有的环境监测计划中执行，更新完善后的环境监测计划能够满足本项目环境监测的要求。

1.3 编制依据

1.3.1 国家相关法律

- （1）《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日实施；
- （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日实施；
- （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日实施；
- （4）《中华人民共和国大气污染防治法》，2018年10月26日实施；
- （5）《中华人民共和国水污染防治法》，2018年1月1日实施；
- （6）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年9月1日实施；
- （7）《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022年6月5日实施。

1.3.2 国家相关行政法规、条例

（1）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 449 号，2019 年 3 月 2 日修订；

（2）《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令 562 号，2010 年 1 月 1 日；

(3) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令 第 612 号，2012 年 3 月 1 日；

(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 第 253 号，2017 年 10 月 1 日施行。

1.3.3 部门规章、规范性文件

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

(2) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 修正四）》，生态环境部部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起实施；

(3) 《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 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施；

(4) 《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，2024 年 2 月 1 日起实施；

(5) 关于发布《放射性废物分类》的公告，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起实施。

1.3.4 技术规范和标准

(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；

(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

(3) 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ380-1989）；

(4) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；

(5) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-1989）；

(6) 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB12711-2018）；

(7) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

(8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

(9) 《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2019）；

(10) 《放射性物质运输包装质量保证》（GB/T15219-2009）；

(11) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）；

(12) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；

- (13) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (14) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (15) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (16) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (17) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）。

1.3.5 与项目有关的文件、资料

- (1) 《辐射防护手册（第一分册、第三分册）》（原子能出版社，李德平、潘志强编著）；
- (2) 《中国散裂中子源项目环境影响报告书》及环评批复（见附件 3-1，环审[2010]127 号）；
- (3) 《中国散裂中子源二期工程核技术利用建设项目环境影响报告书》及环评批复（见附件 3-2，粤环审[2023]17 号）；
- (4) 国家发改委关于中国科学院国家重大科技基础设施升级改造项目可行性研究报告的批复（见附件 2，发改高技〔2024〕1583 号）；
- (5) 委托书（见附件 1）；
- (6) 其他相关资料。

1.4 评价标准

1.4.1 放射性评价标准

1.4.1.1 剂量约束值

本项目属于对现有 CSNS 靶站热室的改造，工作人员以及公众照射剂量约束值执行 CSNS 标准，如下表所示。

表 1.4-1 辐射环境影响评价标准 单位：mSv/a

分类	GB18871-2002 基本限值标准	剂量约束值
职业照射	20	10
外来科研人员照射	1	0.5
公众照射	1	0.1

1.4.1.2 工作场所的放射性表面污染控制水平

本项目工作场所的放射性表面污染控制水平按 GB18871-2002 的要求执行，工作场所的放射性表面污染控制水平如下表。

表 1.4-2 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区（该区内的 高污染子区除外）	40
	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		0.4

1.4.1.3 工作场所的外照射剂量率

本项目属于对现有项目的改造，工作场所的辐射水平执行原项目标准，工作场所的控制水平如下：

监督区外照射剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

控制 I 区外照射剂量率 $\leq 25\mu\text{Sv/h}$ ；

控制 II 区正常操作情况，严禁工作人员进入。

1.4.1.4 放射性固体废物的清洁解控

本项目可能产生的放射性固体废物主要包括以下两类：

(1) 第一类放射性固体废物：退役部件、样品和废离子交换树脂等。

第一类放射性固体废物的清洁解控参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 A 中 A2.1 的规定“任何时间段内在进行实践的场所存在的给定核素的总活度或在实践中使用的给定核素的活度浓度不超过表 A1 所给出的或审管部门所规定的豁免水平”执行。GB18871-2002 附录 A 表 A1 中给出的与本项目相关的放射性核素的豁免活度浓度和活度如表 1.4-3 所示。对于存在一种以上放射性核素的情况，仅当各放射性核素的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比的和小于 1 时，方可给予豁免。放射性固体废物经监测后低于豁免水平的方可作为一般固体废物处理。

表 1.4-3 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	核素	活度浓度, Bq/g	活度, Bq
H-3	1E+06	1E+09	Cd-109	1E+04	1E+06
Na-22	1E+01	1E+06	Ce-139	1E+02	1E+06
Cl-36	1E+04	1E+06	Pm-147	1E+04	1E+07
Mn-54	1E+01	1E+06	Eu-152	1E+01	1E+06
Fe-55	1E+04	1E+06	Eu-154	1E+01	1E+06
Co-57	1E+02	1E+06	Eu-155	1E+02	1E+07
Co-58	1E+01	1E+06	Gd-153	1E+02	1E+07
Co-60	1E+01	1E+05	Tb-160	1E+01	1E+06
Ni-63	1E+05	1E+08	Ta-182	1E+01	1E+04
Zn-65	1E+01	1E+06	W-181	1E+03	1E+07
Nb-93m	1E+04	1E+07	W-185	1E+04	1E+07

(2)第二类放射性固体废物：可能受到表面污染的工作服、手套、工作鞋、工作袜、衣物、工作台、设备、部件等。

第二类放射性固体废物的清洁解控，需同时满足如下两个条件：

①距离固体废物表面 10cm 处的剂量率水平不高于 0.25 μ Sv/h；

②固体废物表面污染水平：利用 GB18871-2002 中工作场所的放射性表面污染控制水平，结合 CSNS 目前采用的 COMO170 表面污染监测仪的探测效率，推导出固体废物表面污染水平，列于表 1.4-4 和表 1.4-5。如将来遇监测仪表更新换代，CSNS 将根据新仪表探测器效率推导报警阈值。

表 1.4-4 CSNS 的 α 表面污染限值设置

表面类型	α 表面污染限值, Bq/cm ²	便携式表面污染仪 COMO170 的报警阈值 (cps)
工作台、设备、部件、样品	4	115.6
工作服、手套、工作鞋	0.4	11.56
内衣、工作袜	0.04	1.156

备注：表面污染限值（以 Bq/cm² 为单位）取自 GB18871-2002，报警阈值（以 cps 为单位）为由国标结合可能核素和探测器效率推导出的值。

表 1.4-5 CSNS 的 β/γ 表面污染限值设置

表面类型	β/γ 表面污染限值, Bq/cm ²	便携式表面污染仪 COMO170 的报警阈值 (cps)			手脚沾污仪的报警阈值 (cps)			工具污染仪的报警阈值 (cps)
		下限	上限	均值	手部探测器	脚部探测器	衣物探测器	
工作台、设备、部件、样品、工作服、手套、工作鞋	4	47.6	170	115.6	288	630	36	2450
内衣、工作袜	0.4	4.76	17	11.56	28.8	63	3.6	245
氚和氚化水引起的上述表面污染	为上述对应值的 10 倍							

备注：表面污染限值（以 Bq/cm² 为单位）取自 GB18871-2002，报警阈值（以 cps 为单位）为由国标结合可能核素和探测器效率推导出的值。

1.4.2 非放射性评价标准

1.4.2.1 环境质量标准

(1) 环境空气质量标准

本项目所在地划分为二类环境空气质量功能区，环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

(2) 地表水环境质量标准

地表水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类水域标准。

(3) 声环境质量标准

东莞研究部所在区域属于 2 类声功能区，其中子源路两侧与 2 类声功能区相邻，中子源路两侧两侧纵深 35 米的区域范围应划为 4a 类声功能区，故东莞研究部与中子源路相邻北侧厂界属于 4a 类声功能区，其他区域及厂界属于 2 类声功能区。本项目声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的标准，其中：东莞研究部北侧厂界执行 4a 类标准限值，即昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）；园区其他区域及周边执行 2 类标准限值，即昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。

1.4.2.2 污染物排放标准

本项目环境噪声的排放执行以下标准：

① 施工期

本项目施工期噪声排放执行噪声执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)中的限值,为昼间 70dB(A)、夜间 55dB(A)。

②运营期

本项目运行期东莞研究部东侧、南侧和西侧厂界执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类标准限值,即昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A),其北侧厂界位于中子源路道路两侧边界纵深 35m 范围内,执行 4a 类标准限值,即昼间 70dB(A)、夜间 55dB(A)。

1.5 评价等级

(1) 大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)中的有关规定,本项目运营期无非放射性大气污染物排放,可不开展大气环境影响评价。

(2) 地表水环境

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)的规定,本项目运营期正常工况下无工艺废水产生,不新增生活污水产生量;异常工况下淋浴废水、洗手废水接入地下室专用放射性污水罐储存,交有资质单位处理。

本项目运营期无非放射性水污染物排放,可不开展地表水环境影响评价。

(3) 地下水环境

根据《建设项目环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016),导则中附录 A 地下水环境影响评价工作的划分,本项目为核技术利用类建设项目,属附录 A 中未提及的行业,“应根据对地下水环境影响程度,参照相近行业分类,对地下水环境影响评价项目类别进行分类”。参考日本 J-PARC 以及中国散裂中子源的辐射防护设计,当混凝土与土壤边界处瞬发辐射剂量率低于 5.5mSv/h 时,可忽略土壤和地下水的感生放射性,CSNS-II 屏蔽设计以“5.5mSv/h”作为各辐射工作场所地板外表面与土壤交界处的剂量率控制水平。因此,本项目参照“16 3、专业实验室 其他”属于 IV 类建设项目,可不开展地下水环境影响评价。

(4) 声环境

东莞研究部除北侧厂界处位于 4a 类声功能区外,其他项目所处位置位于 2

类声功能区，经现场调查，周边无声环境保护目标，受影响人口数量变化不大。按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ24-2021）中关于评价项目噪声环境影响评价工作等级划分基本原则，本项目属于“建设项目所处的声环境功能区为GB3096规定的1类、2类地区，或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量达3dB(A)~5dB(A)，或受噪声影响人口数量增加较多时，按二级评价”的情形，确定本项目声环境影响评价按照二级评价。

1.6 评价范围和保护目标

1.6.1 评价范围

（1）噪声评价范围

本项目为以固定声源为主的建设项目，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）中“5.2.1 对于以固定声源为主的建设项目（如工厂、码头、站场等）：a）满足一级评价的要求，一般以建设项目边界向外200m为评价范围；b）二级、三级评价范围可根据建设项目所在区域和相邻区域的声环境功能区类别及声环境保护目标等实际情况适当缩小”，本项目从严考虑，评价范围取东莞研究部厂界向外200m的范围，如图1.6-1所示。



图 1.6-1 本项目噪声评价范围

(2) 辐射评价范围

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》（HJ10.1-2016），本项目属于放射性同位素生产及甲级非密封放射性物质工作场所项目，评价范围为以靶站谱仪大厅（B7）实体边界为中心，半径 3km 的范围，如图 1.6-2 所示。

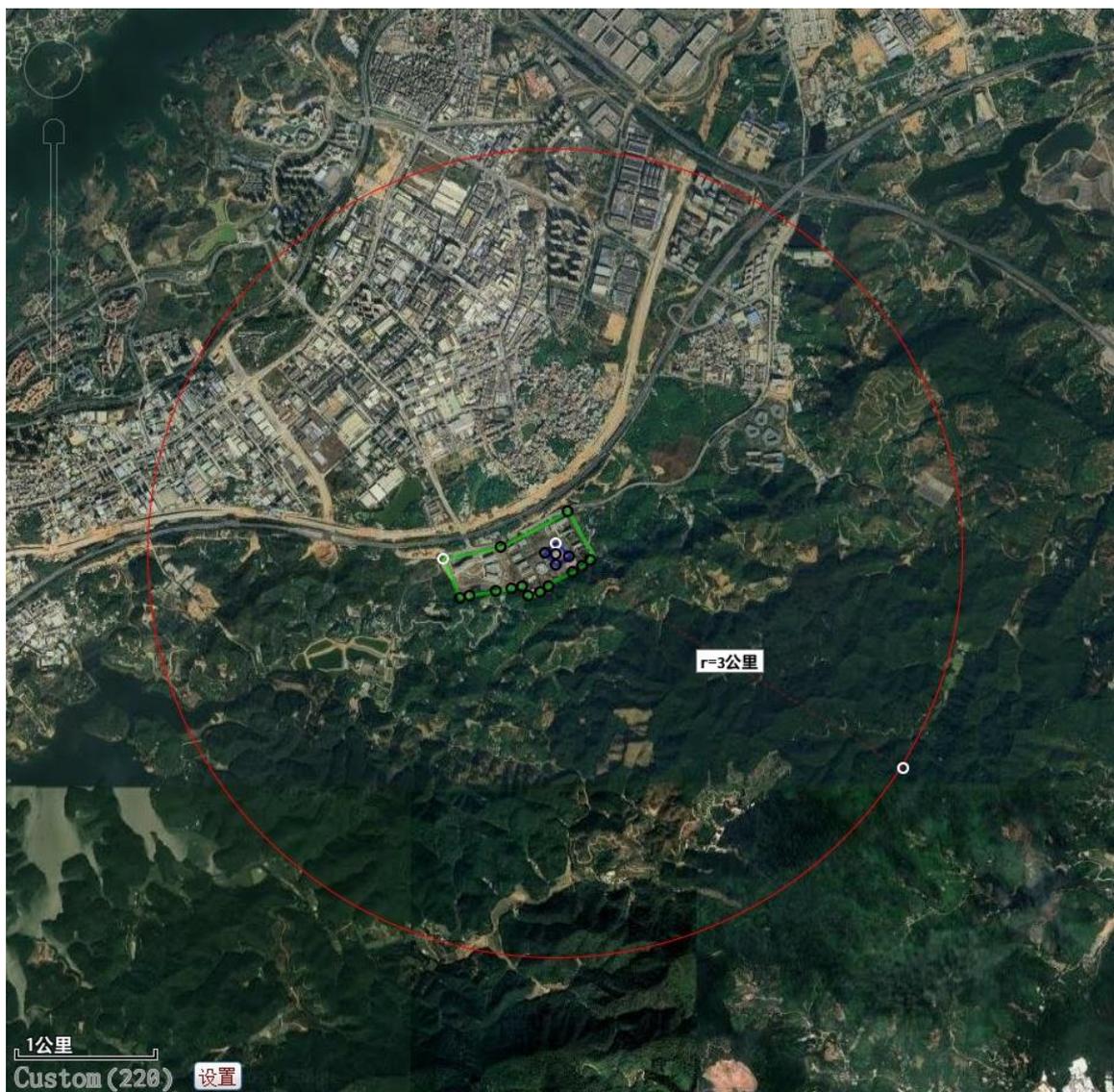


图 1.6-2 本项目辐射评价范围

1.6.2 保护目标

本项目建设地点位于 CSNS 园区内的靶站谱仪大厅（B7），3km 范围内主要有水平村、屏山社区、犀牛陂村、松木山村和樟木头林场等居民聚居点，以及学校、幼儿园、卫生站等环境敏感目标。本项目声环境影响评价范围内无环境保护

目标。本项目的的主要保护目标见表 1.6-1。

表 1.6-1 本项目 3km 范围内主要环境保护目标

环境因素	保护目标	本项目		人数	保护要求
		位置	距离 (m)		
电离辐射	水平村*	N	590	~60000	本项目所致辐射剂量不超过规定的剂量约束值 0.1mSv/a
	屏山社区*	NE	1800	~4700	
	犀牛陂村*	NW	1660	~14100	
	松木山村*	N	2960	~28800	
	樟木头林场*	SW	280	216	
	启东学校	NW	1140	5787	
	清澜山学校	NE	2940	2440	
	启东实验幼儿园	NW	1140	465	
	水平燕燕幼儿园	NE	1250	351	
	松山湖第二幼儿园	NE	2650	464	
	真爱幼幼托育园	NE	2430	130	
	香港城市大学(东莞)	NE	2560	1050	
	水平社区卫生服务站	NW	1560	7	
	刘坤亮卫生所	NE	1870	4	
吴春华卫生所	NE	2120	4		
电离辐射	职业照射	东莞研究部工作人员		17	10mSv/a
	外来科研人员照射	外来科研人员		~300	0.5mSv/a
	公众照射	东莞研究部其他工作人员		629	0.1mSv/a

注：*表中距离为该村民宅距通风中心 30m 高烟囱最近距离。

第二章 自然环境与社会环境状况

2.1 自然环境状况

2.1.1 地理位置

东莞市位于广东省中南部，珠江口东岸，东江下游的珠江三角洲。位于东经 $113^{\circ}31' \sim 114^{\circ}15'$ ，北纬 $22^{\circ}39' \sim 23^{\circ}09'$ 。东西最大横距 70.45 千米，东与惠州市惠阳区接壤；西与广州市番禺区、南沙区隔海交界；南北最大纵距 46.8 千米，北与广州市黄埔区和增城区、惠州市博罗县隔江为邻；南与深圳市宝安区相连。全市陆地面积约 2460.1km^2 ，海域面积 82.57km^2 。毗邻港澳，处于广州市至深圳市经济走廊中间。

本项目位于东莞市大朗镇水平村中国科学院高能物理研究所东莞研究部（中心经度： $113^{\circ} 54' 59.72''$ ，中心纬度 $22^{\circ} 52' 9.17''$ ）。项目地理位置示意图见附图 1，项目外环境关系示意图见附图 2。

2.1.2 地形、地貌

东莞地处珠江三角洲和丘陵台地两种地貌类型区，总面积 2465km^2 。地貌以平原、丘陵为主，尚有山地、台地、岗地等类型。地势东南高、西北低。自东南向西北倾斜，由海拔 $800 \sim 400\text{m}$ 逐渐降到 $2 \sim 0.01\text{m}$ 。可分为三大基本自然地理区：东江平原及三角洲区；中部和东南山丘区。中南部为丘陵台地区，工作区属丘陵区。场址区地貌上属丘陵和残丘区，多为丘陵、丘间凹地、沟坎、山前平地，地形起伏不平，地面高程 $28 \sim 240\text{m}$ 。区内有三个相对高的小山，分别是跌死牛（ 141.2m ）、崩岭（ 182.49m ）、围公下（ 239.6m ）。构造线方向和山体总体走向一致均为 NEE。沟谷以 NW 走向最为发育，其次为 NE 和 EW 走向，少部分为 SN 走向。地形坡度一般为 $20 \sim 40^{\circ}$ ，山丘坡体下缓上陡，顶部一般较平，可见 60m 和 80m 两个平台比较发育，次为 100m 平台，山脊走向以 NEE 向为主，次为 NW 和 SN 向。

2.1.3 地质、地震

本项目所在区域位于华南褶皱系（II）中的粤北、粤东北-粤中拗陷带（II

5) 里的粤中拗陷 (III5) 内的增城-台山隆断束 (VI7) 的东南部, 永梅-惠阳拗陷带 (III6) 内的紫金-惠阳凹褶断束 (VI9) 的西部。区域南界为五华-深圳深断裂, 北界为紫金-博罗大断裂, 中部有东西向的高要-惠来断裂。在地质历史上构造活动频繁, 郁南运动、加里东运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅等构造运动均有不同程度显示, 形成了以北东向及北西向断裂构造为主, 兼有近东西向及近南北向断裂构造, 并发育有基底褶皱及大陆边缘活动带褶皱的构造格局, 控制和改造了区内地层、岩浆岩和变质岩分布。加里东运动形成的基底构造由震旦系和下古生界变质岩系组成。盖层褶皱是由印支运动造成的, 总的构造线以 NE 走向为主。

项目所在区域处在我国华南地壳活动相对稳定区, 由沿海向西远离开了东南沿海地震带。从有记载的地震事件分布看, 项目场址区 30km 半径范围内没有发生 4 级以上的地震。本区地震烈度 VI, 向南为 VII 区。

2.1.4 水文概况

本项目所在区域地表水系属珠江水系东江支流寒溪河和南部的东宝河支流。东江最宽 1.2km, 一般宽 1km, 河床深度一般 2~4m, 整个水系密度 0.64k m/km²。流域特点是: 在山区小溪为树枝状, 在平原地带河道非常密集, 互相交织, 形似脉络, 在洪水和涨潮之际, 较低的河道易被水淹。包括东江区和珠江三角洲区在内的东莞市多年平均降水量 42 亿 m³, 水资源总量 29.39 亿 m³ (地表水资源量 23.36 亿 m³, 地下水资源量 6.03 亿 m³)。在距离项目所在地 5km 左右有几个中型水库, 分别是松山湖、罗田水库 (深圳)。松山湖正常水位为 24.0 米, 相应库容 3970 万 m³, 水库水质保持较好, 全年均能保持在 II-III 类。小型的有水流石水库、草芝坑水库和竹子陂水库, 是当地村镇生活用水的主要来源。在丘间谷地和洼地还有不少用于养鱼和灌溉的池塘。

2.1.5 气候气象

东莞市属于亚热带季风气候, 长夏无冬, 光照充足, 热量丰富, 气候温暖, 温度变幅小, 雨量充沛, 干湿季明显。2023 年, 东莞市年降水量略偏多, 年平均气温略偏高。年总降水量 1981.8 毫米, 较常年平均值偏多 4.7%; 年平均气温 23.7° C, 较常年平均值偏高 0.8° C; 年日照时数 1776.2 小时, 较常年平均

值偏少 6%。汛期总降水量 1776.9 毫米，较常年平均值偏多 8.6%。年内月平均气温整体较常年同期偏高，2 月和 7 月平均气温分别位居历史最高第六位和第三位。年内日最高气温出现在 7 月 15 日，为 38.9° C，破历史最高温纪录；年内日最低气温出现在 12 月 22 日，为 5.1° C，年内无低温日（≤5° C）天气出现。

2.1.6 植被概况

东莞市最具代表性的植被类型是亚热带常绿阔叶林，其分布面积最大，从南到北都有分布，表现出从热带到亚热带过渡的特点，以壳斗科、樟科、茶科、桃金娘科为主。东部银瓶山主要分布罗浮栲、硬壳柯等喜湿植物；中部大岭山以偏干的竹叶青冈林为主；西部和西南部主要分布秋茄、老鼠簕、无瓣海桑等热带性较强的红树林植物和芦苇、短叶茳芏等沼生植被。从群落类型看，从东部到中部主要为常绿阔叶林和低地常绿季雨林，东南部清溪林场等分布着面积比较大的短萼仪花—假苹婆群落、华润楠—网脉山龙眼—浙江润楠群落、红花荷—鼠刺—鸭脚木群落、木荷—黄樟—降真香群落等常绿阔叶林群落，中部大岭山主要是低地常绿阔叶林类型，群落物种相对丰富，结构复杂，在沟谷和背风湿润的地方，分布有板根、茎花、附生、绞杀和大型木质藤本现象的低地常绿季雨林群落类型。东莞市植物群落种类成分与结构、外貌特点反映南亚热带地区地带性植被的特点。东莞市植被垂直带较完整，呈连续带状分布，可分为低山丘陵亚热带常绿阔叶林、中山亚热带常绿阔叶林和山顶矮林 3 个亚型。植被垂直分布规律主要集中于海拔较高的东部至中南部，以银瓶山及其附近山脉为最，从山脚到山顶，海拔从 100 米以下的低地到最高峰近 900 米，植被群落类型由低地常绿季雨林、常绿阔叶林逐渐过渡至结构比较单一的常绿灌丛、草丛。东莞市植被垂直分布和水平分布，特别是垂直分布，造就多样化植被类型，群落多样性、特有性和稀有性突出，分布有广东省乃至中国稀有的短萼仪花群落、土沉香群落、三尖杉群落、苏铁蕨群落等特色群落。

2.2 社会经济状况

2.2.1 行政区划

东莞市隶属广东省，下辖 28 个镇（石碣镇、石龙镇、茶山镇、石排镇、企石镇、横沥镇、桥头镇、谢岗镇、东坑镇、常平镇、寮步镇、大朗镇、黄江镇、清溪镇、塘厦镇、凤岗镇、长安镇、虎门镇、厚街镇、沙田镇、道滘镇、洪梅镇、麻涌镇、中堂镇、高埗镇、樟木头镇、大岭山镇、望牛墩镇）、4 个街道（南城街道、莞城街道、万江街道、东城街道），下辖村 350 个，社区 261 个。市政府驻南城街道。

本项目处于大朗镇辖区内，大朗镇下辖 12 个社区、16 个行政村。镇政府驻美景中路 1 号。

2.2.2 人口

2024 年末，东莞市户籍人口 326.95 万人。全年出生人口 3.53 万人，出生率为 11.67‰；死亡人口 1.08 万人，死亡率为 3.57‰；人口自然增长率为 8.09‰。年末全市常住人口 1057.08 万人，比上年末增加 8.55 万人，其中，城镇常住人口 986.61 万人。人口城镇化率为 93.33%。

根据东莞市第七次全国人口普查公报显示，截至 2020 年 11 月 1 日零时，大朗镇常住人口为 556778 人。2024 年末，大朗镇户籍人口 125583 人。全年出生人口 1806 人，出生率为 15.17‰；死亡人口 439 人，死亡率为 3.69‰；人口自然增长率为 11.48‰。年末全镇常住人口 56.27 万人，比上年末增加 0.52 万人。

本项目评价范围内主要居民聚居区有水平村、屏山社区、犀牛陂村、松木山村和樟木头林场等，距离本项目最近的居民小区为北侧约 700m 处的水平村。

2.2.3 经济发展状况

2024 年，东莞市实现地区生产总值 12282.15 亿元，比上年增长 4.6%。其中，第一产业增加值 38.54 亿元，增长 0.5%；第二产业增加值 6800.80 亿元，增长 6.6%；第三产业增加值 5442.81 亿元，增长 2.1%。三次产业比例为 0.3：5.4：44.3。人均地区生产总值 116661 元（按年平均汇率折算为 16381 美元），增长 3.9%。

2024年，东莞市固定资产投资比上年下降6.9%。分产业看，第一产业投资下降54.1%，第二产业投资增长6.9%，第三产业投资下降16.9%。工业投资增长6.9%，占固定资产投资比重48.5%。基础设施投资增长2.8%，占固定资产投资比重22.6%。先进制造业投资增长9.4%，占固定资产投资比重30.4%。高技术产业（制造业）投资增长4.1%，占固定资产投资比重21.3%。

2024年，东莞市一般公共预算收入789.43亿元，比上年下降1.9%；其中，税收收入565.40亿元，下降6.6%。市一般公共预算支出912.17亿元，增长0.7%。其中，一般公共预算服务支出88.74亿元，下降7.3%；公共安全支出112.79亿元，增长5.2%；教育支出249.61亿元，增长6.8%；社会保障和就业支出64.93亿元，增长8.2%。

2.2.3 文化教育

截至2024年末，东莞市幼儿园1287所，比上年末减少1所；其中省、市一级幼儿园699所。全市小学347所，在校学生82.06万人；本市户籍小学学龄儿童入学率达100%，小学毕业生升学率达100%。全市初中211所（不含完全中学），在校学生31.56万人；本市户籍适龄少年初中入学率100%。全市普通高中60所，在校生14.01万人；中职学校29所（含技师、技工学校7所，在校生2.05万人），在校生8.68万人。全市普通高等院校9所（含校区），在校学生17.01万人；全年普通高等院校共招学生5.61万人，毕业生4.34万人。

2.2.4 医疗卫生

截至2024年末，东莞市医疗卫生机构4667个。其中，三级甲等医院9个（含妇幼保健院），门诊部、诊所、医务室、卫生所、社区卫生服务机构等基层医疗卫生机构4524个。全市卫生技术人员7.44万人，医疗机构实有病床3.70万张。全市门诊量7231.82万人次，比上年增长5.1%；住院量146.95万人次，增长8.1%。

2.3 环境质量和辐射现状

2.3.1 非放射性环境质量现状

引用生态环境主管部门对所在区域公开发布的环境空气、地表水质量现状

数据，反映本项目评价范围的环境质量水平现状。声环境质量现状引用项目所在地由有资质单位出具的监测数据，监测结果列于表 2.3-2。

2.3.1.1 环境空气质量

根据东莞市生态环境局 2025 年 6 月 6 日发布的《2024 年度东莞市环境状况公报》，2024 年东莞市环境空气质量如下。

2024 年，东莞市空气质量综合指数为 3.02，同比下降 0.12。空气质量指数（AQI）范围为 20~151，达标天数为 327 天，达标天数比例为 89.3%，同比改善了 0.5 个百分点。全年空气质量优 206 天、良 121 天、轻度污染 37 天、中度污染 2 天、无重度污染天。与 2023 年相比，优良天数增加 5 天。

2024 年，东莞市 CO 有所上升，其它各项大气污染物浓度均有不同幅度下降。除臭氧（O₃）外，东莞市环境空气中二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、细颗粒物（PM_{2.5}）和一氧化碳（CO）均达标，其中 PM_{2.5} 和 NO₂ 已连续 5 年保持稳定达标。

PM_{2.5} 年均浓度为 20 微克/立方米，达到国家二级标准（35 微克/立方米），同比（21 微克/立方米）下降 4.8%；日均值无超标。

PM₁₀ 年均浓度为 36 微克/立方米，同比（38 微克/立方米）下降 5.3%；日均值无超标。

NO₂ 年均浓度为 23 微克/立方米，同比（25 微克/立方米）下降 8.0%；日均值无超标。

O₃ 日年评价浓度为 163 微克/立方米，同比（168 微克/立方米）下降 3.0%；日均值超标 39 天，超标率 10.7%，同比（11.2%）下降 0.5 个百分点，超标天数同比减少了 2 天。

SO₂ 年均浓度为 7 微克/立方米，同比（9 微克/立方米）下降 22.2%；日均值无超标。

CO 年评价浓度为 0.9 毫克/立方米，同比（0.8mg/m³）上升 12.5%；日均值无超标。

根据《2024 年度东莞市生态环境状况公报》，SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 的平均浓度均达到《环境空气质量标准》（GB3095—2012）及其 2018 年修改单二级标准，CO 日均值第 95 百分位数浓度达到《环境空气质量标准》（GB309

5-2012) 及其 2018 年修改单二级标准, O_3 日最大 8 小时值第 90 百分位数浓度略高于《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其 2018 年修改单二级标准。综上所述, 项目所在地大气环境质量不达标, 主要是由于工业排放的氮氧化物、挥发性有机物转化成臭氧, 导致臭氧超标。

达标规划: 东莞市作为臭氧浓度未达标的城市, 积极开展新一轮环境空气质量达标规划研究, 分析识别东莞市主要大气污染问题, 采取有针对性的管控措施, 加快改善环境空气质量。最新的东莞市环境空气质量达标规划正在编制中, 东莞市拟采取产业和能源结构调整措施、大气污染治理的措施等一系列措施, 使臭氧污染得到初步控制, 空气质量全面稳定达标并持续改善。

2.3.1.2 地表水环境质量

本项目的施工期生活污水经园区下水管网排入中子源临时污水处理站, 处理达标后最终排入东莞运河。根据东莞市生态环境局公布的主要江河水质状况, 2024 年 12 月~2025 年 11 月的东莞运河的水监测结果如表 2.3-1 所示。

表 2.3-1 东莞运河 2024 年 12 月~2025 年 11 月水环境质量统计表

河流	断面	监测时间	水质目标	水质类别	水质状况	达标状况	超标项目/超标倍数
东莞运河	樟村(家乐福)	2024 年 12 月	IV 类	III 类	良	达标	/
东莞运河	樟村(家乐福)	2025 年 1 月	IV 类	III 类	良	达标	/
东莞运河	樟村(家乐福)	2025 年 2 月	IV 类	III 类	良	达标	/
东莞运河	樟村(家乐福)	2025 年 3 月	IV 类	III 类	良	达标	/
东莞运河	樟村(家乐福)	2025 年 4 月	IV 类	IV 类	轻度污染	达标	/
东莞运河	樟村(家乐福)	2025 年 5 月	IV 类	V 类	中度污染	超标	溶解氧 (0.6mg/L)
东莞运	樟村	2025 年 6 月	IV 类	V 类	中度污	超标	溶解氧

河流	断面	监测时间	水质目标	水质类别	水质状况	达标状况	超标项目/超标倍数
河	(家乐福)				染		(0.3mg/L)
东莞运河	樟村(家乐福)	2025年7月	IV类	V类	中度污染	超标	溶解氧(1.0mg/L)
东莞运河	樟村(家乐福)	2025年8月	IV类	V类	中度污染	超标	溶解氧(0.5mg/L)
东莞运河	樟村(家乐福)	2025年9月	IV类	V类	中度污染	超标	溶解氧(0.8mg/L)
东莞运河	樟村(家乐福)	2025年10月	IV类	IV类	轻度污染	达标	/
东莞运河	樟村(家乐福)	2025年11月	IV类	III类	良	达标	/

由上表可知，东莞运河的水环境质量未能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类标准的要求，主要原因是受到沿岸未经处理生活污水及沿线部分工业企业排放未经处理废水影响所致。随着目前东莞市环保监察力度的加强，污水处理厂管网建设逐渐完善，东莞市废水处理率将得到明显提高，东莞运河的水质也有望得到改善。

达标规划：项目纳污水体最终去向为东莞运河，根据《东莞市东莞运河-寒溪河流域水体达标方案执行文本（2017-2020）》。到2030年，东莞运河-寒溪河流域水环境质量总体改善，水生态系统功能初步恢复。到本世纪中叶，水环境质量全面改善，生态系统实现良性循环，经济繁荣、水体清澈、生态平衡、人水和谐新格局初步形成，为人民安居乐业提供安全优质供水保障和良好水生态环境。

2.3.1.3 声环境质量

本次声环境质量现状监测引用《中国散裂子源二期工程核技术利用环境影响报告书》中的噪声监测数据。对东莞研究部厂界及周围进行了噪声现状监测，噪声现状监测时，CSNS装置处于运行状态，相关噪声源（冷电站、风机房、泵房等）均处于正常运行状态，补充监测报告详见附件6-3（广东龙晟环保科

技有限公司中国散裂中子源项目噪声环境监测报告，LS-2022-ZS006）。

(1) 监测项目：

地面以上 1.5m 高度处的等效连续 A 声级。

(2) 监测点位



图 2.3-1 噪声监测点位图

表 2.3-2 噪声监测点位

点位编号	监测点位置	备注
N1	北侧厂界外 1m 处 (北侧约 10m 为二级公路, 114m 为高速公路)	场界噪声
N2	北侧厂界外 1m 处 (北侧约 10m 为二级公路, 114m 为高速公路)	场界噪声
N3	南侧厂界外 1m 处	场界噪声
N4	南侧厂界外 1m 处 (受现场条件限制, 该点布设在厂界内 1m 处)	场界噪声
N5	南侧厂界外 1m 处	场界噪声
N6	2F 民房院子外 1m 处	敏感点噪声
N7	2F 民房院子外 1m 处	敏感点噪声
N8	1F 厂房外 1m 处	敏感点噪声

(3) 监测方法

按《声环境质量标准》（GB3096-2008）和相关环境监测技术规范执行。

(4) 监测结果

厂界噪声监测结果见表 2.3-3。

表 2.3-3 噪声监测结果

点位编号	监测点位置	昼间 [dB (A)]Leq	夜间 [dB (A)]Leq
N1	北侧厂界外 1m 处 (北侧约 10m 为二级公路, 114m 为高速公路)	61	54
N2	北侧厂界外 1m 处 (北侧约 10m 为二级公路, 114m 为高速公路)	61	53
N3	南侧厂界外 1m 处	49	48
N4	南侧厂界外 1m 处 (受现场条件限制, 该点布设在厂界内 1m 处)	49	48
N5	南侧厂界外 1m 处	49	46
N6	2F 民房院子外 1m 处	50	47
N7	2F 民房院子外 1m 处	45	45
N8	1F 厂房外 1m 处	47	42

由监测结果可知：东莞研究部北侧厂界、北侧的大朗镇中子源临时污水处理项目处噪声监测值低于 GB3096 中 4a 类标准限值昼间 70dB(A)和夜间 55dB(A)；东莞研究部南侧厂界、以及东侧厂界外的临建看护房处界噪声监测值均低于《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准限值昼间 60dB(A)和夜间 50dB(A)。

综上，东莞研究部厂界及四周的现状噪声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的相应标准限值。

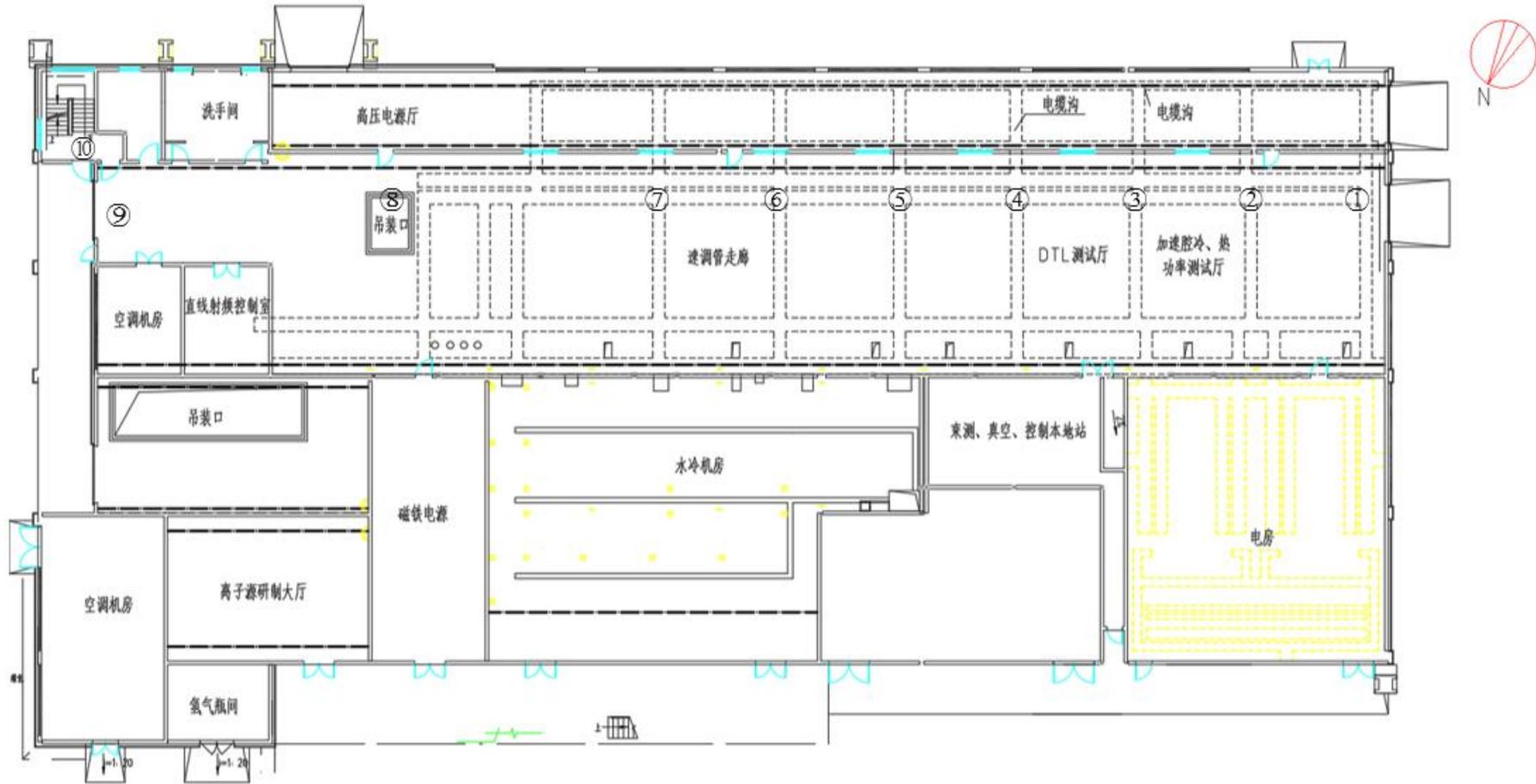
2.3.2 辐射环境质量现状

本次辐射环境质量现状监测引用《中国散裂中子源 2025 年度环境辐射水平检测报告》（见附件 6-1, FS2025049）中的部分辐射环境监测数据，并开展了补充监测（见附件 6-2, FS2025044）。

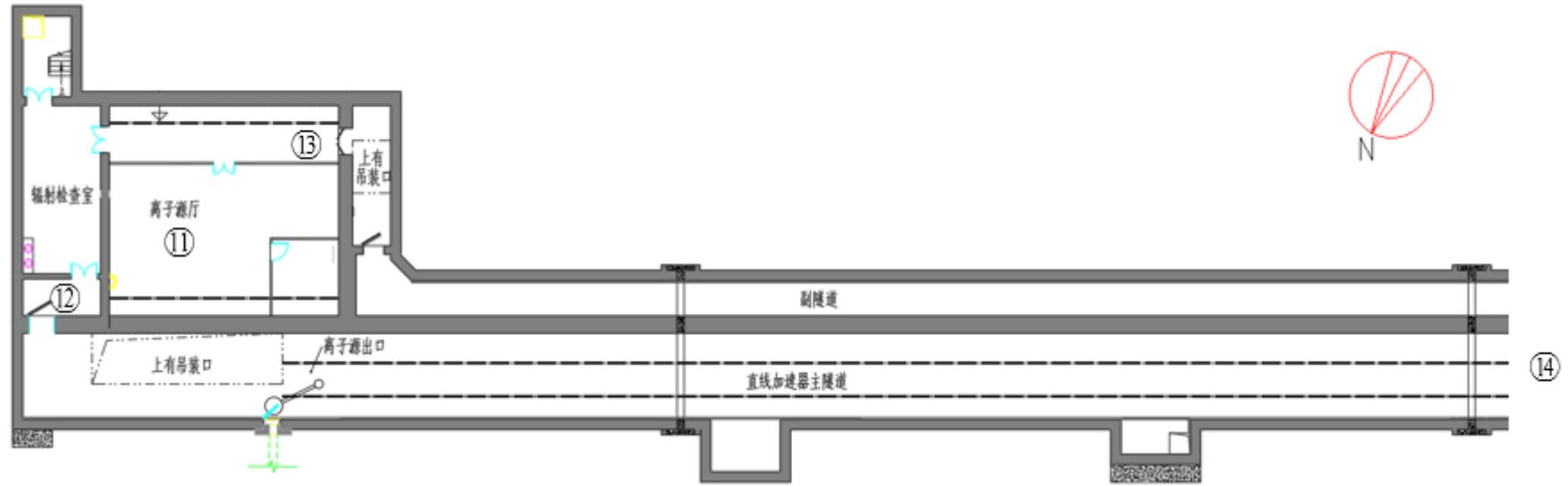
国家卫生健康委职业安全卫生研究中心于 2025 年 11 月 3 日~10 日对散裂

中子源园区及周围环境的环境空气吸收剂量率进行了监测。监测时，CSNS 处于运行模式，打靶时质子能量为 1.6GeV，打靶功率 160kW，重复频率 25Hz。硼中子俘获治疗装置（BNCT）未启用；南方光源平台垂直测试坑处于工作状态，功率为 8.3W，加速梯度为 10 μ V/m，水平测试机房未启用。监测布点示意图见图 2.3-2~11。

国家卫生健康委职业安全卫生研究中心于 2025 年 11 月 3 日~10 日对空气、地表水、地下水、土壤、生物等样品进行了采样，于 2025 年 11 月 3 日~12 月 18 日对样品的以下监测因子进行了监测：空气（ γ 核素分析、 ^{14}C 、 ^3H 、总 α 、总 β ）、地表水（ γ 核素分析、 ^3H 、总 α 、总 β ）、地下水（ γ 核素分析、总 α 、总 β ）、土壤（ γ 核素分析、总 α 、总 β ）、生物（ γ 核素分析、总 α 、总 β ）。样品采样点位示意图见图 2.3-10~11。



(a) 直线设备楼一层



(b) 直线设备楼隧道

图 2.3-2 直线设备楼环境空气吸收剂量率监测布点图

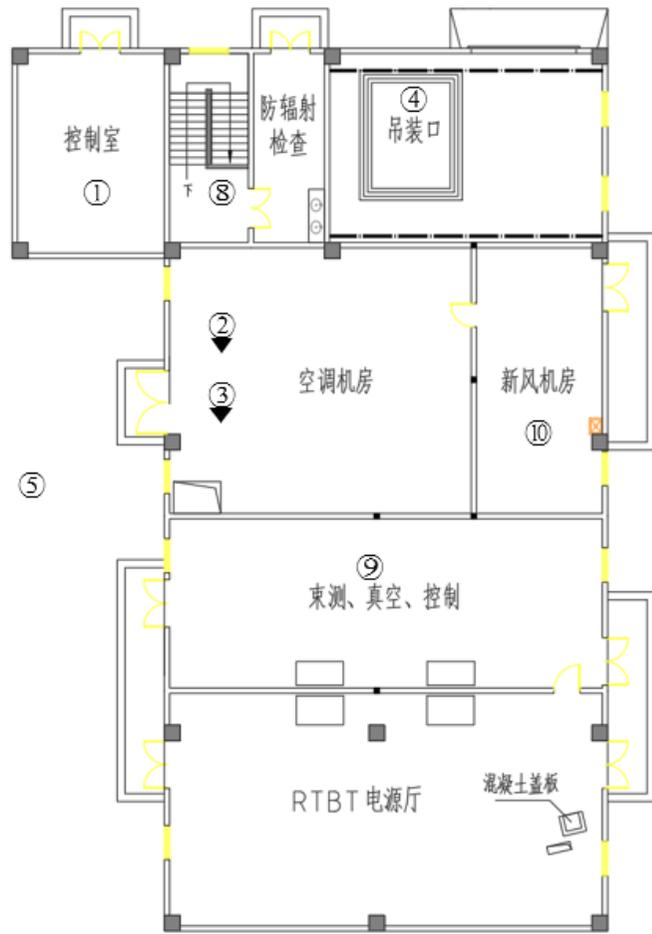


图 2.3-3 RTBT 设备楼环境空气吸收剂量率监测布点图

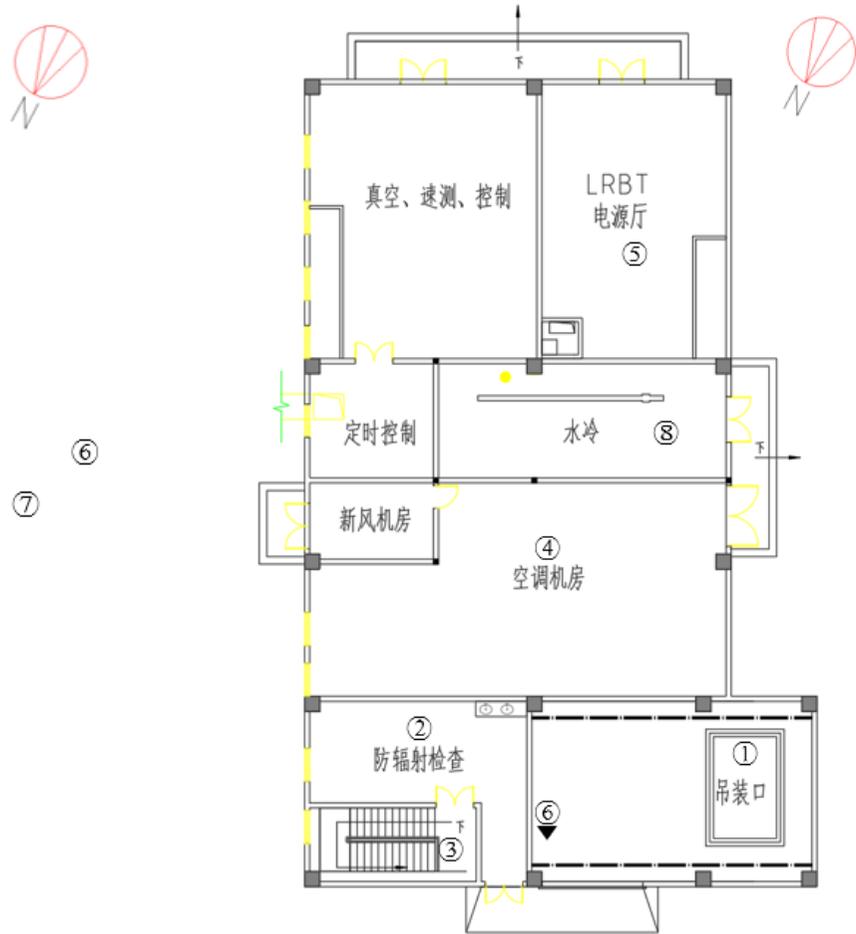
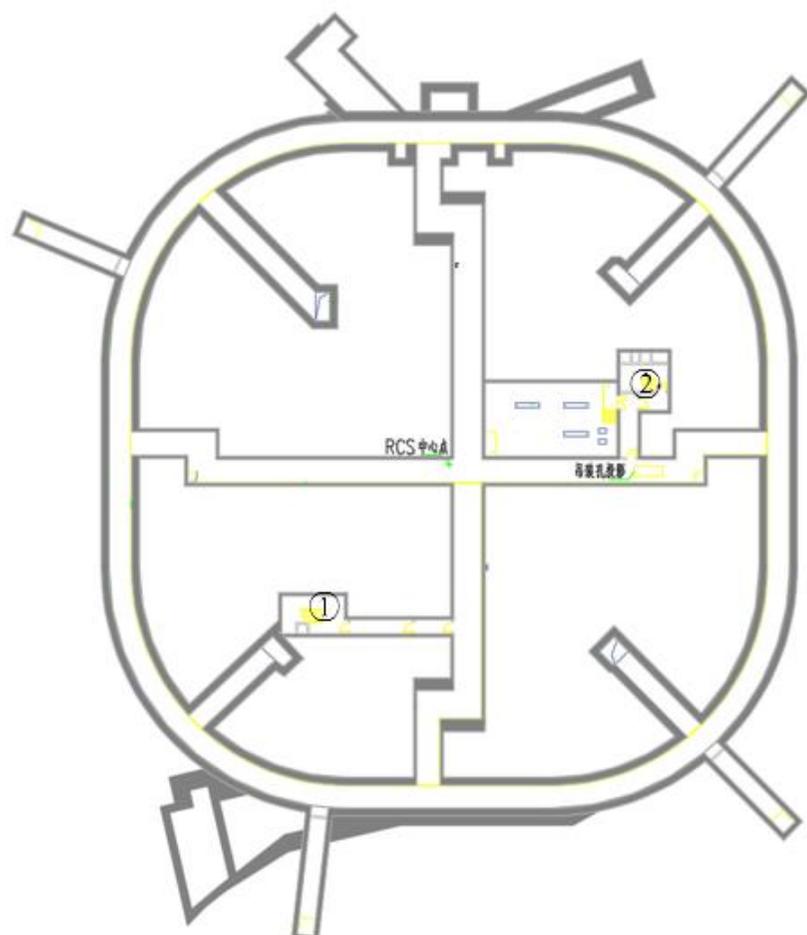
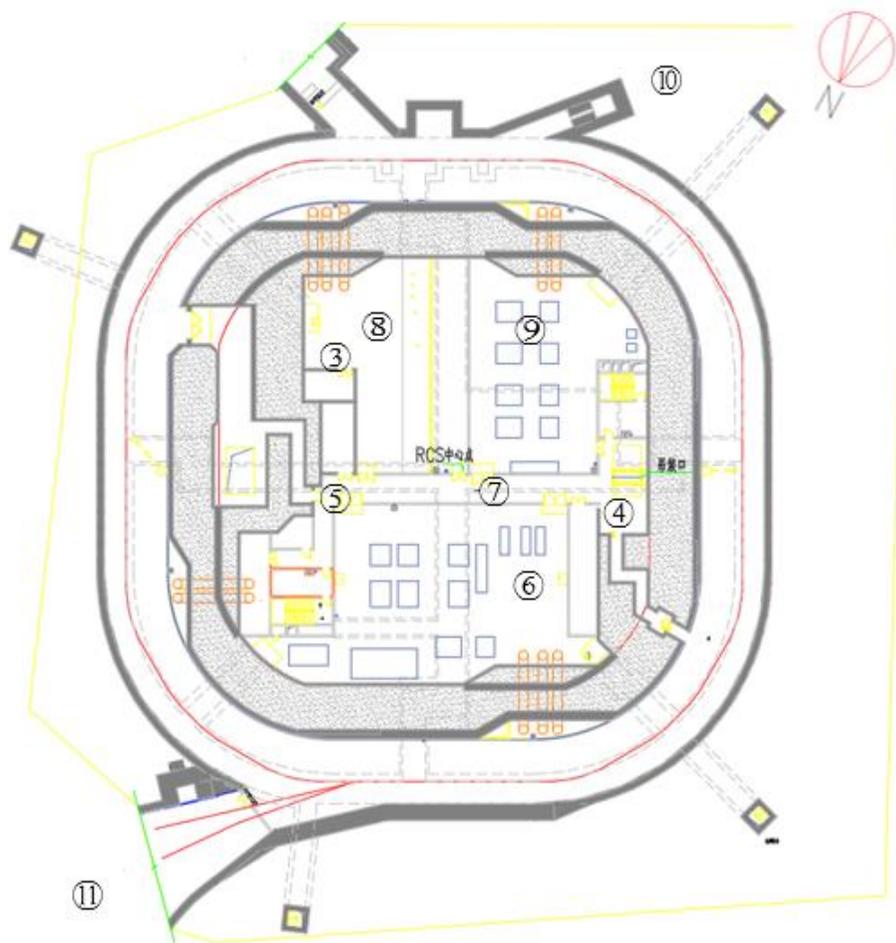


图 2.3-4 LRBT 设备楼环境空气吸收剂量率监测布点图



(a) RSC 设备楼负 3 层



(b) RSC 设备楼负 2 层

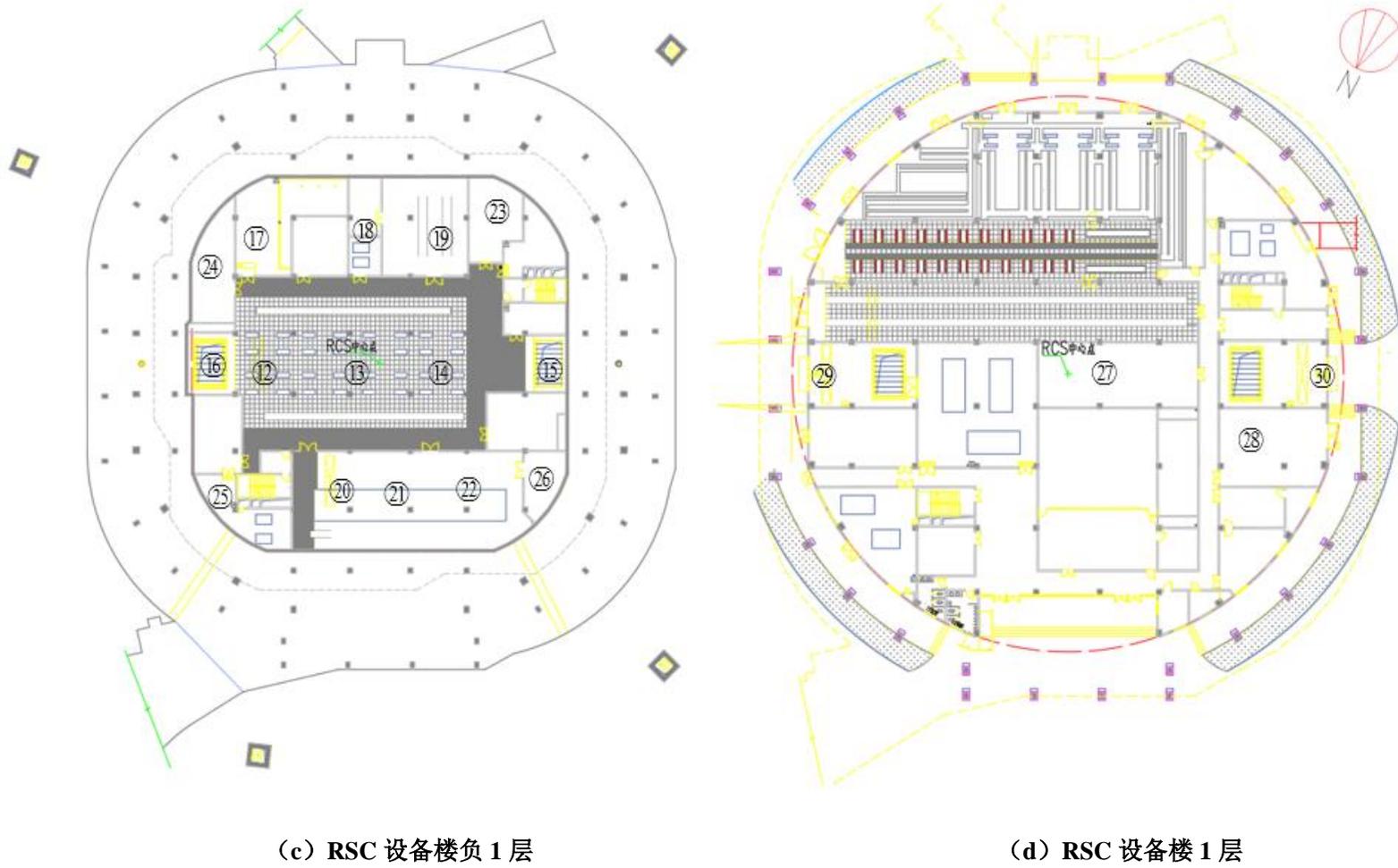
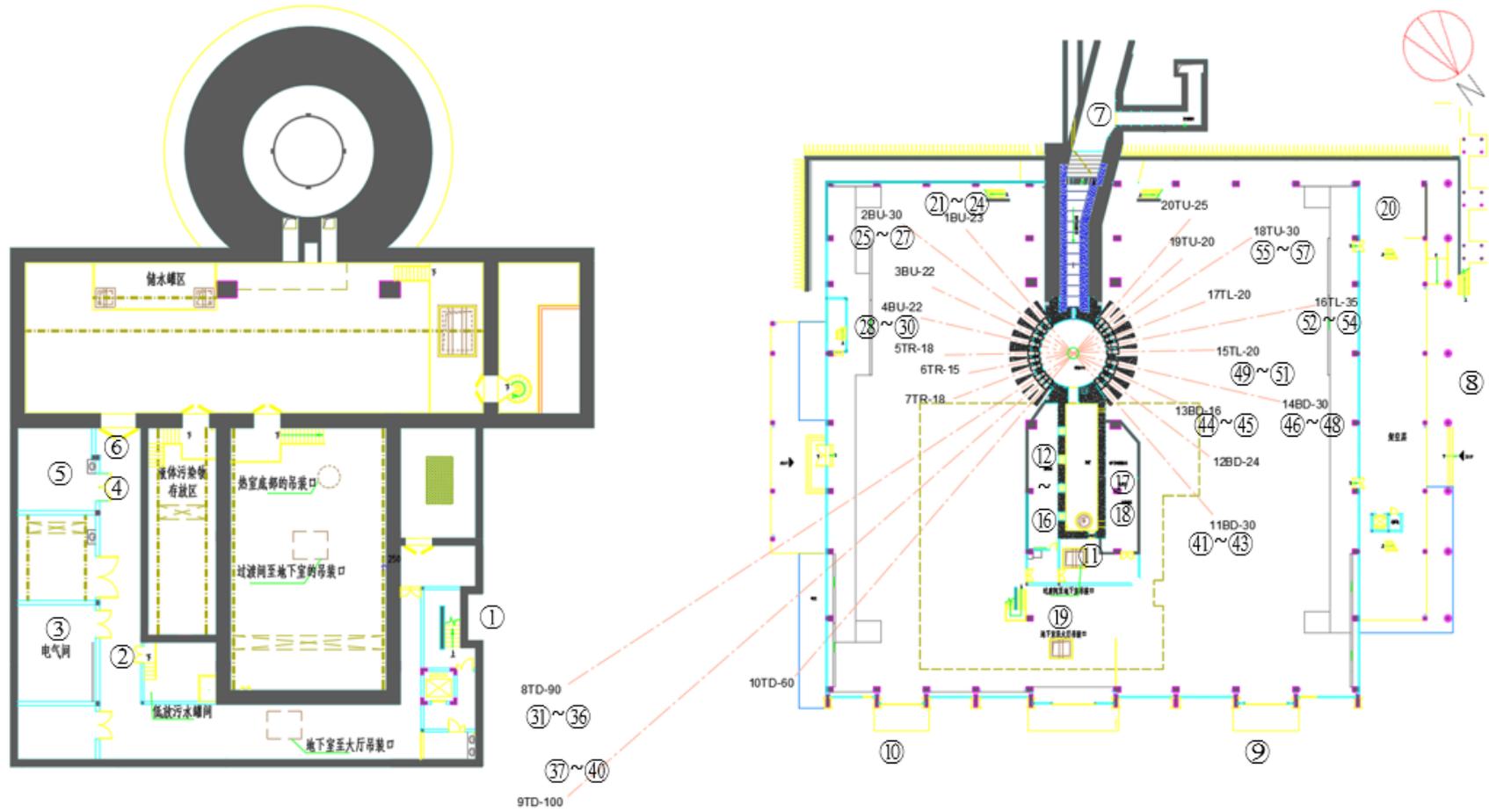
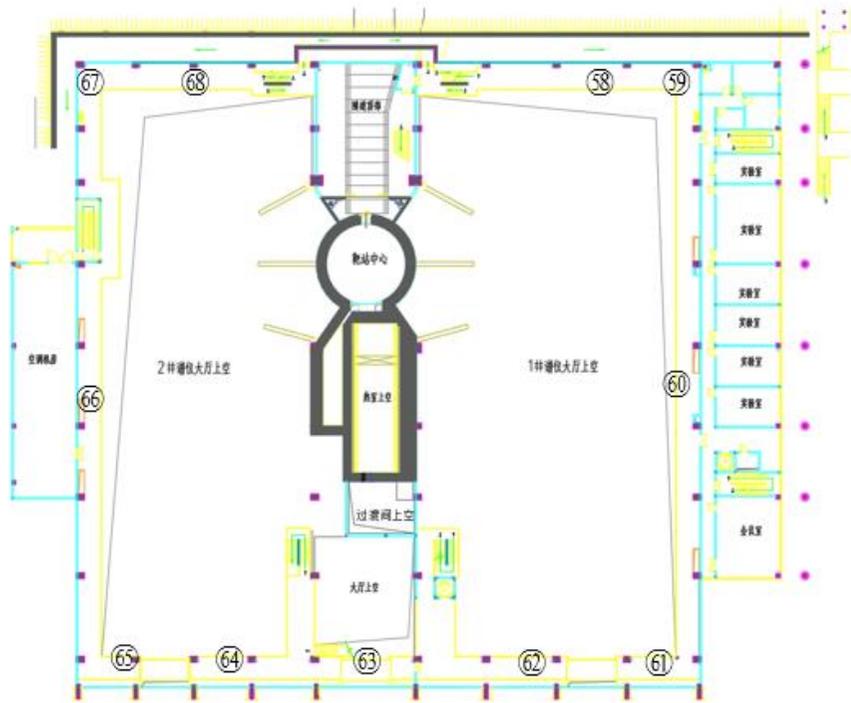


图 2.3-5 RCS 设备楼环境空气吸收剂量率监测布点图

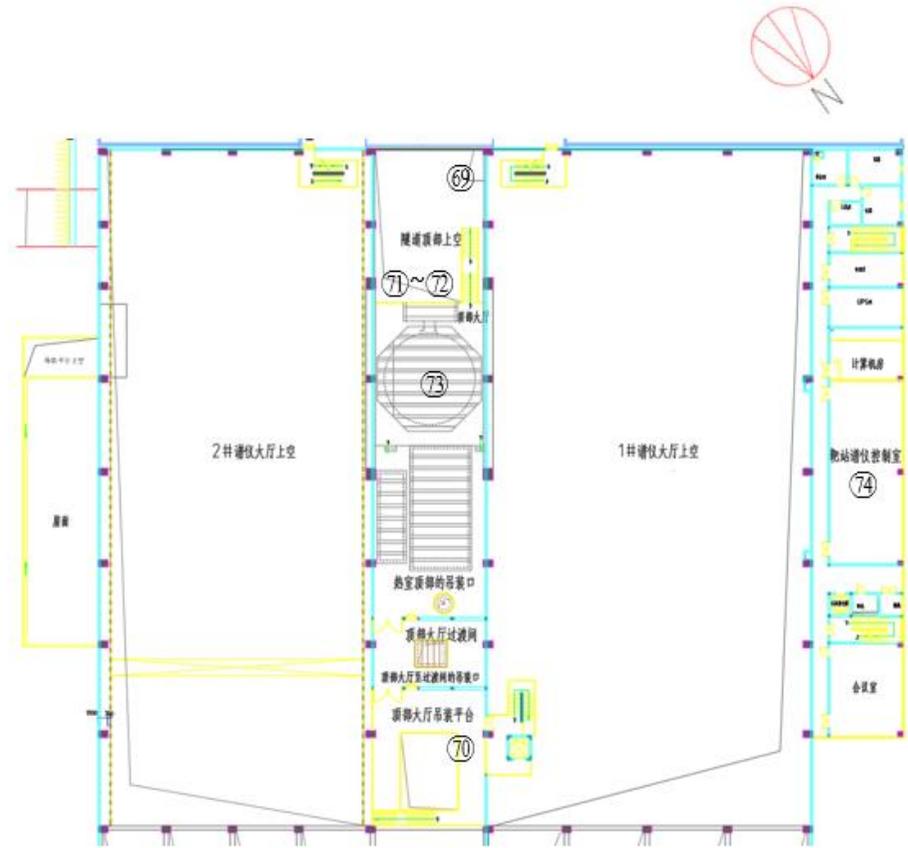


(a) 靶站负1层

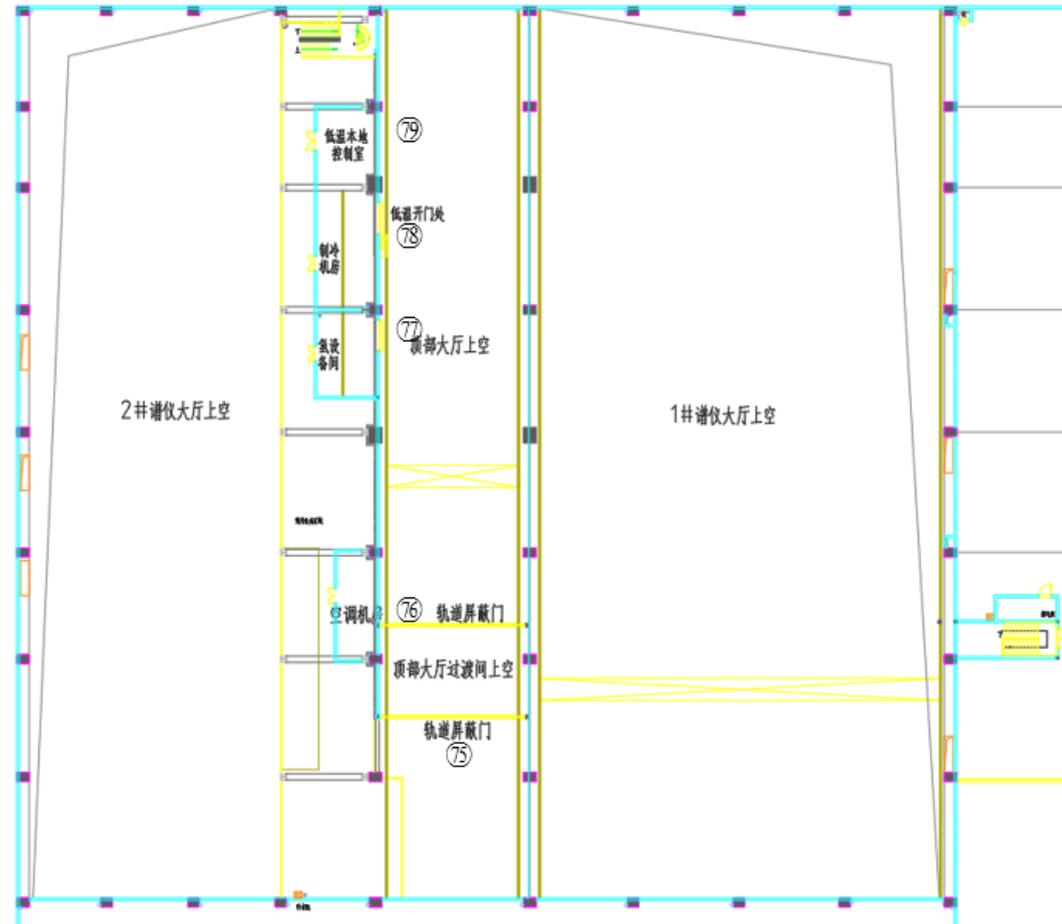
(b) 靶站大厅



(c) 靶站大厅 2 层



(d) 靶站顶部大厅



(e) 靶站 1.63m 平台

图 2.3-6 靶站环境空气吸收剂量率监测布点图

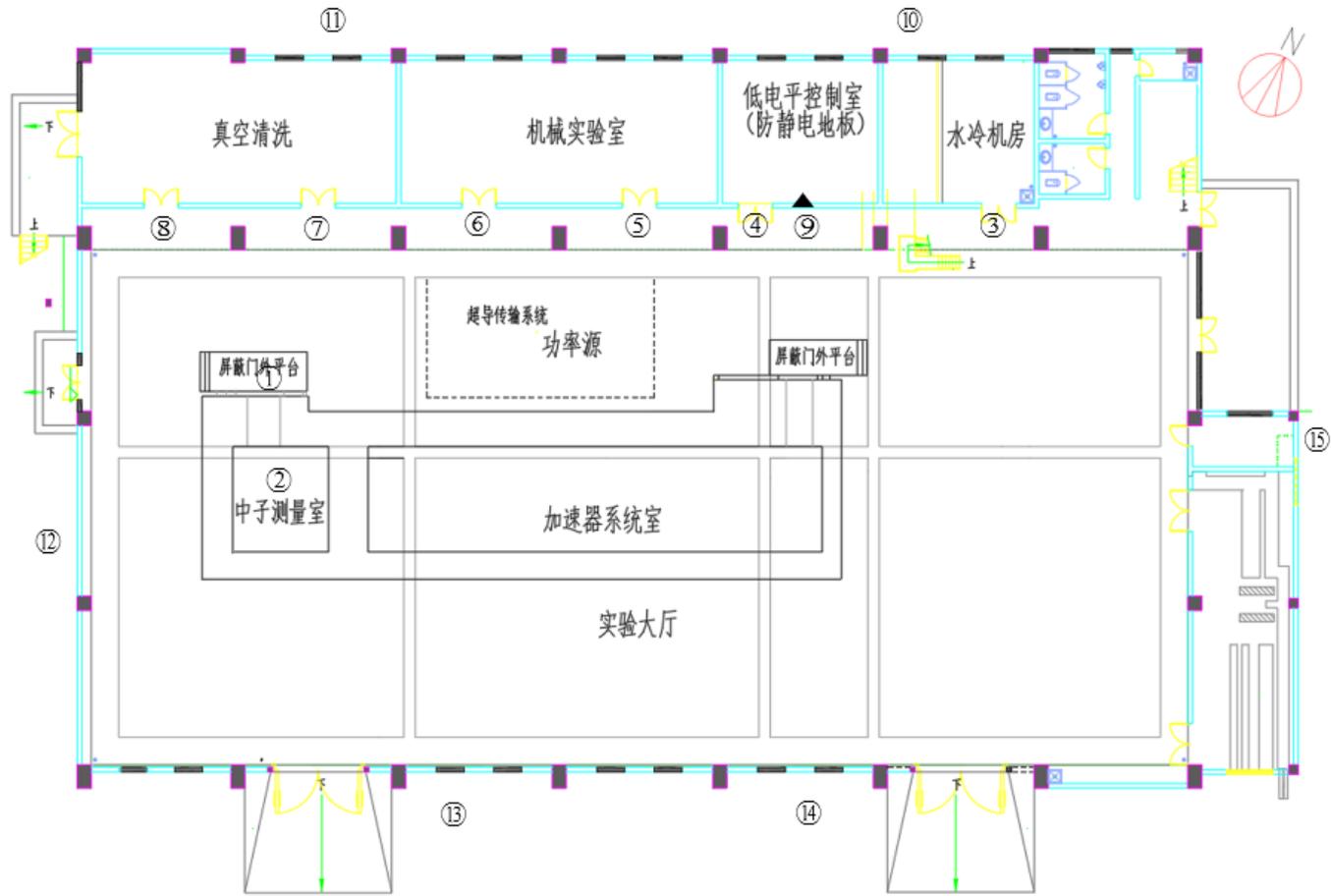


图 2.3-7 1 号测试厅环境空气吸收剂量率监测布点图

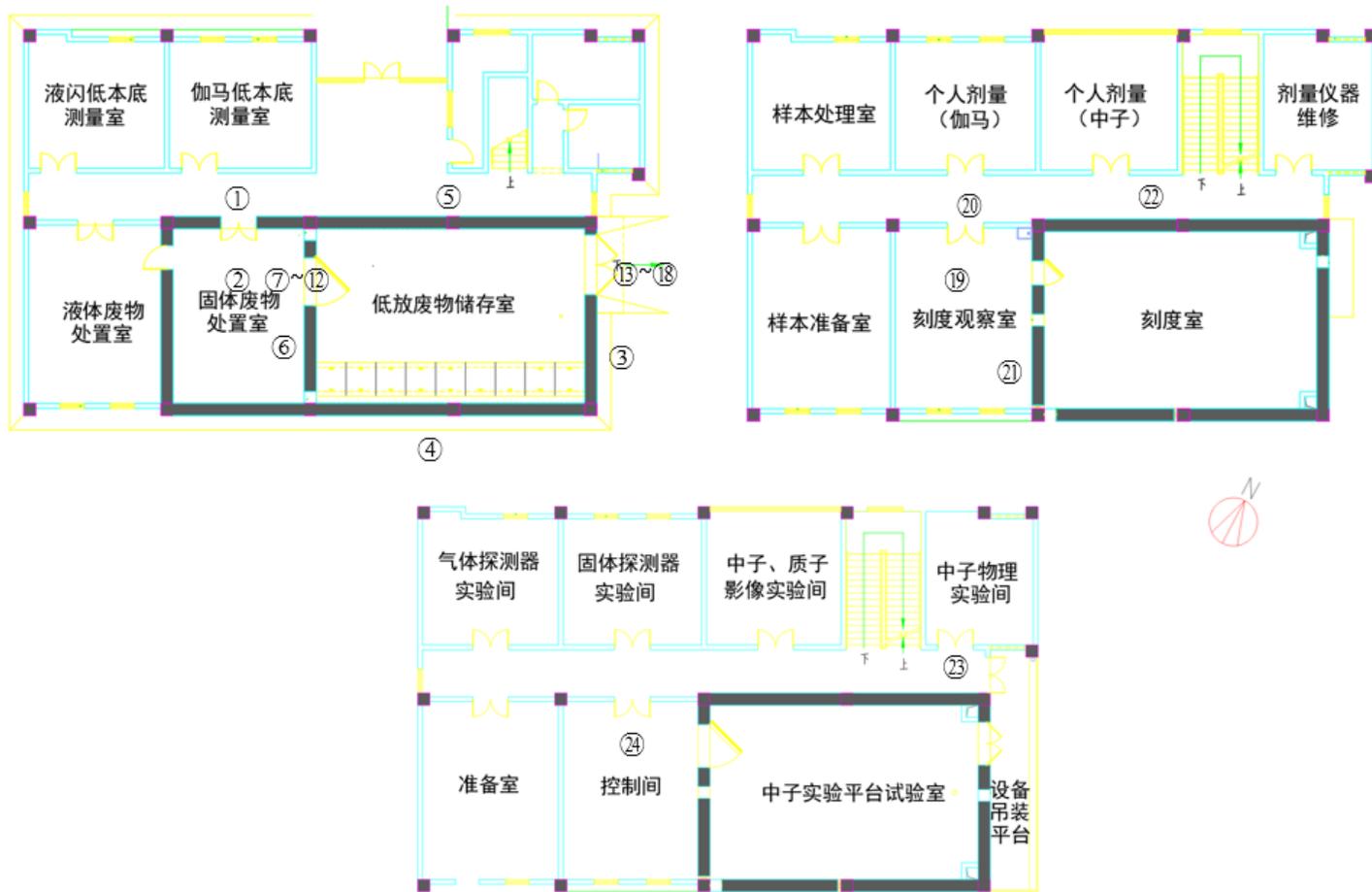


图 2.3-8 辐射防护楼(C8)环境空气吸收剂量率监测布点图

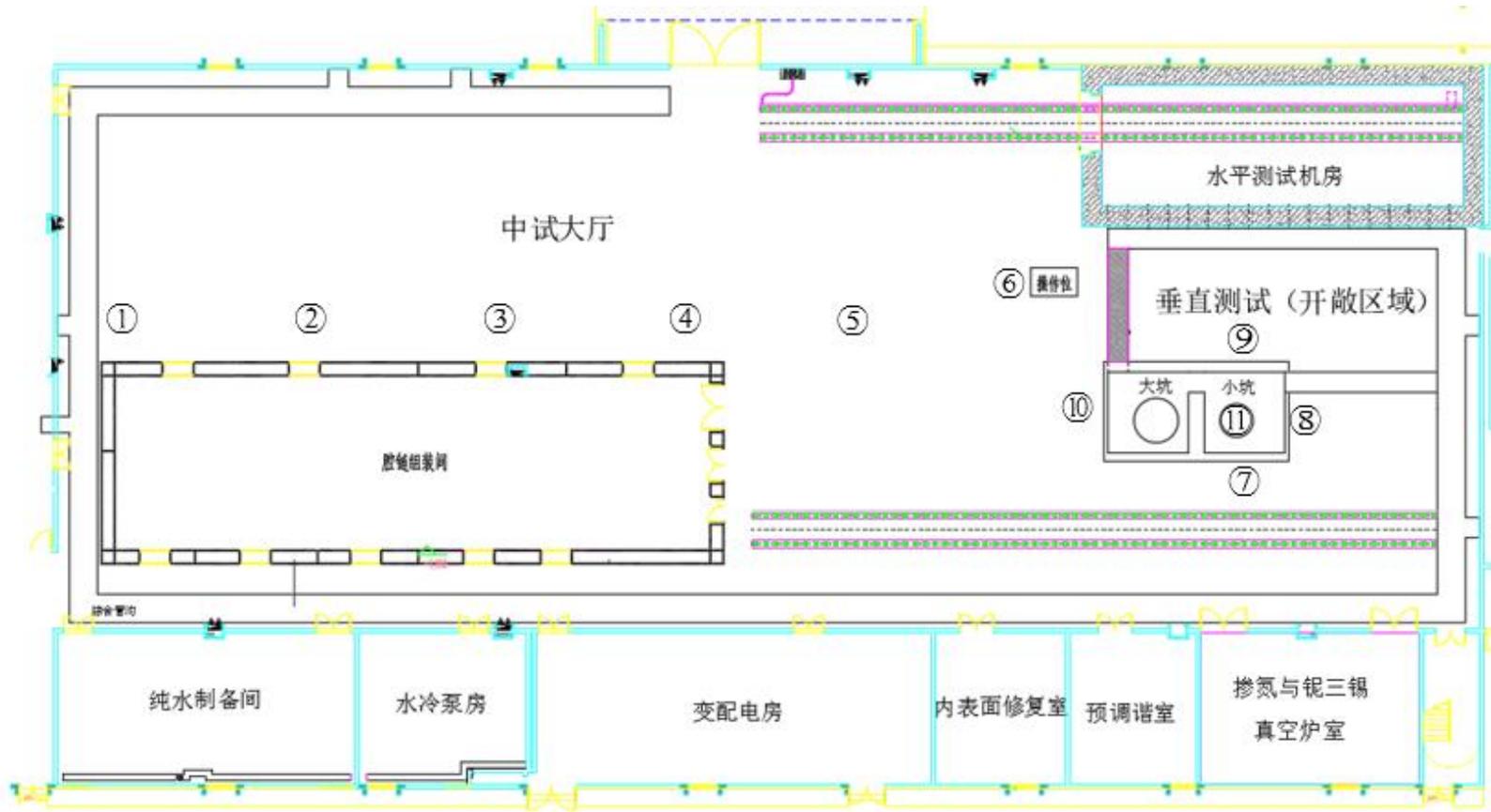


图 2.3-9 南方光源测试平台环境空气吸收剂量率监测布点图



图 2.3-10 CSNS 园区周围检测位点示意图和环境样品采样位点示意图

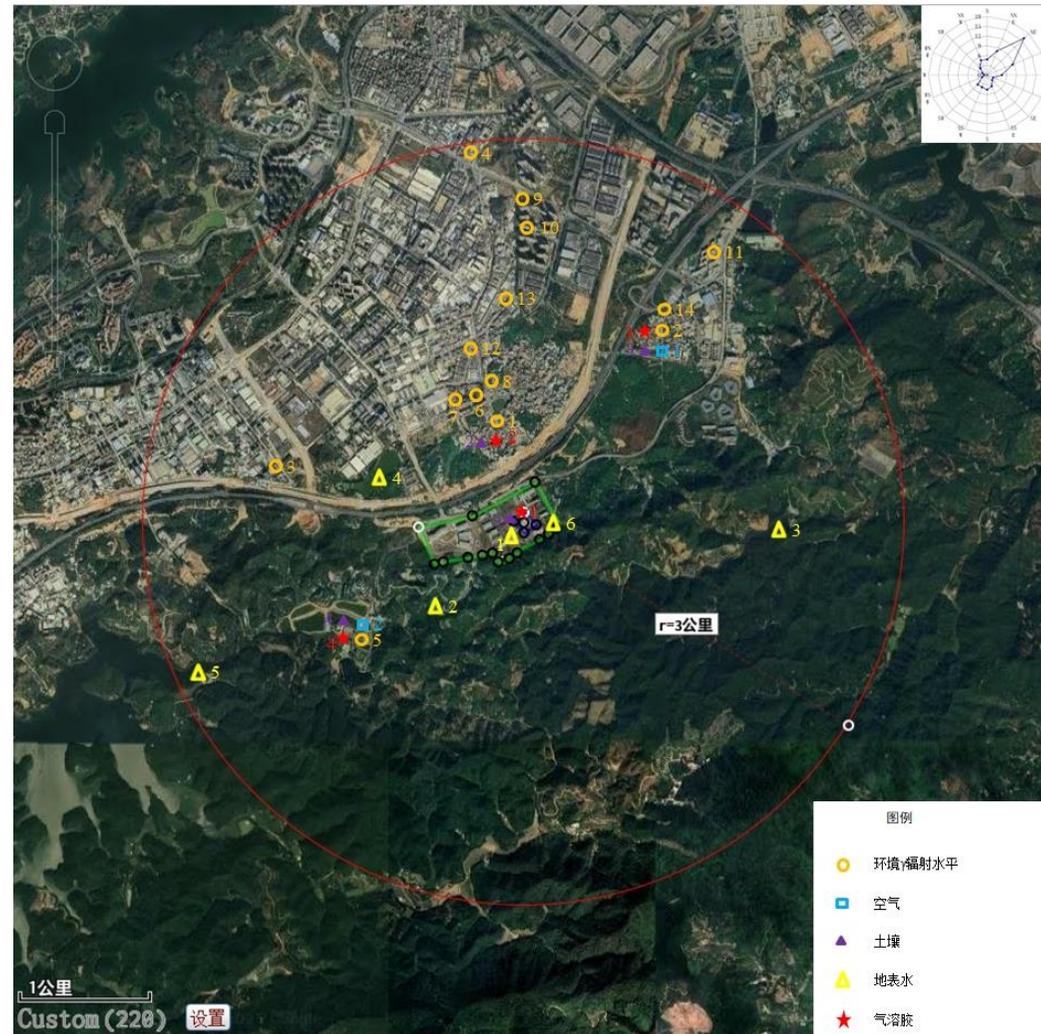


图 2.3-11 CSNS 园区周围补充检测位点示意图和环境样品补充采样位点示意图

2.3.2.1 环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率

项目所在的 CSNS 园区范围内环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率监测结果见表 2.3-4~11, CSNS 园区周围 3km 范围内环境空气吸收剂量率监测结果见表 2.3-12~13。

由表 2.3-4~11 可见, 直线设备楼环境空气吸收剂量率检测结果为 $77\sim 0.60\times 10^3\text{nGy/h}$; RTBT 设备楼环境空气吸收剂量率检测结果为 $80\sim 96\text{nGy/h}$; LRBT 设备楼环境空气吸收剂量率检测结果为 $91\sim 107\text{nGy/h}$; RCS 设备楼环境空气吸收剂量率检测结果为 $80\sim 145\text{nGy/h}$; 靶站环境空气吸收剂量率检测结果为 $74\sim 1.56\times 10^3\text{nGy/h}$; 1 号测试厅环境空气吸收剂量率检测结果为 $75\sim 106\text{nGy/h}$; 辐射防护楼 (C8) 环境空气吸收剂量率检测结果为 $99\sim 271\text{nGy/h}$; 南方光源测试平台环境空气吸收剂量率检测结果为 $109\sim 130\text{nGy/h}$ 。CSNS 园区中子周围剂量当量率检测结果最大值为 190nSv/h (顶部大厅中子开关驱动室门外水管旁), 大部分检测位置的中子周围剂量当量率低于检测仪器最小探测下限 (10nSv/h)。

由表 2.3-12~13 可见, CSNS 园区周围环境空气吸收剂量率检测结果为 $75\sim 113\text{nGy/h}$, 叠加宇宙射线响应值为 $96.7\sim 134.7\text{nGy/h}$; CSNS 园区周围 3km 范围内环境空气吸收剂量率检测结果为 $55\sim 109\text{nGy/h}$, 叠加宇宙射线响应值为 $76.7\sim 130.7\text{nGy/h}$; 与中华人民共和国生态环境部《2023 年全国辐射环境质量报告》中广东省自动站空气吸收剂量率监测结果 ($40\sim 150\text{nGy/h}$) 基本一致, 属于当地正常天然本底辐射水平。

表 2.3-4 直线设备楼环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测结果

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
1	直线设备楼西侧测试间门口	93	<LLD _n	/
2	直线设备楼西墙 20m	103	<LLD _n	/
3	直线设备楼速调管大厅	129	<LLD _n	/
4	直线设备楼速调管 DTL1 30cm 处	268	<LLD _n	/
5	直线设备楼速调管 DTL2 30cm 处	0.60×10 ³	<LLD _n	/
6	直线设备楼速调管 DTL3 30cm 处	77	<LLD _n	/
7	直线设备楼速调管 DTL4 30cm 处	78	<LLD _n	/
8	直线设备楼吊装口	94	<LLD _n	/
9	直线设备楼东侧测试间门口	103	<LLD _n	/
10	直线设备楼东侧楼梯间	94	<LLD _n	/
11	直线设备楼离子源厅	85	<LLD _n	/
12	直线设备楼迷宫口（主隧道）	97	<LLD _n	/
13	直线设备楼迷宫口（副隧道）	98	<LLD _n	/
14	直线设备楼直线束流垃圾桶外表面	87	<LLD _n	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）；中子剂量当量率仪的最小探测下限（LLD_n）为 10nSv/h。

表 2.3-5 RTBT 设备楼环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测结果

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
1	RTBT 设备楼白光控制室	80	<LLD _n	/
2	RTBT 设备楼白光迷宫口	84	<LLD _n	/
3	RTBT 设备楼 RTBT 迷宫口	85	<LLD _n	/
4	RTBT 设备楼 RTBT 隧道吊装口	82	<LLD _n	/
5	RTBT 设备楼白光吊装口	96	<LLD _n	/
6	RTBT 设备楼准直孔道（RTBT 设备楼）	85	<LLD _n	/
7	RTBT 设备楼准直孔道（终端 1）	94	<LLD _n	/
8	RTBT 设备楼反角白光子中子源楼梯间	87	<LLD _n	/
9	RTBT 设备楼束测控制真空本地站	93	<LLD _n	/
10	RTBT 新风机房	88	<LLD _n	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）；中子剂量当量率

仪的最小探测下限（ LLD_n ）为 10nSv/h。

表 2.3-6 LRBT 设备楼环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测结果

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
1	LRBT 设备楼吊装口	105	< LLD_n	/
2	LRBT 设备楼伴生质子束试验准备间	100	< LLD_n	/
3	LRBT 设备楼楼梯间	94	< LLD_n	/
4	LRBT 设备楼空调机房	91	< LLD_n	/
5	LRBT 设备楼电源厅	102	< LLD_n	/
6	LRBT 设备楼迷宫口	107	< LLD_n	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）；中子剂量当量率仪的最小探测下限（ LLD_n ）为 10nSv/h。

表 2.3-7 RCS 设备楼环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测结果

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
1	RCS 设备楼负 3 层东侧迷宫口	131	< LLD_n	/
2	RCS 设备楼负 3 层西侧迷宫口	119	< LLD_n	/
3	RCS 设备楼负 2 层环废物间门口	145	< LLD_n	/
4	RCS 设备楼负 2 层西侧迷宫口	119	< LLD_n	/
5	RCS 设备楼负 2 层东侧迷宫口	122	< LLD_n	/
6	RCS 设备楼负 2 层一号空调机房	124	< LLD_n	/
7	RCS 设备楼负 2 层走廊	123	< LLD_n	/
8	RCS 设备楼负 2 层水泵房	124	< LLD_n	/
9	RCS 设备楼负 2 层二号空调机房	120	< LLD_n	/
10	RCS 设备楼注入垃圾桶外表面	102	< LLD_n	/
11	RCS 设备楼引出垃圾桶外表面	113	< LLD_n	/
12	RCS 设备楼负 1 层高频厅东侧	96	< LLD_n	/
13	RCS 设备楼负 1 层高频厅中间	92	< LLD_n	/
14	RCS 设备楼负 1 层高频厅西侧	94	< LLD_n	/
15	RCS 设备楼负 1 层西侧吊装口	87	< LLD_n	/
16	RCS 设备楼负 1 层东侧吊装口	95	< LLD_n	/
17	RCS 设备楼负 1 层水冷泵房	91	< LLD_n	/
18	RCS 设备楼负 1 层水冷控制室	95	< LLD_n	/

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
19	RCS 设备楼负 1 层引出电源厅	86	<LLD _n	/
20	RCS 设备楼负 1 层注入厅空调机房	95	<LLD _n	/
21	RCS 设备楼负 1 层注入脉冲电源厅	93	<LLD _n	/
22	RCS 设备楼 RCS 电缆井	95	<LLD _n	/
23	RCS 设备楼脉冲电源厅第一象限本地站	86	<LLD _n	/
24	RCS 设备楼脉冲电源厅第二象限本地站	95	<LLD _n	/
25	RCS 设备楼脉冲电源厅第三象限本地站	94	<LLD _n	/
26	RCS 设备楼脉冲电源厅第四象限本地站	87	<LLD _n	/
27	RCS 设备楼中控室	81	<LLD _n	/
28	RCS 设备楼公共设施控制室	80	<LLD _n	/
29	RCS 设备楼一层东侧吊装口	108	<LLD _n	/
30	RCS 设备楼一层西侧吊装口	115	<LLD _n	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）；中子剂量当量率仪的最小探测下限（LLD_n）为 10nSv/h。

表 2.3-8 靶站环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测结果

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
1	靶站地下室控制区入口	110	<LLD _n	/
2	靶站地下室低放污水罐间	133	<LLD _n	/
3	靶站地下室靶站水冷电气间	133	<LLD _n	/
4	靶站地下室水冷却系统取样间门口	0.66×10^3	<LLD _n	/
5	靶站地下室水冷却系统取样间操作位	0.73×10^3	<LLD _n	/
6	靶站地下室水冷设备间门口	130	<LLD _n	/
7	靶站西门外	135	<LLD _n	/
8	靶站北门外	132	<LLD _n	/
9	靶站东门外北侧	144	<LLD _n	/
10	靶站东门外南侧	137	<LLD _n	/
11	靶站大厅热室门口	133	<LLD _n	/
12	靶站大厅热室操作间南墙西侧	216	<LLD _n	/
13	靶站大厅热室操作间南墙观察窗 1	81	<LLD _n	/

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
14	靶站大厅热室操作间南墙观察窗 2	78	<LLD _n	/
15	靶站大厅热室操作间南墙观察窗 3	81	<LLD _n	/
16	靶站大厅热室操作间南墙观察窗 4	120	<LLD _n	/
17	靶站大厅热室操作间北墙	94	<LLD _n	/
18	靶站大厅热室操作间北墙观察窗	102	<LLD _n	/
19	靶站大厅操作间	109	<LLD _n	/
20	靶站大厅样品暂存间	183	<LLD _n	/
21	小角中子散射仪（1 号线）一层控制室	114	<LLD _n	/
22	小角中子散射仪（1 号线）二层控制室	93	<LLD _n	/
23	小角中子散射仪（1 号线）散射室门口	122	<LLD _n	/
24	小角中子散射仪（1 号线）垃圾桶外表面	113	<LLD _n	/
25	多功能反射仪（2 号线）控制室	77	<LLD _n	/
26	多功能反射仪（2 号线）散射室门口	124	<LLD _n	/
27	多功能反射仪（2 号线）垃圾桶外表面	124	<LLD _n	/
28	高能非弹性中子散射谱仪（5 号线）控制室	88	<LLD _n	/
29	高能非弹性中子散射谱仪（5 号线）散射室门口	109	<LLD _n	/
30	高能非弹性中子散射谱仪（5 号线）垃圾桶外表面	110	<LLD _n	/
31	工程材料种子衍射仪（8 号线）控制室	123	<LLD _n	/
32	工程材料种子衍射仪（8 号线）散射室门口	124	<LLD _n	/
33	工程材料种子衍射仪（8 号线）垃圾桶外表面	126	<LLD _n	/
34	中子技术发展线站（8A 号线）操作位	76	<LLD _n	/
35	中子技术发展线站（8A 号线）上方屏蔽块	81	<LLD _n	/
36	中子技术发展线站（8A 号线）散射室	91	<LLD _n	/
37	高分辨率中子衍射仪（9 号线）控制室	97	<LLD _n	/
38	高分辨率中子衍射仪（9 号线）散射室门口	94	<LLD _n	/
39	高分辨率中子衍射仪（9 号线）垃圾桶外表面	90	<LLD _n	/
40	高分辨率中子衍射仪（9 号线）样品柜外	92	<LLD _n	/
41	大气中子辐照谱仪（11 号线）控制室	124	<LLD _n	/
42	大气中子辐照谱仪（11 号线）散射室门口	93	<LLD _n	/
43	大气中子辐照谱仪（11 号线）屏蔽块	154	<LLD _n	/
44	能量分辨成像谱仪（13 号线）散射室门口	137	<LLD _n	/

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
45	能量分辨成像谱仪（13 号线）垃圾桶外表面	129	<LLD _n	/
46	微小角中子散射仪（14 号线）控制室	79	<LLD _n	/
47	微小角中子散射仪（14 号线）散射室门口	123	<LLD _n	/
48	微小角中子散射仪（14 号线）垃圾桶外表面	132	<LLD _n	/
49	高压中子衍射仪（15 号线）控制室	77	<LLD _n	/
50	高压中子衍射仪（15 号线）散射室门口	91	<LLD _n	/
51	高压中子衍射仪（15 号线）垃圾桶外表面	90	<LLD _n	/
52	多物理谱仪（16 号线）控制室	74	<LLD _n	/
53	多物理谱仪（16 号线）散射室门口	150	<LLD _n	/
54	多物理谱仪（16 号线）垃圾桶外表面	117	<LLD _n	/
55	通用粉末衍射仪（18 号线）控制室	79	<LLD _n	/
56	通用粉末衍射仪（18 号线）散射室门口	154	<LLD _n	/
57	通用粉末衍射仪（18 号线）垃圾桶外表面	135	<LLD _n	/
58	靶站 2 层北大厅西侧走廊	109	<LLD _n	/
59	靶站 2 层北大厅西南角	107	<LLD _n	/
60	靶站 2 层北大厅北侧走廊中间	101	<LLD _n	/
61	靶站 2 层北大厅西北角	106	<LLD _n	/
62	靶站 2 层北大厅东侧走廊	110	<LLD _n	/
63	靶站 2 层靶站东侧	109	<LLD _n	/
64	靶站 2 层南大厅东侧走廊	99	<LLD _n	/
65	靶站 2 层南大厅东北角	111	<LLD _n	/
66	靶站 2 层南大厅南侧走廊中间	108	<LLD _n	/
67	靶站 2 层南大厅东南角	102	<LLD _n	/
68	靶站 2 层南大厅西侧走廊	108	<LLD _n	/
69	顶部大厅西侧门外	124	<LLD _n	/
70	顶部大厅东侧门外	120	<LLD _n	/
71	顶部大厅中子开关驱动室门外水管旁	1.56×10 ³	190	/
72	顶部大厅中子开关驱动室门口	305	149	/
73	顶部大厅靶心上方	137	<LLD _n	/
74	靶站控制室	109	<LLD _n	/
75	靶站 1.63 米平台东门外	106	<LLD _n	

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
76	靶站 1.63 米平台循环空调机房门口	107	<LLD _n	
77	靶站 1.63 米平台氦设备间门口	0.46×10 ³	<LLD _n	
78	靶站 1.63 米平台制冷机房门口	164	<LLD _n	
79	靶站 1.63 米平台低温本地控制室门口	141	<LLD _n	

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）；中子剂量当量率仪的最小探测下限（LLD_n）为 10nSv/h。

表 2.3-9 1 号测试厅环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测结果

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
1	BNCT 控制台	101	<LLD _n	/
2	BNCT 机房内	77	<LLD _n	/
3	1 号测试厅 104 水冷泵房外	82	<LLD _n	/
4	1 号测试厅 105 实验室门口	91	<LLD _n	/
5	1 号测试厅 106 实验室门口	79	<LLD _n	/
6	1 号测试厅 107 实验室门口	84	<LLD _n	/
7	1 号测试厅 108 实验室门口	78	<LLD _n	/
8	1 号测试厅 109 实验室门口	91	<LLD _n	/
9	1 号测试厅 202 实验室门口	75	<LLD _n	/
10	1 号测试厅北墙东侧外	101	<LLD _n	/
11	1 号测试厅北墙西侧外	90	<LLD _n	/
12	1 号测试厅西侧墙外	104	<LLD _n	/
13	1 号测试厅南墙西侧外	84	<LLD _n	/
14	1 号测试厅南墙东侧外	98	<LLD _n	/
15	1 号测试厅东侧墙外	106	<LLD _n	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）；中子剂量当量率仪的最小探测下限（LLD_n）为 10nSv/h。

表 2.3-10 辐射防护楼(C8)环境空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测结果

序号	检测位置	检测结果		备注
		X、 γ (nGy/h)	中子 (nSv/h)	
1	固体废物处置室	136	<LLD _n	/
2	固体废物处置室门外	99	<LLD _n	/
3	源库东侧墙外	135	<LLD _n	/
4	源库南侧墙外	134	<LLD _n	/
5	源库北侧墙外	114	<LLD _n	/
6	源库西侧墙外	138	<LLD _n	/
7	源库西侧防护门外	137	<LLD _n	/
8	源库西侧防护门中缝	132	<LLD _n	/
9	源库西侧防护门左缝	153	<LLD _n	/
10	源库西侧防护门右缝	211	<LLD _n	/
11	源库西侧防护门上缝	151	<LLD _n	/
12	源库西侧防护门下缝	143	<LLD _n	/
13	源库东侧防护门外	148	<LLD _n	/
14	源库东侧防护门中缝	228	<LLD _n	/
15	源库东侧防护门左缝	150	<LLD _n	/
16	源库东侧防护门右缝	150	<LLD _n	/
17	源库东侧防护门上缝	253	<LLD _n	/
18	源库东侧防护门下缝	271	<LLD _n	/
19	二层刻度观察室	114	<LLD _n	/
20	二层刻度室门外	118	<LLD _n	/
21	二层刻度室操作位	114	<LLD _n	/
22	二层刻度室北侧墙外	123	<LLD _n	/
23	3层中子物理实验室门口	114	<LLD _n	/
24	306 控制室	107	<LLD _n	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）；中子剂量当量率仪的最小探测下限（LLD_n）为 10nSv/h。

表 2.3-11 南方光源测试平台环境空气吸收剂量率检测结果

序号	检测位置	检测结果(nGy/h)	备注
1	中试大厅西墙 5m 处	130	/
2	中试大厅西墙 15m 处	126	/

序号	检测位置	检测结果(nGy/h)	备注
3	中试大厅西墙 25m 处	129	/
4	中试大厅西墙 35m 处	128	/
5	中试大厅中部	130	/
6	测试平台操作位	109	/
7	垂直测试坑（南侧）	112	/
8	垂直测试坑（东侧）	125	/
9	垂直测试坑（北侧）	116	/
10	垂直测试坑（西侧）	115	/
11	垂直测试坑顶部	119	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）。

表 2.3-12 CSNS 园区周围环境空气吸收剂量率检测结果

序号	检测位置	检测结果(nGy/h)	备注
1	办公楼 A1 楼	85	/
2	办公楼 A2 楼	103	/
3	食堂	92	/
4	测试厅二	85	/
5	维修站	77	/
6	冷冻站	77	/
7	排风中心北半部	113	/
8	排风中心南半部	105	/
9	LRBT 南侧马路	91	/
10	南方光源西北角	100	/
11	南方光源东南角	75	/
12	散裂中子源公交车站	84	/
13	中子源路象和路交叉口	98	/
14	松山湖材料实验室门口	76	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）。

表 2.3-13 CSNS 园区周围环境空气吸收剂量率补充检测结果

序号	检测位置及编号	检测结果 (nGy/h)	备注
1	水平村	100±7	/
2	屏山社区	74±5	/

序号	检测位置及编号	检测结果 (nGy/h)	备注
3	犀牛陂村	85±6	/
4	松木山村	69±5	/
5	樟木头林场	55±4	/
6	启东学校	109±7	/
7	启东实验幼儿园	102±7	/
8	水平燕燕幼儿园	105±7	/
9	松山湖第二幼儿园	73±5	/
10	真爱幼幼托育园	68±5	/
11	香港城市大学（东莞）	72±5	/
12	水平社区卫生服务站	70±5	/
13	刘坤亮卫生所	72±5	/
14	吴春华卫生所	64±5	/

注：环境空气吸收剂量率检测结果均扣除宇宙射线响应值（21.7nGy/h）。

2.3.2.2 空气

项目范围内空气中 γ 放射性核素活度浓度监测结果见表 2.3-14，空气中 ^{14}C 的活度浓度监测结果见表 2.3-15，空气中 ^3H 的活度浓度监测结果见表 2.3-16，空气中 γ 放射性核素活度浓度补充监测结果见表 2.3-17，空气中 ^3H 的活度浓度补充监测结果见表 2.3-18，空气中总 α 总 β 放射性补充检测结果见表 2.3-19。

由表 2.3-14~16 可见，空气样品中 γ 放射性核素活度浓度、C-14 活度浓度和氚的活度浓度远低于《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）中规定的导出空气浓度。

由表 2.3-17 可见，空气样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果均低于核素的仪器探测下限。由表 2.3-18 可见，空气中水氚活度浓度均小于仪器探测下限，与园区周围近三年氚活度浓度监测结果（MDL~0.089Bq/m³）相比未见异常。由表 2.3-19 可见，空气中总 α 放射性活度浓度为 $1.06\times 10^{-4}\sim 3.89\times 10^{-4}\text{Bq/m}^3$ ，总 β 放射性活度浓度为 $1.62\times 10^{-4}\sim 4.70\times 10^{-4}\text{Bq/m}^3$ ，未见异常。

表 2.3-14 空气样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/m ³)	导出空气浓度 (Bq/m ³)	备注
靶站外空气样品	FS2025049-001	Be-7	1.34×10^{-3}	3×10^5	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为采样时间 2025 年 11 月 6 日, 采样体积 11530 m ³ 。
		Na-22	$<4.37 \times 10^{-6}$	1×10^4	
		Na-24	<1.53	8×10^4	
		Mn-52	$<1.61 \times 10^{-5}$	1×10^4	
		Mn-54	$<3.54 \times 10^{-6}$	1×10^4	
C8 辐射防护楼门口空气样品	FS2025049-002	Be-7	1.04×10^{-3}	3×10^5	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为采样时间 2025 年 11 月 6 日, 采样体积 11097 m ³ 。
		Na-22	$<4.70 \times 10^{-6}$	1×10^4	
		Na-24	<4.72	8×10^4	
		Mn-52	$<1.85 \times 10^{-5}$	1×10^4	
		Mn-54	$<3.99 \times 10^{-6}$	1×10^4	
园区东北角 A1 楼旁空气样品	FS2025049-003	Be-7	1.35×10^{-3}	3×10^5	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为采样时间 2025 年 11 月 6 日, 采样体积 10989 m ³ 。
		Na-22	$<4.79 \times 10^{-6}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.22 \times 10^{-1}$	8×10^4	
		Mn-52	$<1.27 \times 10^{-5}$	1×10^4	
		Mn-54	$<3.80 \times 10^{-6}$	1×10^4	
水平村空气样品	FS2025049-004	Be-7	1.41×10^{-3}	3×10^5	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为采样时间 2025 年 11 月 10 日, 采样体积 11034 m ³ 。
		Na-22	$<5.13 \times 10^{-6}$	1×10^4	
		Na-24	$<3.30 \times 10^{-4}$	8×10^4	
		Mn-52	$<7.16 \times 10^{-6}$	1×10^4	
		Mn-54	$<4.14 \times 10^{-6}$	1×10^4	

表 2.3-15 空气中 ¹⁴C 的活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	空气中 ¹⁴ C 的活度浓度 (Bq/m ³)	导出空气浓度 (Bq/m ³)	备注
靶站外空气样品	FS2025049-018	0.051	7×10^2	方法检出限(MDL)为 0.012 Bq/m ³ , 采样体积为 4.67 m ³ 。
樟木头林场空气样品	FS2025049-019	0.057	7×10^2	方法检出限(MDL)为 0.019 Bq/m ³ , 采样体积为 1.40 m ³ 。

表 2.3-16 空气中氡的活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	氡的活度浓度 (Bq/m ³)	导出空气浓度 (Bq/m ³)	备注
靶站外空气样品	FS2025049-020	0.119	2×10 ⁴	MDL 为 0.039 Bq/ m ³ , 空气体积为 3.47 m ³ 。
C8 辐射防护楼门口空气样品	FS2025049-021	0.058		MDL 为 0.020 Bq/ m ³ , 空气体积为 2.71 m ³ 。
园区东北角 A1 楼旁空气样品	FS2025049-022	0.085		MDL 为 0.027 Bq/ m ³ , 空气体积为 2.24 m ³ 。
水平村空气样品	FS2025049-023	0.029		MDL 为 0.028 Bq/ m ³ , 空气体积为 3.87 m ³ 。

表 2.3-17 空气样品中 γ 放射性核素活度浓度补充检测结果

核素名称	检测结果 (Bq/m ³)			
	靶站附近空气 FS2025044-003	水平村空气 FS2025044-004	屏山社区空气 FS2025044-005	樟木头林场 FS2025044-006
Na-22	<4.37×10 ⁻⁶	<5.11×10 ⁻⁶	<5.50×10 ⁻⁶	<5.00×10 ⁻⁶
Mn-54	<3.54×10 ⁻⁶	<4.14×10 ⁻⁶	<4.81×10 ⁻⁶	<3.96×10 ⁻⁶
Co-57	<2.21×10 ⁻⁶	<2.87×10 ⁻⁶	<1.83×10 ⁻⁶	<2.40×10 ⁻⁶
Co-58	<3.74×10 ⁻⁶	<3.85×10 ⁻⁶	<5.06×10 ⁻⁶	<4.48×10 ⁻⁶
Co-60	<4.64×10 ⁻⁶	<5.10×10 ⁻⁶	<5.54×10 ⁻⁶	<4.88×10 ⁻⁶
Zn-65	<9.40×10 ⁻⁶	<1.05×10 ⁻⁵	<1.28×10 ⁻⁵	<9.98×10 ⁻⁶
Cd-109	<4.81×10 ⁻⁵	<4.68×10 ⁻⁶	<3.58×10 ⁻⁵	<5.25×10 ⁻⁵
Ce-139	<3.23×10 ⁻⁶	<4.08×10 ⁻⁶	<1.78×10 ⁻⁶	<3.72×10 ⁻⁶
Pm-143	<8.78×10 ⁻⁶	<1.03×10 ⁻⁵	<1.16×10 ⁻⁵	<9.88×10 ⁻⁶
Pm-146	<2.28×10 ⁻⁵	<1.09×10 ⁻⁵	<2.28×10 ⁻⁵	<3.54×10 ⁻⁵
Sm-145	<2.83×10 ⁻⁵	<3.06×10 ⁻⁵	<2.38×10 ⁻⁵	<3.62×10 ⁻⁵
Eu-149	<9.34×10 ⁻⁵	<1.10×10 ⁻⁴	<6.65×10 ⁻⁵	<1.06×10 ⁻⁴
Eu-152	<2.29×10 ⁻⁵	<2.60×10 ⁻⁵	<2.65×10 ⁻⁵	<2.50×10 ⁻⁵
Eu-155	<5.70×10 ⁻⁶	<5.65×10 ⁻⁶	<4.90×10 ⁻⁶	<6.23×10 ⁻⁶
Gd-151	<4.00×10 ⁻⁵	<5.04×10 ⁻⁵	<2.26×10 ⁻⁵	<4.47×10 ⁻⁵
Gd-153	<5.93×10 ⁻⁶	<7.70×10 ⁻⁶	<3.76×10 ⁻⁶	<6.58×10 ⁻⁶
Dy-159	<7.97×10 ⁻⁵	<1.23×10 ⁻⁴	<6.77×10 ⁻⁵	<8.90×10 ⁻⁵
Tb-160	<1.33×10 ⁻⁵	<1.39×10 ⁻⁵	<1.80×10 ⁻⁵	<1.50×10 ⁻⁵
Lu-172	<2.13×10 ⁻⁵	<9.32×10 ⁻⁶	<4.00×10 ⁻⁵	<3.29×10 ⁻⁵
Lu-173	<1.58×10 ⁻⁵	<1.91×10 ⁻⁵	<1.02×10 ⁻⁵	<1.75×10 ⁻⁵
Hf-172	<1.69×10 ⁻⁵	<2.27×10 ⁻⁵	<1.24×10 ⁻⁵	<1.84×10 ⁻⁵
Ta-182	<1.37×10 ⁻⁵	<1.51×10 ⁻⁵	<1.95×10 ⁻⁵	<1.48×10 ⁻⁵

表 2.3-18 空气中氡的活度浓度补充检测结果

样品名称	样品编号	空气水中氡活度浓度 (Bq/L)	空气中氡活度浓度 (Bq/m ³)	导出空气浓度 (Bq/m ³)	备注
屏山社区空气样品	FS2025044-001	<MDL	<MDL	2×10 ⁴	空气体积为 1.11 m ³ , MDL 为 0.021 Bq/m ³ 。
樟木头林场空气样品	FS2025044-002	<MDL	<MDL	2×10 ⁴	空气体积为 1.30 m ³ , MDL 为 0.015 Bq/m ³ 。

表 2.3-19 空气中总 α 总 β 放射性补充检测结果

样品名称	样品编号	总 α 活度浓度 (Bq/m ³)	总 β 活度浓度 (Bq/m ³)	备注
靶站附近空气	FS2025044-016	1.06×10 ⁻⁴	4.63×10 ⁻⁴	采样体积为 370.2 m ³ ; L _D (α)= 1.16×10 ⁻⁵ Bq/m ³ ; L _D (β)= 9.35×10 ⁻⁶ Bq/m ³
水平村空气	FS2025044-017	1.08×10 ⁻⁴	4.70×10 ⁻⁴	采样体积为 364.3 m ³ ; L _D (α)= 1.29×10 ⁻⁵ Bq/m ³ ; L _D (β)= 9.50×10 ⁻⁶ Bq/m ³
屏山社区空气	FS2025044-018	3.89×10 ⁻⁴	1.69×10 ⁻⁴	采样体积为 101.2 m ³ ; L _D (α)= 5.02×10 ⁻⁵ Bq/m ³ ; L _D (β)= 3.28×10 ⁻⁵ Bq/m ³
樟木头林场空气	FS2025044-019	3.73×10 ⁻⁴	1.62×10 ⁻⁴	采样体积为 105.6 m ³ ; L _D (α)= 5.15×10 ⁻⁵ Bq/m ³ ; L _D (β)= 3.46×10 ⁻⁵ Bq/m ³

2.3.2.3 地表水、地下水

项目所在地附近的地表水、地下水样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果见表 2.3-20, 氡的活度浓度检测结果见表 2.3-21, γ 放射性核素活度浓度补充检测结果见表 2.3-22, 总 α 总 β 放射性检测结果见表 2.3-23。

由表 2.3-20 可见, 水样品检测的所有 γ 放射性核素检测结果均远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的清洁解控水平。由表 2.3-21 可见, 水中氡的活度浓度远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的清洁解控水平。

由表 2.3-22 可见, 水样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果均低于核素的仪器探测下限。由表 2.3-23 可见, 水样品中总 α 放射性活度浓度最高为 0.078Bq/L; 总 β 放射性活度浓度最高为 0.134Bq/L, 处于环境本底水平。

表 2.3-20 水样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/kg)	清洁解控水平 (Bq/kg)	备注
园区东南边界水井水样	FS20250 49-005	Be-7	$<6.68 \times 10^{-1}$	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为测量时间 2025 年 12 月 15 日。
		Na-22	$<6.66 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.14 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-52	$<6.87 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Mn-54	$<6.61 \times 10^{-2}$	1×10^4	
园区西南边界水井水样	FS20250 49-006	Be-7	$<6.60 \times 10^{-1}$	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 19 日。
		Na-22	$<6.73 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.02 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-52	$<6.84 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Mn-54	$<6.51 \times 10^{-2}$	1×10^4	
园区池塘水水样	FS20250 49-007	Be-7	$<5.58 \times 10^{-1}$	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 15 日。
		Na-22	$<7.09 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.18 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-52	$<7.60 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Mn-54	$<6.85 \times 10^{-2}$	1×10^4	
水平村池塘水水样	FS20250 49-008	Be-7	$<5.76 \times 10^{-1}$	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 18 日。
		Na-22	$<7.26 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.12 \times 10^{-1}$	1×10^6	
		Mn-52	$<7.83 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Mn-54	$<6.93 \times 10^{-2}$	1×10^4	
水平村水库水水样	FS20250 49-009	Be-7	$<5.64 \times 10^{-1}$	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 13 日。
		Na-22	$<7.58 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.17 \times 10^{-1}$	1×10^6	
		Mn-52	$<7.72 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Mn-54	$<7.07 \times 10^{-2}$	1×10^4	
引出水箱积水水水样	FS20250 49-010	Be-7	$<6.73 \times 10^{-1}$	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 17 日。
		Na-22	$<7.13 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.13 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-52	$<6.86 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Mn-54	$<6.37 \times 10^{-2}$	1×10^4	
注入水箱积水水水样	FS20250 49-011	Be-7	$<6.61 \times 10^{-1}$	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素
		Na-22	$<6.91 \times 10^{-2}$	1×10^4	
		Na-24	$<1.13 \times 10^{-1}$	1×10^4	

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/kg)	清洁解控水平 (Bq/kg)	备注
		Mn-52	$<7.19 \times 10^{-2}$	1×10^4	活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 18 日。
		Mn-54	$<6.92 \times 10^{-2}$	1×10^4	

表 2.3-21 水样品中氚的活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	氚的活度浓度 (Bq/L)	清洁解控水平 (Bq/L)	备注
引出水箱积水水样	FS2025049-024	1.57	1×10^9	方法检出限 (MDL) 为 1.35 Bq/L。
注入水箱积水水样	FS2025049-025	2.80	1×10^9	

表 2.3-22 水样品中 γ 放射性核素活度浓度补充检测结果

核素名称	检测结果 (Bq/g)		
	FS2025044-011	FS2025044-012	FS2025044-013
	园区池塘水样	草芝坑水库水样	水流石水库水样
Na-22	$<7.09 \times 10^{-5}$	$<7.05 \times 10^{-5}$	$<7.31 \times 10^{-5}$
Mn-54	$<6.85 \times 10^{-5}$	$<7.20 \times 10^{-5}$	$<6.86 \times 10^{-5}$
Co-57	$<5.26 \times 10^{-5}$	$<5.16 \times 10^{-5}$	$<5.36 \times 10^{-5}$
Co-58	$<6.80 \times 10^{-5}$	$<6.74 \times 10^{-5}$	$<6.77 \times 10^{-5}$
Co-60	$<6.94 \times 10^{-5}$	$<6.95 \times 10^{-5}$	$<6.95 \times 10^{-5}$
Zn-65	$<1.57 \times 10^{-4}$	$<1.46 \times 10^{-4}$	$<1.68 \times 10^{-4}$
Cd-109	$<1.27 \times 10^{-3}$	$<1.30 \times 10^{-3}$	$<1.35 \times 10^{-3}$
Ce-139	$<6.27 \times 10^{-5}$	$<6.15 \times 10^{-5}$	$<6.37 \times 10^{-5}$
Pm-143	$<1.66 \times 10^{-4}$	$<1.75 \times 10^{-4}$	$<1.71 \times 10^{-4}$
Pm-146	$<9.70 \times 10^{-5}$	$<9.34 \times 10^{-5}$	$<9.84 \times 10^{-5}$
Sm-145	$<4.99 \times 10^{-4}$	$<4.97 \times 10^{-4}$	$<5.15 \times 10^{-4}$
Eu-149	$<1.42 \times 10^{-3}$	$<1.40 \times 10^{-3}$	$<1.42 \times 10^{-3}$
Eu-152	$<3.40 \times 10^{-4}$	$<3.45 \times 10^{-4}$	$<3.56 \times 10^{-4}$
Eu-155	$<1.54 \times 10^{-4}$	$<1.57 \times 10^{-4}$	$<1.61 \times 10^{-4}$
Gd-151	$<7.89 \times 10^{-4}$	$<7.89 \times 10^{-4}$	$<8.22 \times 10^{-4}$
Gd-153	$<1.57 \times 10^{-4}$	$<1.56 \times 10^{-4}$	$<1.60 \times 10^{-4}$
Dy-159	$<2.35 \times 10^{-3}$	$<2.31 \times 10^{-3}$	$<2.39 \times 10^{-3}$
Tb-160	$<2.27 \times 10^{-4}$	$<2.23 \times 10^{-4}$	$<2.33 \times 10^{-4}$
Lu-172	$<1.22 \times 10^{-4}$	$<1.19 \times 10^{-4}$	$<1.24 \times 10^{-4}$
Lu-173	$<2.56 \times 10^{-4}$	$<2.63 \times 10^{-4}$	$<2.59 \times 10^{-4}$
Hf-172	$<3.98 \times 10^{-4}$	$<3.95 \times 10^{-4}$	$<4.06 \times 10^{-4}$
Ta-182	$<2.27 \times 10^{-4}$	$<2.12 \times 10^{-4}$	$<2.42 \times 10^{-4}$
核素名称	检测结果 (Bq/g)		
	FS2025044-014	FS2025044-015	FS2025044-016
	赤足陂水库水样	罗田水库水样	园区东南边界水井水样
Na-22	$<7.58 \times 10^{-5}$	$<6.79 \times 10^{-5}$	$<6.66 \times 10^{-5}$

Mn-54	$<7.07 \times 10^{-5}$	$<6.38 \times 10^{-5}$	$<6.61 \times 10^{-5}$
Co-57	$<5.22 \times 10^{-5}$	$<4.23 \times 10^{-5}$	$<3.89 \times 10^{-5}$
Co-58	$<6.45 \times 10^{-5}$	$<6.05 \times 10^{-5}$	$<6.38 \times 10^{-5}$
Co-60	$<6.54 \times 10^{-5}$	$<6.66 \times 10^{-5}$	$<6.72 \times 10^{-5}$
Zn-65	$<1.57 \times 10^{-4}$	$<1.41 \times 10^{-4}$	$<1.43 \times 10^{-4}$
Cd-109	$<1.30 \times 10^{-3}$	$<1.19 \times 10^{-3}$	$<1.23 \times 10^{-3}$
Ce-139	$<6.12 \times 10^{-5}$	$<3.58 \times 10^{-5}$	$<3.78 \times 10^{-5}$
Pm-143	$<1.71 \times 10^{-4}$	$<1.53 \times 10^{-4}$	$<1.58 \times 10^{-4}$
Pm-146	$<9.49 \times 10^{-5}$	$<7.75 \times 10^{-5}$	$<7.65 \times 10^{-5}$
Sm-145	$<4.92 \times 10^{-4}$	$<6.54 \times 10^{-4}$	$<6.66 \times 10^{-4}$
Eu-149	$<1.41 \times 10^{-3}$	$<1.01 \times 10^{-3}$	$<1.03 \times 10^{-3}$
Eu-152	$<3.40 \times 10^{-4}$	$<3.04 \times 10^{-4}$	$<3.35 \times 10^{-4}$
Eu-155	$<1.56 \times 10^{-4}$	$<1.30 \times 10^{-4}$	$<1.39 \times 10^{-4}$
Gd-151	$<7.74 \times 10^{-4}$	$<4.85 \times 10^{-4}$	$<4.91 \times 10^{-4}$
Gd-153	$<1.56 \times 10^{-4}$	$<1.53 \times 10^{-4}$	$<1.22 \times 10^{-4}$
Dy-159	$<2.29 \times 10^{-3}$	$<4.58 \times 10^{-3}$	$<3.84 \times 10^{-3}$
Tb-160	$<2.28 \times 10^{-4}$	$<2.05 \times 10^{-4}$	$<2.20 \times 10^{-4}$
Lu-172	$<1.15 \times 10^{-4}$	$<1.15 \times 10^{-4}$	$<1.14 \times 10^{-4}$
Lu-173	$<2.57 \times 10^{-4}$	$<1.73 \times 10^{-4}$	$<1.73 \times 10^{-4}$
Hf-172	$<3.98 \times 10^{-4}$	$<3.27 \times 10^{-4}$	$<2.49 \times 10^{-4}$
Ta-182	$<2.30 \times 10^{-4}$	$<2.06 \times 10^{-4}$	$<2.03 \times 10^{-4}$

表 2.3-23 水样品中总 α 总 β 放射性补充检测结果

样品名称	样品编号	总 α 活度浓度 (Bq/L)	总 β 活度浓度 (Bq/L)	备注
园区池塘水样	FS2025044-024	$< L_D(\alpha)$	0.108	$L_D(\alpha) = 110$ Bq/L; $L_D(\beta) = 68.4$ Bq/L
草芝坑水库水样	FS2025044-025	0.029	0.082	$L_D(\alpha) = 0.029$ Bq/L; $L_D(\beta) = 0.015$ Bq/L
水流石水库水样	FS2025044-026	$< L_D(\alpha)$	0.057	$L_D(\alpha) = 0.039$ Bq/L; $L_D(\beta) = 0.013$ Bq/L
赤足陂水库水样	FS2025044-027	$< L_D(\alpha)$	0.069	$L_D(\alpha) = 0.031$ Bq/L; $L_D(\beta) = 0.009$ Bq/L
罗田水库水样	FS2025044-028	0.029	0.134	$L_D(\alpha) = 0.021$ Bq/L; $L_D(\beta) = 0.015$ Bq/L
园区东南边界水井水样	FS2025044-029	0.078	0.107	$L_D(\alpha) = 0.030$ Bq/L; $L_D(\beta) = 0.015$ Bq/L

2.3.2.4 土壤

项目所在地附近的土壤样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果见表 2.3-24，总 α 、总 β 放射性检测结果见表 2.3-25， γ 放射性核素活度浓度补充检测结果见表 2.3-26，总 α 、总 β 放射性补充检测结果见表 2.3-27。

由表 2.3-24 可见, 土壤样品检测的所有 γ 放射性核素检测结果均远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的清洁解控水平。由表 2.3-25 可见, 土壤中总 α 活度浓度为 $(1.13\sim 1.86)\times 10^3\text{Bq/kg}$ 、总 β 活度浓度为 $9.81\times 10^2\sim 1.44\times 10^3\text{Bq/kg}$ 。由表 2.3-26 可见, 土壤中 γ 放射性核素活度浓度检测结果均低于核素的仪器探测下限。由表 2.3-27 可见, 土壤样品中总 α 放射性活度浓度为 $1.17\times 10^3\sim 2.02\times 10^3\text{Bq/kg}$, 总 β 放射性活度浓度为 $9.04\times 10^2\sim 1.49\times 10^3\text{Bq/kg}$, 未见异常。

表 2.3-24 土壤样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/kg)	清洁解控水平 (Bq/kg)	备注
靶站附近土壤样品	FS20250 49-012	Be-7	<6.11	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 7 日。
		Na-22	$<8.62\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Na-24	<1.14	1×10^4	
		Mn-52	$<8.30\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-54	$<6.07\times 10^{-1}$	1×10^4	
C8 防护楼西侧土壤样品	FS20250 49-013	Be-7	<5.82	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 6 日。
		Na-22	$<7.60\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Na-24	<1.06	1×10^4	
		Mn-52	$<7.75\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-54	$<5.01\times 10^{-1}$	1×10^4	
水库土壤样品	FS20250 49-014	Be-7	<6.09	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 5 日。
		Na-22	$<7.87\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Na-24	<1.04	1×10^4	
		Mn-52	$<7.99\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-54	$<5.12\times 10^{-1}$	1×10^4	
樟木头林场土壤样品	FS20250 49-015	Be-7	<6.03	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时, 该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 4 日。
		Na-22	$<7.36\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Na-24	<1.07	1×10^4	
		Mn-52	$<7.90\times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-54	$<3.74\times 10^{-1}$	1×10^4	

表 2.3-25 土壤样品中总 α 、总 β 放射性检测结果

样品名称	样品编号	总 α 活度浓度(Bq/kg)	总 β 活度浓度(Bq/kg)	备注
靶站附近土壤	FS2025049-026	1.47×10^3	1.44×10^3	$L_D(\alpha)=110$ Bq/kg; $L_D(\beta)=68.4$ Bq/kg
C8 防护楼西侧土壤	FS2025049-027	1.13×10^3	1.09×10^3	$L_D(\alpha)=116$ Bq/kg; $L_D(\beta)=52.3$ Bq/kg
水平村水库土壤	FS2025049-028	1.23×10^3	9.81×10^2	$L_D(\alpha)=110$ Bq/kg; $L_D(\beta)=68.4$ Bq/kg
屏山社区土壤	FS2025049-029	1.86×10^3	1.23×10^3	$L_D(\alpha)=117$ Bq/kg; $L_D(\beta)=54.1$ Bq/kg

表 2.3-26 土壤样品中 γ 放射性核素活度浓度补充检测结果

核素名称	检测结果 (Bq/g)			
	FS2025044-007	FS2025044-008	FS2025044-009	FS2025044-010
	靶站附近土壤	水平村土壤	屏山社区土壤	樟木头林场土壤
Na-22	$<8.62 \times 10^{-4}$	$<7.93 \times 10^{-4}$	$<1.07 \times 10^{-3}$	$<7.36 \times 10^{-4}$
Mn-54	$<6.07 \times 10^{-4}$	$<4.62 \times 10^{-4}$	$<8.09 \times 10^{-4}$	$<3.74 \times 10^{-4}$
Co-57	$<6.50 \times 10^{-4}$	$<6.31 \times 10^{-4}$	$<4.94 \times 10^{-4}$	$<6.54 \times 10^{-4}$
Co-58	$<6.94 \times 10^{-4}$	$<6.65 \times 10^{-4}$	$<9.54 \times 10^{-4}$	$<6.62 \times 10^{-4}$
Co-60	$<7.41 \times 10^{-4}$	$<6.98 \times 10^{-4}$	$<9.54 \times 10^{-4}$	$<6.54 \times 10^{-4}$
Zn-65	$<2.28 \times 10^{-3}$	$<2.18 \times 10^{-3}$	$<3.42 \times 10^{-3}$	$<2.14 \times 10^{-3}$
Cd-109	$<1.32 \times 10^{-2}$	$<1.28 \times 10^{-2}$	$<1.24 \times 10^{-2}$	$<1.30 \times 10^{-2}$
Ce-139	$<7.66 \times 10^{-4}$	$<7.49 \times 10^{-4}$	$<5.97 \times 10^{-4}$	$<7.66 \times 10^{-4}$
Pm-143	$<1.85 \times 10^{-3}$	$<1.79 \times 10^{-3}$	$<2.44 \times 10^{-3}$	$<1.76 \times 10^{-3}$
Pm-146	$<1.05 \times 10^{-3}$	$<9.97 \times 10^{-4}$	$<1.26 \times 10^{-3}$	$<1.03 \times 10^{-3}$
Sm-145	$<7.24 \times 10^{-3}$	$<7.09 \times 10^{-3}$	$<6.57 \times 10^{-3}$	$<7.28 \times 10^{-3}$
Eu-149	$<1.60 \times 10^{-2}$	$<1.22 \times 10^{-2}$	$<1.83 \times 10^{-2}$	$<1.37 \times 10^{-2}$
Eu-152	$<6.51 \times 10^{-3}$	$<1.87 \times 10^{-3}$	$<2.86 \times 10^{-3}$	$<1.92 \times 10^{-3}$
Eu-155	$<1.60 \times 10^{-3}$	$<1.55 \times 10^{-3}$	$<1.95 \times 10^{-3}$	$<1.58 \times 10^{-3}$
Gd-151	$<6.99 \times 10^{-3}$	$<8.83 \times 10^{-3}$	$<8.11 \times 10^{-3}$	$<8.28 \times 10^{-3}$
Gd-153	$<2.15 \times 10^{-3}$	$<2.09 \times 10^{-3}$	$<1.41 \times 10^{-3}$	$<2.12 \times 10^{-3}$
Dy-159	$<3.54 \times 10^{-2}$	$<3.45 \times 10^{-2}$	$<3.38 \times 10^{-2}$	$<3.50 \times 10^{-2}$
Tb-160	$<2.31 \times 10^{-3}$	$<2.15 \times 10^{-3}$	$<3.06 \times 10^{-3}$	$<2.12 \times 10^{-3}$
Lu-172	$<1.34 \times 10^{-3}$	$<1.25 \times 10^{-3}$	$<1.69 \times 10^{-3}$	$<1.15 \times 10^{-3}$
Lu-173	$<3.27 \times 10^{-3}$	$<3.18 \times 10^{-3}$	$<3.54 \times 10^{-3}$	$<3.25 \times 10^{-3}$
Hf-172	$<5.24 \times 10^{-3}$	$<5.08 \times 10^{-3}$	$<3.83 \times 10^{-3}$	$<5.27 \times 10^{-3}$
Ta-182	$<3.28 \times 10^{-3}$	$<3.15 \times 10^{-3}$	$<3.52 \times 10^{-2}$	$<3.07 \times 10^{-3}$

注：置信度：95%；“<”后值为测量活时间 24h 时，该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为测量时间。

表 2.3-27 土壤样品中总 α 、总 β 放射性补充检测结果

样品名称	样品编号	总 α 活度浓度 (Bq/kg)	总 β 活度浓度 (Bq/kg)	备注
靶站附近土壤	FS2025044-020	1.47×10^3	1.44×10^3	$L_D(\alpha) = 110$ Bq/kg; $L_D(\beta) = 68.4$ Bq/kg
水平村土壤	FS2025044-021	2.02×10^3	1.49×10^3	$L_D(\alpha) = 116$ Bq/kg; $L_D(\beta) = 54.0$ Bq/kg
屏山社区土壤	FS2025044-022	1.86×10^3	1.23×10^3	$L_D(\alpha) = 117$ Bq/kg; $L_D(\beta) = 54.1$ Bq/kg
樟木头林场土壤	FS2025044-023	1.17×10^3	9.04×10^2	$L_D(\alpha) = 134$ Bq/kg; $L_D(\beta) = 72.5$ Bq/kg

2.3.2.5 生物

项目所在地附近的生物样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果见表 2.3-28，总 α 、总 β 放射性检测结果见表 2.3-29。

由表 2.3-28 可见，生物样品检测的所有 γ 放射性核素检测结果均远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的清洁解控水平。由表 2.3-29 可见，生物样品中总 α 活度浓度为 12.9~16.5Bq/kg.鲜样、总 β 活度浓度为 129~136Bq/kg.鲜样。

表 2.3-28 生物样品中 γ 放射性核素活度浓度检测结果

样品名称	样品编号	核素名称	检测结果 (Bq/kg.鲜)	清洁解控水平 (Bq/kg)	备注
园区树叶	FS2025049-016	Be-7	27.1	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时，该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 9 日。样品干鲜比为 1:3.46。
		Na-22	$<2.24 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Na-24	$<2.70 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-52	$<1.94 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-54	$<1.90 \times 10^{-1}$	1×10^4	
樟木头林场树叶	FS2025049-017	Be-7	26.1	1×10^6	“<”后值为测量活时间 24 h 时，该核素检测的最小探测下限。样品中核素活度浓度校正参考时间为 2025 年 12 月 16 日。样品干鲜比为 1:4.43。
		Na-22	$<3.15 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Na-24	$<3.81 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-52	$<2.47 \times 10^{-1}$	1×10^4	
		Mn-54	$<2.36 \times 10^{-1}$	1×10^4	

表 2.3-29 生物样品中总 α 、总 β 放射性检测结果

样品名称	样品编号	总 α 活度浓度(Bq/kg.鲜)	总 β 活度浓度(Bq/kg.鲜)	备注
园区树叶	FS2025049-030	16.5	136	方法检出限: $L_D(\alpha)=1.60$ Bq/kg ; $L_D(\beta)=0.774$ Bq/kg; 园区树叶干灰比为 37.1:1。
樟木头林场树叶	FS2025049-031	12.9	129	$L_D(\alpha)=1.25$ Bq/kg ; $L_D(\beta)=0.596$ Bq/kg; 水平村树叶干灰比为 34.9:1

2.4 场址适宜性评价

本项目选址位于东莞市大朗镇 CSNS 园区,位于广东省东莞市松山湖科学城大装置集聚核心区内,现有场地用地性质为科研用地。

(1) 项目所在位置及周边为丘陵地带,地质和地震条件良好,未发现影响项目安全稳定运行的颠覆性因素;

(2) 结合项目所在位置、周边社会环境特征、项目的环境影响评价范围,本项目场址周边主要居民聚居区有水平村、屏山社区、犀牛陂村、松木山村和樟木头林场等,距离本项目最近的居民小区为北侧约 700m 处的水平村,距离较远,本项目的放射性气载流出物对各敏感目标的影响较小(公众最大受照剂量为 1.55×10^{-5} mSv/a);

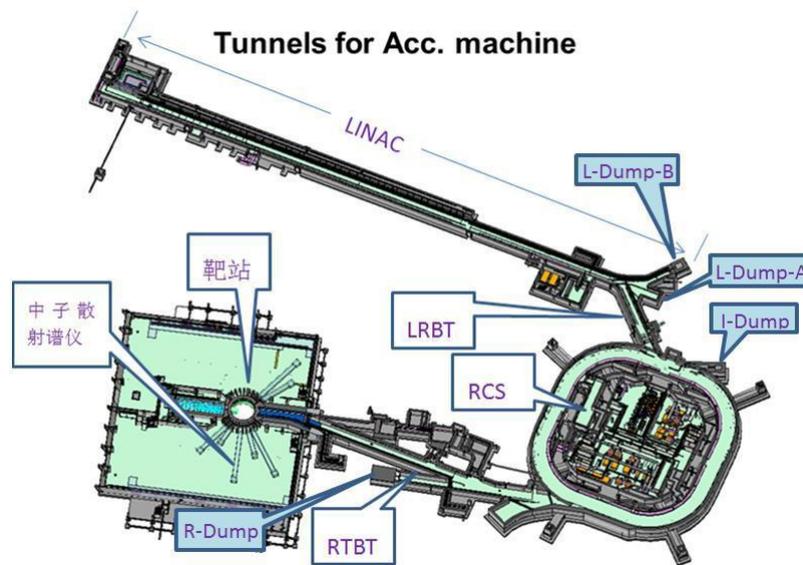
(3) 环境质量调查表明,项目所在区域的辐射环境质量较好,辐射水平处于天然辐射本底正常涨落范围内。

综上所述,本项目选址是适宜的。

第三章 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

CSNS 是中国第一座基于加速器加速高能质子轰击金属靶而产生大量散射中子的中子源，其核心由 1 台 80MeV 负氢离子直线加速器、1 台 1.6GeV 快循环质子同步加速器（RCS）、两条束流输运线（直线-环传输线 LRBT 和环-靶传输线 RTBT）、1 个靶站和终端谱仪组成。CSNS 提供 20 条中子孔道，计划分步建设 22 台不同类型的中子散射及相关谱仪，现已经建成了 4 台中子谱仪（小角中子散射谱仪、多功能反射谱仪、通用粉末衍射谱仪和多物理谱仪）。现有 CSNS 主体装置主要位于地下隧道，各部分隧道结构水平剖面如图错误!文档中没有指定样式的文字。-1 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-1 CSNS 装置各部分隧道结构水平剖面示意图

本项目属于改扩建项目，改扩建内容主要包括 CSNS 靶站谱仪大厅（B7）内的热室改造、样品处理热室扩建以及热室内取样、制样系统以及辐照后力学性能测试平台的搭建。靶站谱仪大厅（B7）在 CSNS 园区的位置布局见图错误!文档中没有指定样式的文字。-2，图中红色框线为本项目所在靶站，蓝色框线为 CSNS 园区边界。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-2 CSNS 园区总平面布局图

本项目改造完成后，将在热室内进行退役部件的制样、取样及性能测试，属于操作非密封放射性物质，根据本项目操作核素情况，改造后热室为甲级非密封放射性物质工作场所。

3.1.1 项目改造前现有工程概况

本项目改扩建内容仅涉及靶站谱仪大厅内热室的改造，因此现有工程仅针对靶站谱仪大厅（B7）进行描述。

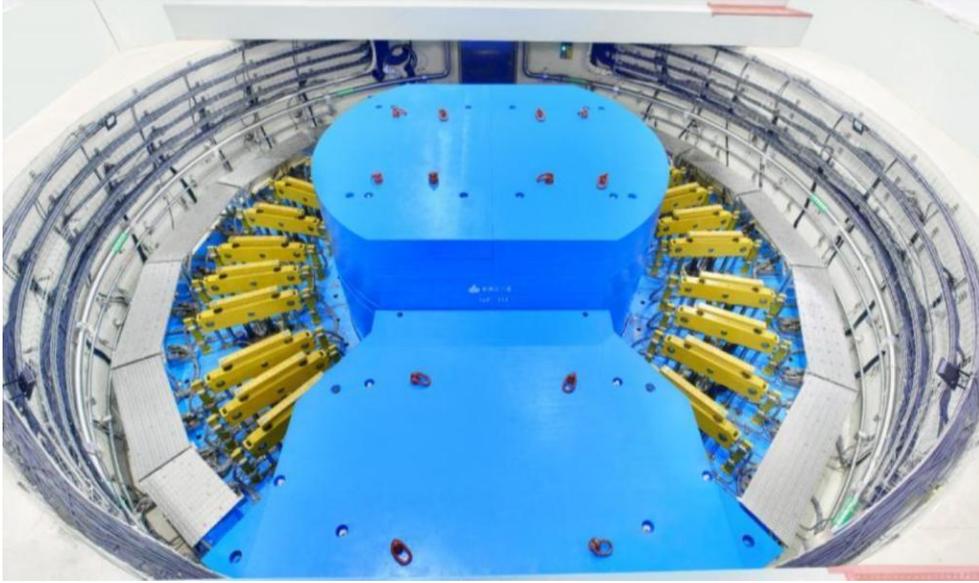
靶站谱仪大厅地上部分高度为 13.9m，地下部分深 22m，地上建筑长宽分别为 95.8m 和 94.3m，总建筑面积为 12612.46m²。从空间结构上包括靶站区、谱仪区和配套实验区三个部分，其中靶站区位于建筑中心；谱仪区位于靶站区两侧；配套实验区位于建筑西侧，布局详见附图 3。

3.1.1.1 靶站区

靶站区分为靶站地下室、靶站、热室以及顶部大厅。

3.1.1.1.1 靶站

靶站位于靶站谱仪大厅的中心，为内部半径 4.8m、高度 10m 的圆柱形结构，内部建设靶体、配套系统（慢化器反射体系统、氦容器系统、屏蔽体系统）和 20 条中子孔道，靶站现场照片如图错误!文档中没有指定样式的文字。-3 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-3 CSNS 靶站内部结构

3.1.1.1.2 靶站地下室

靶站地下室位于靶站建筑最底层，建于地下 22m 处，设有水冷却系统设备区、液体污染物存放区、固体污染物储存区（固废暂存间）、设备运输通道以及低放废物罐间、取样间、维修间、电气间、PCE/HOG 过滤器、中子开关泵房、通用设备间等配套区域。

3.1.1.1.3 靶站热室

靶站热室位于靶站前端，建于地下 13.4m 处，内部尺寸（长×宽×高）为 18m×4.65m×8m。配备 1 套动力机械手、4 对（8 台）主从机械手、天车、操作台等操作设备和照明、视频监控等配套设备，设有 4 个铅玻璃观察窗，操作区和维护区位于热室两侧。主要用于靶体及其附件的遥控维护、放射性废物的缩容和装载和其他维护工作。靶站热室现场照片如图错误!文档中没有指定样式的文字。-4 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-4 靶站热室内部

3.1.1.1.4 靶站顶部大厅

靶站顶部大厅位于靶站和热室上方，建于地下 4.37m 处，内部高度 17m。设有一台吊车，用于对靶站内部大型部件及其屏蔽容器的吊装维护。

3.1.1.2 谱仪区

谱仪区包括 1#谱仪大厅和 2#谱仪大厅，分别位于靶站区两侧，与靶站热室同高度（地下 13.4m 处），主要为谱仪设备和实验终端。

3.1.1.3 配套实验区

配套实验区位于靶站谱仪大厅最西侧，共三层，高度由地下 13.4m 至地上 0.4m。首层主要为电梯间和架空层；二层主要为实验室、会议室和配电间等；三层主要为谱仪控制室、会议室、计算机房、UPS 间等。

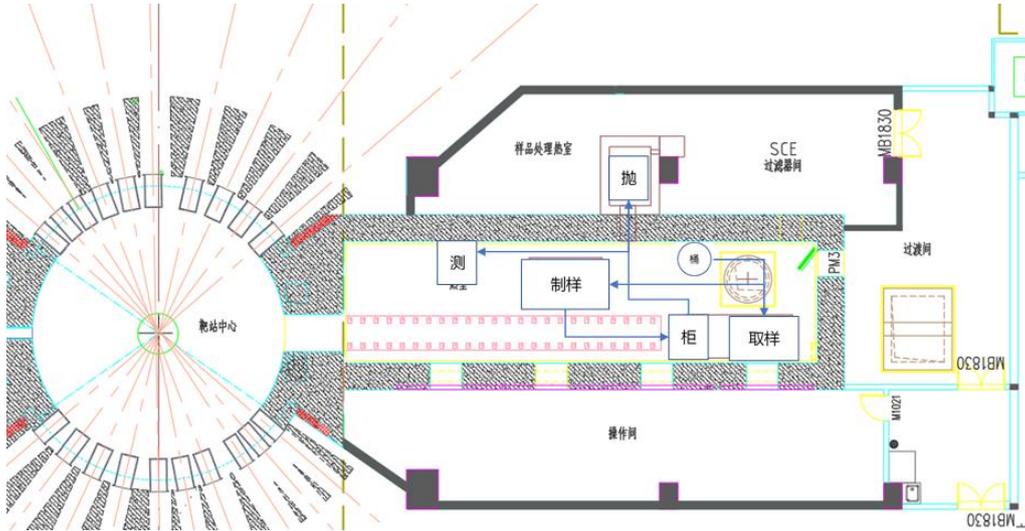
3.1.2 项目改扩建内容

本项目改扩建工程主要包括搭建样品处理热室和辐照后力学性能测试平台。通过本项目的改扩建，拟在大热室内对退役靶、退役质子束窗、退役中子束窗以及退役慢化器反射体容器和窄化片等退役部件进行铣削取样、线切割制样以及对制得的样品进行力学性能测试；拟在新建的样品处理热室，对在大热室内线切割制得的退役靶、退役质子束窗、退役中子束窗以及退役慢化器反射体容器和窄化片

等退役部件的小样品进行清洗与表面抛磨。以下详细描述各改扩建部分的具体内容：

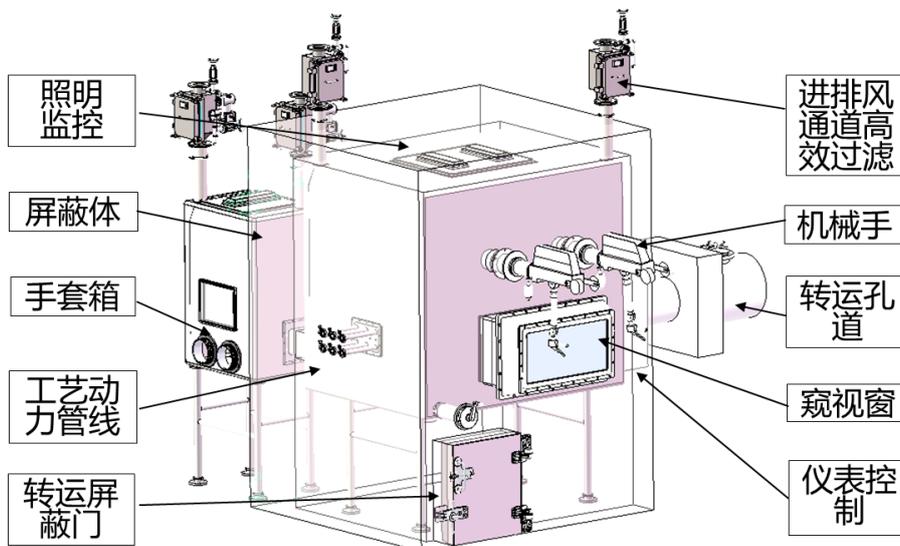
3.1.2.1 样品处理热室搭建

样品处理热室是开展退役部件样品表面磨抛的主要功能区域，是基于靶站氦设备间原有空间建设，其位置与热室相邻，见错误!未找到引用源。5 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-5 样品处理热室搭建位置示意图

样品处理热室为新建热室，建设内容主要包括屏蔽体、进排风通道高效过滤、机械手、转运孔道、手套箱、转运屏蔽门、窥视窗等。设计屏蔽材料为碳钢，密度在 7850kg/m^3 ，厚度 250mm。内部空间，为长 2500mm，宽 1500mm，高 1800mm；外部空间 3000mm，宽 2000mm，高 2050mm。样品处理热室气密等级二级。样品处理热室总体设计方案如错误!未找到引用源。6 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-6 放射性样品性能样品处理热室总体设计方案图

3.1.2.2 热室改造

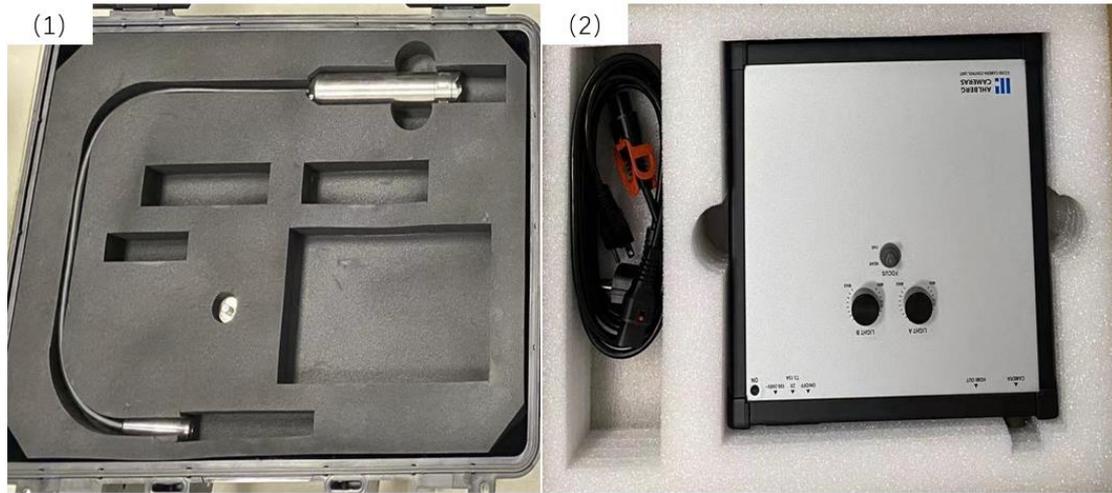
CSNS 靶站热室总体尺寸为长 18 米，宽 4.65 米，高 8 米，具备进行放射性样品处理能力，但是在一期工程的建设时，没有考虑对退役靶服役后进行样品加工等处理过程，相关的配套设施及接口还不具备条件，需要对热室进行相应的升级改造，具体的升级改造项目包括以下几个方面：升级热室内视频系统；改造热室内双轨天车；搭建热室内设备电气接插件平台，供热室设备的强弱电设备的引出；研制热室内专业工装，以满足取样制样需求。

3.1.2.2.1 耐辐照视频系统升级

CSNS 热室目前内部配备了 6 台海康威视 S 系列 200 万 23 倍网络红外 T 型云台摄像机，安装位置于现场机械手臂正前方及两侧墙上，并预留两组网络于机械臂中间，为以后拓展准备，墙面增加 5 个 LED 灯作为辅助灯光提高光照亮度，全部摄像机采用六类网线直联至 24U 机柜内中心交换机，机柜内配备海康威视十六路八盘位录像机进行 24 小时录像，录像时间约为 40 天，机柜内配备海康监视器方便录像查看。热室配置的 6 台远程观测摄像头能够满足日常的遥控维护需求，但是由于在靶体切割和制取的过程中，需要长时间近距离观察靶体及样品的形貌，以及观察设备沾污情况等，因此需增设专用高耐辐照视频系统以完成相关操作。升级主要包括在热室 1 号工位及 3 号工位增设两台定焦距耐辐照摄像机及配套专用的解码及存储设备，主要参数如错误!未找到引用源。1 所示，摄像系统如错误!未找到引用源。所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-1 耐辐照视频系统设备技术指标及要求

项目	数量	技术参数
MINI-RADF30HD 耐辐照摄像机	2 台	外形尺寸 $\varnothing 30 \times 138 \text{mm}$ ，重 400g，电动调焦，分辨率 720p，耐辐射剂量率 1000Gy/h，耐辐射总剂量 50000Gy，密封水下 35 米，不锈钢外壳，内置两路 LED 辅助光源，总照度 800lm，亮度可远程调节，f=8.0mm 镜头
耐辐照高清摄像机解码及控制器 CCU50	1 个	双通道 LED 照度独立无极调节、电动对焦调节、HDMI720p 视频输出；与摄像机通过航空插头连接；外形尺寸不大于 30x30x8cm;100-240VAC
视频数据采集卡	1 个	HDMI720p 数据采集
存储服务器及解码软件	1 套	解码及储存视频数据
耐辐照通讯电缆	12 根	带航空接头，IP68，18 芯，T18，摄像机供电、控制、视频输出共用；柔性电缆，固定安装时最小弯曲半径不大于 35mm，电缆直径不大于 7mm



图错误!文档中没有指定样式的文字。-7 (1) 耐辐照摄像机，(2) 解码及控制系统

实际使用时，耐辐照摄像机需放置于热室内部，并通过主从或动力机械手夹持进行观察操作，控制器则放置于操作间区域。供电及信号电缆穿过 1 号及 3 号窗的预埋孔道将摄像机和控制器连接，为了保证热室内部有足够的操作范围，预留足够长度的电缆于热室内部。

3.1.2.2.2 热室内双轨天车改造

为实现对靶体的切割及取样，需要在热室内部增加靶体切割专用铣床、慢走丝线切割机等大型设备及装置，这些装置在取样过程中需要通过遥操作不断调整位置，因此要求天车具有良好的防摇摆功能以及具备一定的定位能力。为了满足此需求，对热室的双轨天车进行改造。

改造的内容包括：

(1) 防摇摆系统：主要包括电控箱、PLC 系统，开关电源，断路器，通信端子，防摇计算卡、通信电缆、信号线指示灯及支架等，可以实现热室内部天车 10 吨主吊钩，在吊高分别为 1 米、2 米和 3 米三个高度，10 秒内摆幅 100mm 以内；

(2) 位置指示系统：主要包括位置指示传感器、改造电缆、信号指示灯具及安装支架，可以实现天车在运行范围内 3 个定点位置的定位指示功能，三个点位包括：A.靶体拖车吊装靶体位置；B.铅屏蔽桶吊装位置；C.转运孔道屏蔽塞吊装位置。

3.1.2.2.3 热室接插件平台搭建

热室内的取样铣床和制样线切割系统，其控制柜均放置于操作间，通过长线缆连接控制。同时，由于这些电缆、气管需要贯穿热室前墙，会造成热室密封性能的破坏，需要专门的气密性设计。本项目采用定制穿墙件，预留内部 S 型通孔，实现热室前墙的线缆贯穿，以及伽马屏蔽，见**错误!未找到引用源。8**，另外，在贯穿件两端，通过密封胶保持线缆贯穿后的热室气密性。由于线缆数量较多，因此本项目采用的热室预留穿墙孔有 8 个，分别实现了取样铣床和制样线切割系统的全部控制电缆、供电电缆和气管的贯穿。

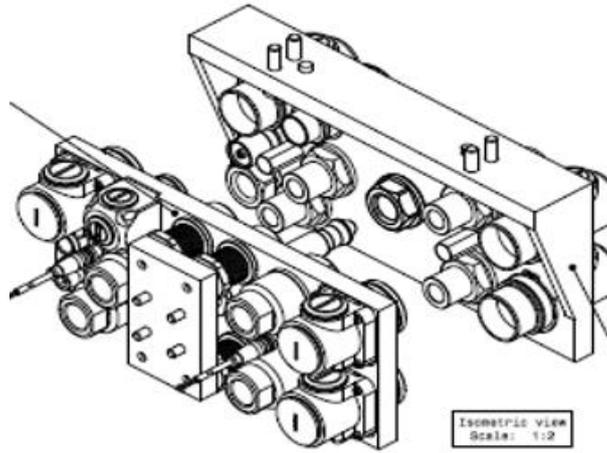


图错误!文档中没有指定样式的文字。-8 热室穿墙件

由于线缆贯穿施工较复杂，因此，把热室-操作间这段线缆两端分别设置快速连接件。避免移机造成的接错线、接漏线的情况。同时，该段线缆外部设置了线槽，便于热室内部的防水与清污。

取样铣床采用模块化电气对接技术，设备分拆为几大模块部件后，模块之间的电气对接也需随着部件的分离而拨开，部件的装配而自动插接。当部件装配完成后，两个模块上相应的电气对接公板和母板对接成功，实现供电供气的需求。

快插组合板中的公板通过机械对接方式固定在电缸组件活动端，电缸组件固定在底架上，母板分别安装于另一模块上。电缸前端配有导向装置，保证对接位置和刚性，通过传感器监控组合板连接/断开的位置；公板安装侧采用导向柱和浮动装置，能够消除各种对准误差，确保接口的准确对接。接口采用自动对接装置，安全可靠，可重复拔插百万次，电气插接板设计图见**错误!未找到引用源。9**。

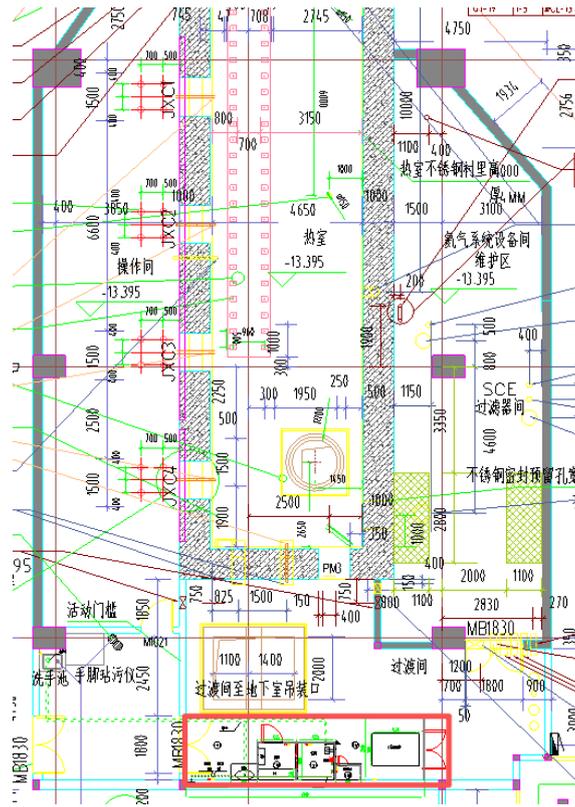


图错误!文档中没有指定样式的文字。-9 电气插接板设计方案图

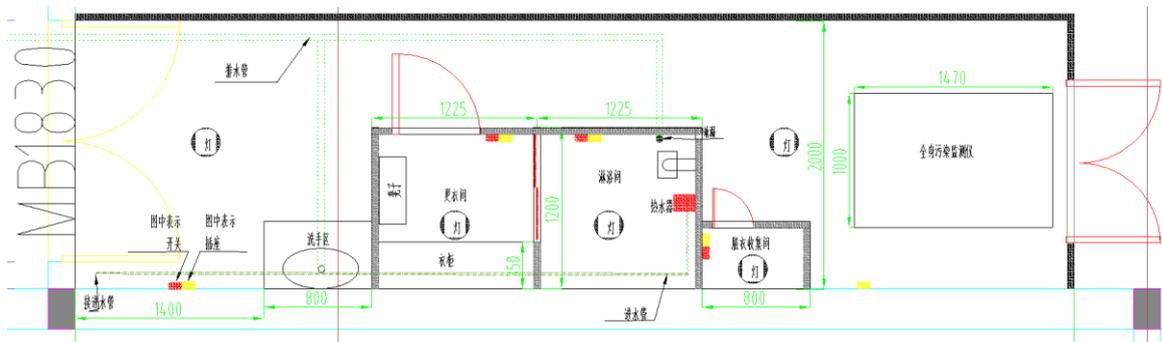
3.1.2.2 卫生通过间搭建

本次改造为满足辐射防护相关要求，需在控制区与监督区之间搭设卫生通过间。本项目拟在靶站热室后区与操作间的过渡间搭建一个更衣及淋浴间，用于接触过放射性物质人员的专业去污，防止放射性物质通过人体携带扩散至非控制区，同时保障人员辐射安全。更衣及淋浴间的主要设施包括：全身污染（ α 、 β 、 γ ）检测仪、脏衣收集间、淋浴间、更衣间、洗手区等。淋浴间和洗手池的污水均接入地下室专用放射性污水罐。更衣及淋浴间的负压通风要求如下：负压值低于过渡间负压值，根据《非反应堆核设施通风系统的设计及运行准则》

（EJ/T-20050-2014）负压值应小于 60Pa，换气次数应高于过渡间，每小时 4-5 次。本项目卫生通过间具体设置位置如错误!未找到引用源。10 所示，卫生通过间的具体布置如错误!未找到引用源。11 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-10 卫生通过间位置图



图错误!文档中没有指定样式的文字。-11 卫生通过间布置图

3.1.3 项目操作的核素情况

本项目建成后,拟在大热室内开展对 CSNS 靶站的退役部件开展取样制样及样品的性能测试,在样品处理热室开展对在大热室内制得的 CSNS 靶站退役部件小样品的清洗抛磨工作。CSNS 靶站的退役部件包括退役靶(含退役靶体、不锈钢盖板)、中子束窗、质子束窗、慢化器反射体容器和窄化片。

根据 CSNS 运行计划,退役靶在加速器内运行一年,并冷却一年后对其进行取样、制样及性能测试;退役中子束窗、退役质子束窗、退役慢化器反射体容器和窄化片,在加速器内运行 5 年,冷却一年后对其进行取样、制样及性能测试。

因此退役靶中活化放射性核素活度按照质子加速器平均功率 500kW、质子源强为 1.95×10^{15} p/s 的工况下，运行一年（辐照时间 6000h）后，冷却一年进行计算；中子束窗、质子束窗、慢化器反射体容器和窄化片中活化放射性核素活度按照质子加速器平均功率 500kW、质子源强为 1.95×10^{15} p/s 的工况下，运行五年（辐照时间 30000h）后，冷却一年进行计算。本项目涉及各退役部件在进行取样、制样及性能测试时的放射性核素活度如下表所示，表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素。

表 3.1-2 本项目各退役部件放射性核素活度

序号	场所	样品名称	核素	单批次操作活度/Bq	日操作活度/Bq	年操作活度/Bq
1	大 热 室	靶材钨压缩样	H-3	1.81E+11	9.07E+10	1.81E+11
2			Nb-93m	4.94E+10	2.47E+10	4.94E+10
3			Cd-109	2.35E+09	1.18E+09	2.35E+09
4			Ce-139	3.29E+09	1.65E+09	3.29E+09
5			Pm-143	4.70E+09	2.35E+09	4.70E+09
6			Sm-145	6.11E+09	3.06E+09	6.11E+09
7			Eu-152	5.17E+09	2.59E+09	5.17E+09
8			Gd-151	2.35E+09	1.18E+09	2.35E+09
9			Gd-153	4.23E+09	2.12E+09	4.23E+09
10			Dy-159	4.23E+09	2.12E+09	4.23E+09
11			Lu-172	1.03E+10	5.17E+09	1.03E+10
12			Lu-173	1.46E+10	7.29E+09	1.46E+10
13			Hf-172	8.93E+09	4.47E+09	8.93E+09
14			Ta-179	1.55E+10	7.76E+09	1.55E+10
15			Ta-182	3.29E+09	1.65E+09	3.29E+09
16			W-181	7.71E+10	3.85E+10	7.71E+10
17			W-185	6.30E+10	3.15E+10	6.30E+10
18		靶体不锈钢包壳拉伸 样	H-3	1.91E+10	3.81E+09	1.91E+10
19			Mn-54	2.54E+10	5.08E+09	2.54E+10

序号	场所	样品名称	核素	单批次操作活度/Bq	日操作活度/Bq	年操作活度/Bq
20			Fe-55	5.46E+10	1.09E+10	5.46E+10
21			Co-57	2.29E+10	4.57E+09	2.29E+10
22			Co-58	7.62E+09	1.52E+09	7.62E+09
23			Co-60	3.56E+10	7.11E+09	3.56E+10
24			Ni-63	1.09E+12	2.17E+11	1.09E+12
25		质子束窗铝容器拉伸样	H-3	5.16E+09	5.16E+09	5.16E+09
26	Na-22		2.52E+09	2.52E+09	2.52E+09	
27	Cl-36		4.67E+07	4.67E+07	4.67E+07	
28		退耦合窄化液氢慢化器（以下简称“DPHM”）容器底部铝合金	H-3	9.15E+07	9.15E+07	9.15E+07
29	Na-22		6.26E+07	6.26E+07	6.26E+07	
30	Mn-54		3.96E+06	3.96E+06	3.96E+06	
31	Fe-55		1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	
32	Zn-65		1.04E+07	1.04E+07	1.04E+07	
33		DPHM 窄化片	H-3	1.82E+08	1.82E+08	1.82E+08
34	Pm-146		9.53E+07	9.53E+07	9.53E+07	
35	Pm-147		1.82E+08	1.82E+08	1.82E+08	
36	Eu-149		1.13E+08	1.13E+08	1.13E+08	
37	Eu-152		3.55E+08	3.55E+08	3.55E+08	
38	Eu-154		8.23E+08	8.23E+08	8.23E+08	
39	Eu-155		1.73E+08	1.73E+08	1.73E+08	
40	Gd-151		2.94E+08	2.94E+08	2.94E+08	
41	Gd-153		4.84E+09	4.84E+09	4.84E+09	
42	Tb-160		1.56E+09	1.56E+09	1.56E+09	
43		反射体容器铝合金	H-3	2.75E+08	2.75E+08	2.75E+08
44	Na-22		2.70E+08	2.70E+08	2.70E+08	
45	Mn-54		4.08E+07	4.08E+07	4.08E+07	

序号	场所	样品名称	核素	单批次操作活度/Bq	日操作活度/Bq	年操作活度/Bq	
46		中子束窗铝容器拉伸样	Fe-55	6.69E+07	6.69E+07	6.69E+07	
47			Ni-63	4.22E+06	4.22E+06	4.22E+06	
48			Zn-65	3.94E+07	3.94E+07	3.94E+07	
49			H-3	6.44E+03	6.44E+03	6.44E+03	
50			Na-22	1.26E+06	1.26E+06	1.26E+06	
51			Fe-55	1.03E+04	1.03E+04	1.03E+04	
52			Zn-65	6.44E+03	6.44E+03	6.44E+03	
53			样品处理热室	靶材钨压缩样	H-3	4.54E+10	4.54E+10
54	Nb-93m	1.23E+10			1.23E+10	4.94E+10	
55	Cd-109	5.88E+08			5.88E+08	2.35E+09	
56	Ce-139	8.23E+08			8.23E+08	3.29E+09	
57	Pm-143	1.18E+09			1.18E+09	4.70E+09	
58	Sm-145	1.53E+09			1.53E+09	6.11E+09	
59	Eu-152	1.29E+09			1.29E+09	5.17E+09	
60	Gd-151	5.88E+08			5.88E+08	2.35E+09	
61	Gd-153	1.06E+09			1.06E+09	4.23E+09	
62	Dy-159	1.06E+09			1.06E+09	4.23E+09	
63	Lu-172	2.59E+09			2.59E+09	1.03E+10	
64	Lu-173	3.64E+09			3.64E+09	1.46E+10	
65	Hf-172	2.23E+09			2.23E+09	8.93E+09	
66	Ta-179	3.88E+09			3.88E+09	1.55E+10	
67	Ta-182	8.23E+08			8.23E+08	3.29E+09	
68	W-181	1.93E+10			1.93E+10	7.71E+10	
69	W-185	1.57E+10			1.57E+10	6.30E+10	
70	靶体不锈钢包壳拉伸样	H-3			9.53E+08	9.53E+08	1.91E+10
71		Mn-54			1.27E+09	1.27E+09	2.54E+10

序号	场所	样品名称	核素	单批次操作活度/Bq	日操作活度/Bq	年操作活度/Bq
72			Fe-55	2.73E+09	2.73E+09	5.46E+10
73			Co-57	1.14E+09	1.14E+09	2.29E+10
74			Co-58	3.81E+08	3.81E+08	7.62E+09
75			Co-60	1.78E+09	1.78E+09	3.56E+10
76			Ni-63	5.44E+10	5.44E+10	1.09E+12
77		质子束窗铝容器拉伸样	H-3	1.29E+09	1.29E+09	5.16E+09
78	Na-22		6.30E+08	6.30E+08	2.52E+09	
79	Cl-36		1.17E+07	1.17E+07	4.67E+07	
80		DPHM 容器底部铝合金	H-3	2.29E+07	2.29E+07	9.15E+07
81			Na-22	1.56E+07	1.56E+07	6.26E+07
82			Mn-54	9.89E+05	9.89E+05	3.96E+06
83			Fe-55	2.74E+06	2.74E+06	1.10E+07
84			Zn-65	2.61E+06	2.61E+06	1.04E+07
85		DPHM 窄化片	H-3	4.55E+07	4.55E+07	1.82E+08
86			Pm-146	2.38E+07	2.38E+07	9.53E+07
87			Pm-147	4.55E+07	4.55E+07	1.82E+08
88			Eu-149	2.81E+07	2.81E+07	1.13E+08
89			Eu-152	8.88E+07	8.88E+07	3.55E+08
90			Eu-154	2.06E+08	2.06E+08	8.23E+08
91			Eu-155	4.33E+07	4.33E+07	1.73E+08
92			Gd-151	7.36E+07	7.36E+07	2.94E+08
93			Gd-153	1.21E+09	1.21E+09	4.84E+09
94			Tb-160	3.90E+08	3.90E+08	1.56E+09
95		反射体容器铝合金	H-3	6.86E+07	6.86E+07	2.75E+08
96			Na-22	6.76E+07	6.76E+07	2.70E+08
97			Mn-54	1.02E+07	1.02E+07	4.08E+07

序号	场所	样品名称	核素	单批次操作活度/Bq	日操作活度/Bq	年操作活度/Bq
98		中子束窗铝容器拉伸样	Fe-55	1.67E+07	1.67E+07	6.69E+07
99	Ni-63		1.06E+06	1.06E+06	4.22E+06	
100	Zn-65		9.86E+06	9.86E+06	3.94E+07	
101	H-3		1.61E+03	1.61E+03	6.44E+03	
102	Na-22		3.15E+05	3.15E+05	1.26E+06	
103	Fe-55		2.58E+03	2.58E+03	1.03E+04	
104	Zn-65		1.61E+03	1.61E+03	6.44E+03	

本项目大热室及样品处理热室视为同一个甲级非密封放射性工作场所，不同退役部件的取样、制样及性能测试工作不同时进行，因此保守考虑选取所有退役部件中所含放射性核素活度的最大值作为该核素的日最大操作量，并据此计算其日等效最大操作量。本项目核素操作情况如下表所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-3 本项目核素操作情况

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作量 (Bq)	单批次操作量 (Bq)	每年操作的批次
1	H-3	1.81E+11	1.81E+12	1.81E+11	1.81E+11	1
2	Na-22	2.52E+09	2.52E+10	2.52E+09	2.52E+09	1
3	Cl-36	4.67E+07	4.67E+09	4.67E+07	4.67E+07	1
4	Mn-54	2.54E+10	2.54E+11	2.54E+10	2.54E+10	1
5	Fe-55	5.46E+10	5.46E+11	5.46E+10	5.46E+10	1
6	Co-57	2.29E+10	2.29E+11	2.29E+10	2.29E+10	1
7	Co-58	7.62E+09	7.62E+10	7.62E+09	7.62E+09	1
8	Co-60	3.56E+10	3.56E+12	3.56E+10	3.56E+10	1
9	Ni-63	1.09E+12	1.09E+13	1.09E+12	1.09E+12	1
10	Zn-65	3.94E+07	3.94E+08	3.94E+07	3.94E+07	1
11	Nb-93m	4.94E+10	4.94E+11	4.94E+10	4.94E+10	1
12	Cd-109	2.35E+09	2.35E+10	2.35E+09	2.35E+09	1
13	Ce-139	3.29E+09	3.29E+10	3.29E+09	3.29E+09	1

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作量 (Bq)	单批次操作量 (Bq)	每年操作的批次
14	Pm-143	4.70E+09	4.70E+10	4.70E+09	4.70E+09	1
15	Pm-146	9.53E+07	9.53E+08	9.53E+07	9.53E+07	1
16	Pm-147	1.82E+08	1.82E+09	1.82E+08	1.82E+08	1
17	Sm-145	6.11E+09	6.11E+10	6.11E+09	6.11E+09	1
18	Eu-149	1.13E+08	1.13E+09	1.13E+08	1.13E+08	1
19	Eu-152	5.17E+09	5.17E+11	5.17E+09	5.17E+09	1
20	Eu-154	8.23E+08	8.23E+10	8.23E+08	8.23E+08	1
21	Eu-155	1.73E+08	1.73E+09	1.73E+08	1.73E+08	1
22	Gd-151	2.35E+09	2.35E+10	2.35E+09	2.35E+09	1
23	Gd-153	4.84E+09	4.84E+10	4.84E+09	4.84E+09	1
24	Tb-160	1.56E+09	1.56E+10	1.56E+09	1.56E+09	1
25	Dy-159	4.23E+09	4.23E+10	4.23E+09	4.23E+09	1
26	Lu-172	1.03E+10	1.03E+11	1.03E+10	1.03E+10	1
27	Lu-173	1.46E+10	1.46E+11	1.46E+10	1.46E+10	1
28	Hf-172	8.93E+09	8.93E+11	8.93E+09	8.93E+09	1
29	Ta-179	1.55E+10	1.55E+11	1.55E+10	1.55E+10	1
30	Ta-182	3.29E+09	3.29E+10	3.29E+09	3.29E+09	1
31	W-181	7.71E+10	7.71E+10	7.71E+10	7.71E+10	1
32	W-185	6.30E+10	6.30E+10	6.30E+10	6.30E+10	1

3.1.4 项目涉及核素的基本参数及理化性质

本项目共涉及 32 种放射性核素的操作，各核素核物理参数见错误!未找到引用源。4。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-4 本项目涉及的相关放射性核素物理参数

序号	核素名称	毒性	形态	半衰期	衰变方式(分支比, %)	最大粒子能量 (MeV)	最大光子能量 (MeV)	Γ 照射量率常数(R m ² /h Ci)
1	H-3	低毒	气态	12.32a	β^- (100)	0.01861	/	/
2	Na-22	中毒	固态	2.6a	β^+ (90.55) ϵ (9.45)	0.5457	1.27455	1.21
3	Cl-36	中毒	气态	3.01×10^5 a	β^- (98.9) β^+ (0.0017) ϵ (1.07)	4.913	2.1676	0.84
4	Mn-54	中毒	固态	312.5d	β^+ ($<8 \times 10^{-5}$) ϵ (~100)	/	0.834827	0.47
5	Fe-55	中毒	固态	2.6a	ϵ (100)	/	/	/
6	Co-57	中毒	固态	270d	ϵ (100)	/	0.13647	0.096
7	Co-58	中毒	固态	71.3d	β^+ (≤ 15.5) ϵ (>84)	0.474	0.810755	0.545
8	Co-60	高毒	固态	5.26a	β^- (100)	0.315	1.33247	1.32
9	Ni-63	中毒	固态	100a	β^- (100)	0.06587	/	/
10	Zn-65	中毒	固态	244d	β^+ (1.54) ϵ (98)	0.325	1.1155	0.314
11	Nb-93m	中毒	固态	13.6a	IT(100)	/	0.0304	0.1
12	Cd-109	中毒	固态	453d	ϵ (~100)	/	/	/
13	Ce-139	中毒	固态	137.5d	ϵ (100)	/	0.165853	0.065
14	Pm-143	中毒	固态	265d	β^+ (100)	0.037356	0.74198	0.256
15	Pm-146	中毒	固态	5.53a	ϵ (65.7) β^- (34.3)	0.2598	0.7359	0.663

序号	核素名称	毒性	形态	半衰期	衰变方式(分支比, %)	最大粒子能量 (MeV)	最大光子能量 (MeV)	Γ 照射量率常数($R \cdot m^2/h \cdot Ci$)
16	Pm-147	中毒	固态	2.62a	β^- (100)	0.2245	0.1981	7.2×10^{-7}
17	Sm-145	中毒	固态	340d	ϵ (100)	/	0.49231	0.0042
18	Eu-149	中毒	固态	93.1d	ϵ (100)	/	0.558372	0.088
19	Eu-152	高毒	固态	13.2a	β^- (28) β^+ (0.021) ϵ (~72)	1.492	1.40808	0.56
20	Eu-154	高毒	固态	16a	β^- (100)	1.866	1.27439	0.634
21	Eu-155	中毒	固态	4.96a	β^- (100)	0.25	0.105315	0.0232
22	Gd-151	中毒	固态	123.9d	ϵ (100)	2.600	0.947858	0.118
23	Gd-153	中毒	固态	241.6d	ϵ (100)	/	0.10318	0.026
24	Tb-160	中毒	固态	72.3d	β^- (100)	0.6	0.966165	0.6
25	Dy-159	中毒	固态	144.4d	ϵ (100)	/	0.058	0.05
26	Lu-172	中毒	固态	6.7d	β^+ (100)	0.5656	1.62192	0.98
27	Lu-173	中毒	固态	1.37a	ϵ (100)	/	0.63611	0.2
28	Hf-172	高毒	固态	1.87a	ϵ (100)	/	0.12791	0.32
29	Ta-179	中毒	固态	1.82a	ϵ (100)	/	/	/
30	Ta-182	中毒	固态	115d	β^- (100)	0.540	1.289145	0.69
31	W-181	低毒	固态	121.53d	ϵ (100)	/	0.1525	0.0024
32	W-185	低毒	固态	75.1d	β^- (100)	0.4326	0.12522	0.0000137

3.1.5 工作场所分级

根据环办辐射函[2016]430号文关于开放性物质操作场所的规定，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工艺流程连续完善；③有相对独立的辐射防护措施。

本项目涉及的放射性核素操作场所包括大热室与样品处理热室，两个热室通过转运孔道连接，物理空间相对连通，具有连续的工艺流程及相对独立的辐射防护措施，因此本项目将大热室及样品处理热室作为一个独立的非密封放射性工作场所进行管理，场所的等级以在此场所操作的所有核素的日等效最大操作量叠加之和来确定。

参考《辐射防护手册第三分册》确定本项目核素的操作方式，各种操作类型的的具体方式举例如下：

(1) 贮存：把盛装在容器内的放射性溶液、样品和废液等密封后存放于工作场所的通风柜、手套箱、样品架、工作台和专用贮存柜内等属贮存操作。这类操作的危害最小。

(2) 很简单的操作：例如少量稀溶液的合并、分装或稀释，污染不严重的器皿和工具等的洗涤等。这类操作，会有少量的放射性物质散布开来，主要是防止洒漏。

(3) 简单的操作：例如溶液的取样、转移、沉淀、过滤或离心分离，萃取或反萃取，离子交换，色层分离，吸移或滴定放射性溶液等。这类操作，可能会有较多的放射性物质散布开来，除了会有表面污染外，还会有空气污染出现。

(4) 特别危险的操作：例如对溶液的加热蒸馏或蒸发，烘烤烘干，强放溶液的取样或转移，粉末料样的称重、溶解、干沉淀物的收集与转移等。操作过程中均会产生少量气体或气溶胶。更危险的操作还有干式操作和发尘操作，例如破碎研磨样品，粉末物质剧烈混合或包装等。因为这类操作，不发生意外时并不一定有较多的放射性物质散布开来，但发生事故的几率较多，而且后果较严重。

根据以上原则本项目投入运行后,本项目工作场所放射性核素日等效最大操作量的计算见**错误!未找到引用源。**5。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-5 放射性核素日等效最大操作量

序号	核素	日最大操作量 (Bq)	毒性组别		操作方式与源状态因子			日等效最大操作量 (Bq)	场所分级
			组别	修正因子	操作方式	物理状态	修正因子		
1	H-3	1.81E+11	低毒	0.01	特别危险的操作	气体	0.001	1.81E+12	甲级非密封 工作场所
2	Na-22	2.52E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	2.52E+10	
3	Cl-36	4.67E+07	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	4.67E+08	
4	Mn-54	2.54E+10	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	2.54E+11	
5	Fe-55	5.46E+10	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	5.46E+11	
6	Co-57	2.29E+10	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	2.29E+11	
7	Co-58	7.62E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	7.62E+10	
8	Co-60	3.56E+10	高毒	1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	3.56E+12	
9	Ni-63	1.09E+12	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.09E+13	
10	Zn-65	3.94E+07	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	3.94E+08	
11	Nb-93m	4.94E+10	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	4.94E+11	
12	Cd-109	2.35E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	2.35E+10	
13	Ce-139	3.29E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	3.29E+10	
14	Pm-143	4.70E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	4.70E+10	
15	Pm-146	9.53E+07	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	9.53E+08	
16	Pm-147	1.82E+08	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.82E+09	
17	Sm-145	6.11E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	6.11E+10	
18	Eu-149	1.13E+08	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.13E+09	
19	Eu-152	5.17E+09	高毒	1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	5.17E+11	
20	Eu-154	8.23E+08	高毒	1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	8.23E+10	
21	Eu-155	1.73E+08	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.73E+09	
22	Gd-151	2.35E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	2.35E+10	

序号	核素	日最大操作量 (Bq)	毒性组别		操作方式与源状态因子			日等效最大操作量 (Bq)	场所分级
			组别	修正因子	操作方式	物理状态	修正因子		
23	Gd-153	4.84E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	4.84E+10	
24	Tb-160	1.56E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.56E+10	
25	Dy-159	4.23E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	4.23E+10	
26	Lu-172	1.03E+10	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.03E+11	
27	Lu-173	1.46E+10	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.46E+11	
28	Hf-172	8.93E+09	高毒	1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	8.93E+11	
29	Ta-179	1.55E+10	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	1.55E+11	
30	Ta-182	3.29E+09	中毒	0.1	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	3.29E+10	
31	W-181	7.71E+10	低毒	0.01	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	7.71E+10	
32	W-185	6.30E+10	低毒	0.01	特别危险的操作	表面有污染的固体	0.01	6.30E+10	
大热室及样品处理热室总日等效最大操作量为 2.03E+13									

3.2 工程设备与工艺分析

3.2.1 工程设备及主要原辅料消耗

3.2.1.1 主要设备

本项目主要的新增设备见表错误!文档中没有指定样式的文字。-1。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-1 本项目新增设备一览表

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格	数量 (台/套)	备注
1	热室取样制 样系统	/	1	新增
1.1	退役靶体取 样定制铣床	总长 3480*宽 1180*高 270mm	1	新增
1.2	退役部件取 样工装	包括取样设备主体（小型雕刻钻铣设备）和退役部件 退役工装	1	新增
1.3	定制慢走丝 切割机	定制	1	新增
1.4	气帐防护罩 体	罩体骨架采用不锈钢，可承受不小于 50Pa 相对压差 作用力，柔性罩体采用 60S 厚的 PVC 薄膜高频热合 成型 总长 4064*宽 1564*高 3032mm	2	新增
1.5	气帐高效排 风过滤装置	风量=860m ³ ，对放射性气溶胶的净化效率≥99.99%	1	新增
2	样品处理热 室及辐照后 力学性能测 试平台	/		新增
2.1	样品处理热 室	内部尺寸为长 2500mm，宽 1500mm，高 1800mm； 外部空间 3000mm，宽 2000mm，高 2050mm。屏蔽 墙高 2050mm（250mmQ235B 钢板拼接而成）。	1	新增
2.2	关节机械手	从动前臂 900mm，上臂 600mm	2	新增
2.3	万能试验机	型号：MTS-C45.504，最大试验力 50kN，尺寸 2269mm*1315mm*957mm	1	新增
2.4	放射性拉伸 样品表面散 斑点制作设 备	总长 600*宽 400*高 600mm	1	新增
2.5	数字图像处 理系统 (DIC-3D)	包括一套 DIC 采集软件，两个相机、两个光源和一 套标定板	1	新增
2.6	样品夹具	专用夹具	3	新增
3	热室改造			新增

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格	数量（台/套）	备注
3.1	LED 灯	辅助光源	5	新增
3.2	耐辐照摄像机	1、3 号热室工位新增，型号：MINI-RAD F30 HD，耐辐照剂量率 1000Gy/h，耐辐射总剂量 50000Gy	2	新增
3.3	耐辐照高清摄像机解码控制器	CCU50，外形尺寸不大于 300*300*80mm	1	新增
3.4	其他耐辐照视频系统配件	1 个视频数据采集卡，1 套存储服务器及解码软件，12 根耐辐照通讯电缆	1	新增
3.5	热室内双轨天车改造	天车新增 1 套防摇摆系统、1 套位置指示系统	1	改造
3.6	热室接插件平台搭建	快插组合板、支撑架、穿墙件	1	改造
3.7	专用遥操作工具工装	多套气动夹持器和吸盘	1	新增

3.2.1.2 热室取样和制样系统

本项目针对靶体插件的取样要求，针对性研制了一台退役靶体取样铣床，同时，考虑到一些异常工况及应急设计，该定制铣床采用模块化设计，主要包括床身模块、立柱模块、横梁模块、铣头模块、主轴模块以及控制系统；并购置了一台慢走丝线切割机并对其进行了适应性改造，以满足力学性能样品制样要求。

3.2.1.2.1 退役靶体取样系统

退役靶取样系统是一套能在热室内对高放射性的 CSNS 退役靶体进行力学性能样品取样的设备，包括对退役靶体（外形尺寸：1380mm×380mm×154mm，SS316L 材质）进行切割解体，以及对靶体上盖板、焊缝、前窗和钨片进行初步取样及样品制备的专用设备，材料样品取样位置如错误!未找到引用源。 .2-1 所示。此外，要求设备具有遥控快速拆解和检维修能力，拆解后各部件可通过直径为 Ø1380mm 的转运孔。

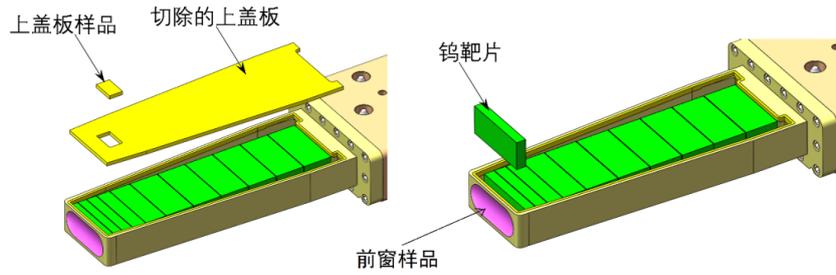


图 3.2-1 退役靶取样位置示意图

退役靶体取样定制铣床的主要结构如错误!未找到引用源。2-2 所示。

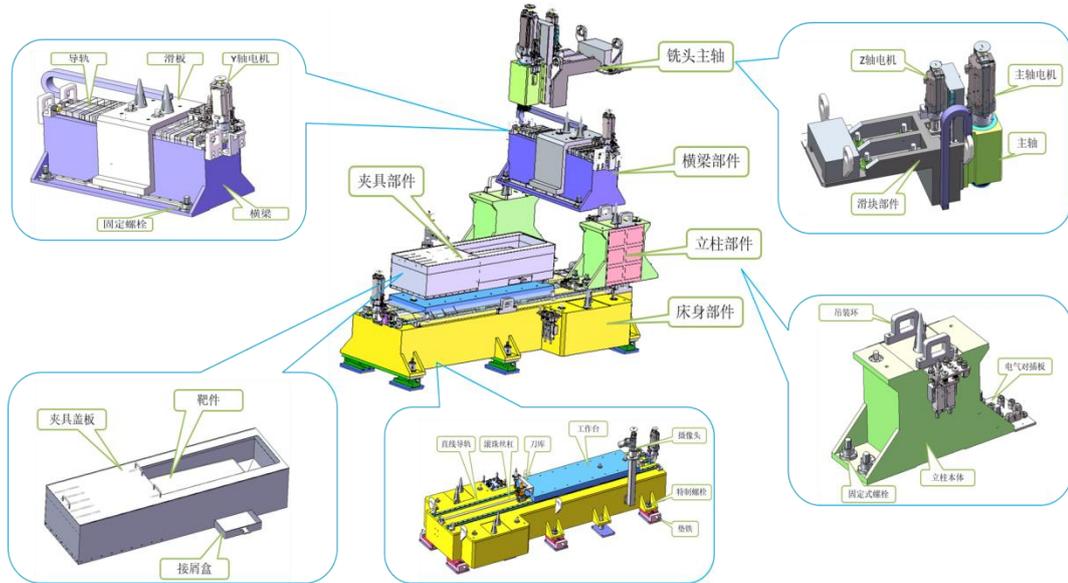


图 3.2-2 铣床主要结构

退役靶体取样定制铣床主要由床身模块、立柱模块、横梁模块、铣头模块组成。模块均可实现快拆块状功能，各个模块尺寸为：铣头主轴尺寸 1160mm×640mm×965mm，横梁部件尺寸 1360mm×590mm×880mm，立柱部件尺 1038mm×400mm×650mm，床身部件尺寸 3000mm×1300mm×800mm，所有模块均可从顶孔 $\phi 1380$ 出入，设备的设计总图如错误!未找到引用源。2-3。

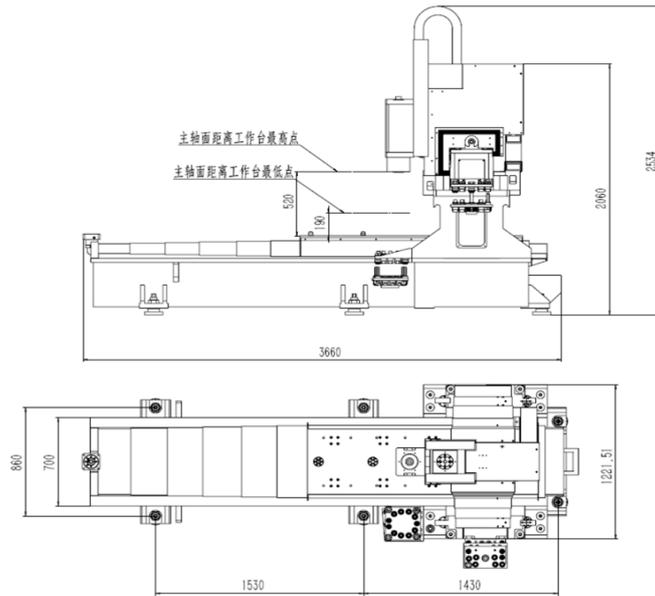


图 3.2-3 铣床设计总图

3.2.1.2.2 退役部件制样系统

退役部件制样系统的主要目标是从退役部件中通过切割制得小样品，用于进行后续的力学性能测试，制样尺寸为：拉伸样品长度 12mm，厚度 1.5mm；压缩样品直径 5mm，长度 10mm，具体尺寸见错误!未找到引用源。2-4。

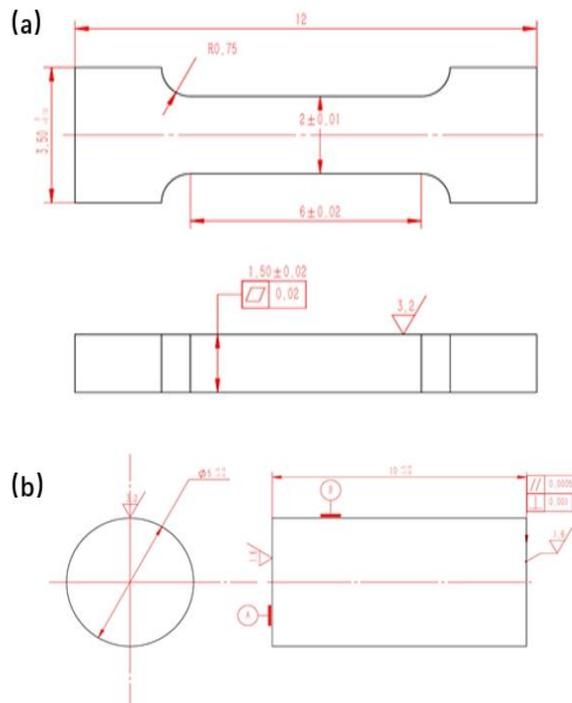


图 3.2-4 力学性能样品尺寸 (a) 拉伸样品, (b) 压缩样品

本项目的制样系统采用慢走丝线切割方式，由于材料具有高放射性特点，需要对标准线切割设备的相关器件及配套工装进行改造。主要改造内容，包括对关

键的伺服电机、电磁阀等部件做伽马辐照测试，评估其使用寿命并开展增加的屏蔽设计；对原装净化系统进行改造，使得切割后的小颗粒更好收集；对切割水槽位置进行表面防沾污开发。

3.2.1.2.3 取样制样系统专用气帐

为了防止取样制样系统在运行过程中可能产生的粉尘扩散对热室造成表面沾污，在热室内对取样和制样系统两台主要设备定制了专用气帐室，气帐室主要包括防护罩体和空气净化系统，具体布置如错误!未找到引用源。2-5、错误!未找到引用源。2-6 所示。

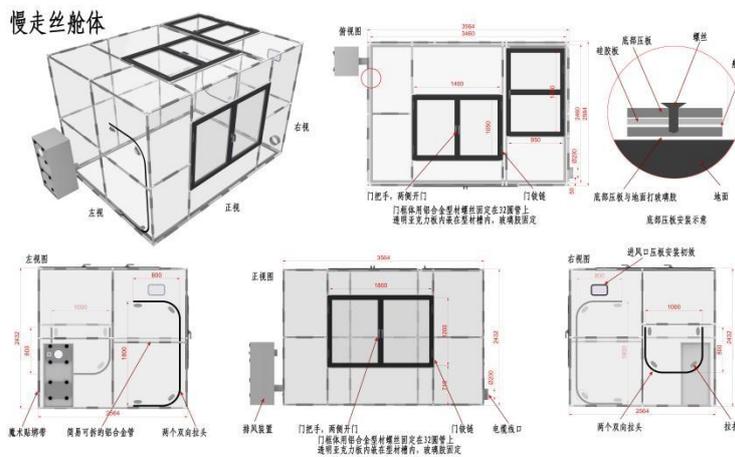


图 3.2-5 退役靶制样系统气帐

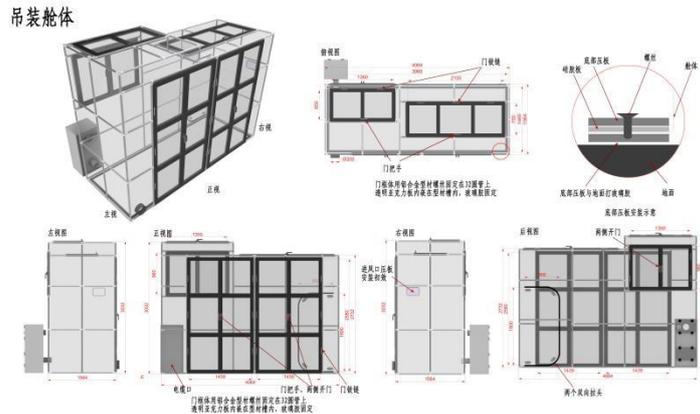


图 3.2-6 退役靶取样系统气帐

防护罩体：罩体骨架采用不锈钢管和管连接件组成；柔性罩体采用 60S 厚 PVC 薄膜高频热合成型，体门采用拉链式门体和铝合金型材门作为通道门和操作口。柔性罩体由卡扣或魔术粘贴的形式与骨架结合，罩体内与外部连接处局

部设置穿板转换密封接口，通风管道连接处局部加厚处理，增加其气密和强度。经气体净化系统作用，罩体内可建立 15-20Pa 左右负压。

气体净化系统：气帐配备有初效送风装置和高效排风过滤装置，以满足罩体建立负压及换气次数的需求。高效排风装置可以净化含有普通烟尘或放射性气溶胶的受污染空气，净化机组对放射性气溶胶的净化效率 $\geq 99.99\%$ ，可用于除去核空气隔离间空气中的气态放射性气溶胶，达到净化空气、保障操作人员安全的目的。本项目选用的高效排风装置主要技术参数如下：

- 1) 符合核行业规范与 EJ/T 标准规范要求的功能；
- 2) 结构类型：整体水平移动，整车台式，过滤器立式；
- 3) 风量： $\approx 860\text{m}^3/\text{h}$ ；
- 4) 出风口直径:200mm(配套 200mm 风管连接)，也可转接为 148mm 出风口；
- 5) 初阻力： $\leq 250\text{Pa}$ ；
- 6) 整机效率： $\geq 99.99\%$ （DOP 法）；
- 7) 电配：220V/370W；
- 8) 体积小，满足狭小空间作业，功耗低，噪音 $\leq 75\text{dB}$ （A）；
- 9) 内置：高效过滤器,320(mm) \times 320(mm) \times 220(mm),过滤效率 $\geq 99.99\%$ 。

3.2.1.3 辐照后力学性能测试平台

辐照后力学性能测试平台主要用于进行退役部件样品的力学性能测试，包括拉伸测试及压缩测试，获取不同退役部件在辐照后的力学性能变化。该测试平台包括一台微机控制万能试验机，一套数字图像处理系统（DIC-3D）和样品夹具，

微机控制万能试验机采用的美斯特工业系统有限公司（MTS）产品，试验机技术指标见错误!未找到引用源。 .2-2。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-2 MTS 微机控制万能试验机参数

参数名称	技术指标
型号	MTS-C45.504
最大试验力	最大试验力：50kN；
电源	交流 200-240VAC.12A、50/60Hz，2.4kW
主机外形尺寸	2269mm*1315mm*957mm

参数名称	技术指标
电机和驱动系统	交流伺服电机
试验机准确度等级	0.5 级
横梁速度调节范围	0.005—750mm/min;
试验力测量范围	0.4%—100%FS 全程不分档;
位移分辨率	0.000047mm;
位移相对误差	±0.5% 以内;
最大速度下的额定力	100%;
额定力下的最大试验速度	100%;
安全保护	力过载保护, 位移限位, 电压过载保护和其他保护;
数据采集速率	5000Hz
工作温度	5to40°C
工作湿度	5%—85% 不凝露

为了准确测量样品在拉伸过程中的应变, 本项目力学测试平台配置了一套数字图像处理系统 (DIC-3D)。该系统可对拉伸样品表面特征点进行实时拍照, 试验后通过软件处理多个特征点的变化情况, 分析得到样品的真实应变等信息。数字图像处理系统 (DIC-3D) 采用的是美国 CorrelatedSolutions 公司产品, 主要包括 2 套 DIC 分析软件, 一套 DIC 采集软件, 两个相机、两个光源和一套标定板。

进行样品的 DIC 测量之前, 需要通过专业设备远程遥操作对样品表面进行处理, 制备对比度高的特征点, 该设备为自研设备, 其设计图如错误!未找到引用源。2-7 所示。

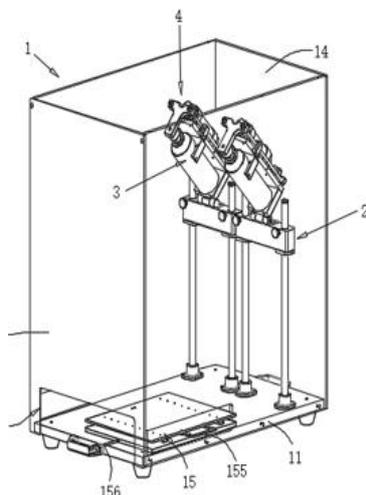


图 3.2-7 表面散斑制作设备设计图、实物图和样品图

此外，本项目需采用专用的夹具辅助进行拉伸测试。本项目采用的放射性拉伸样品夹具如错误!未找到引用源。2-8 所示。

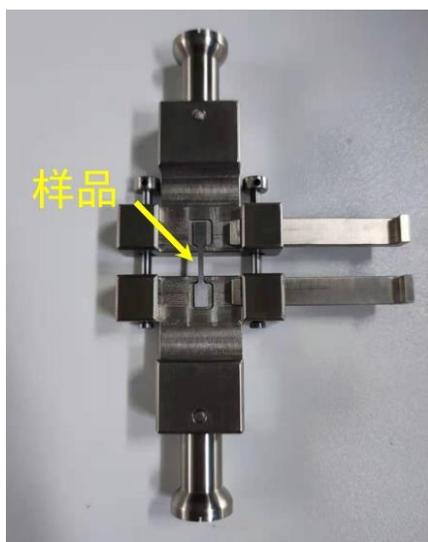


图 3.2-8 拉伸样品工装夹具

3.2.1.4 主要原辅材料消耗和能耗

本项目的原辅料及能耗见错误!未找到引用源。3 及错误!未找到引用源。

4

表错误!文档中没有指定样式的文字。-3 本项目原辅材料一览表

序号	名称	形态	规格	年用量
退役靶取样、制样、性能测试				
1	靶体插件	固体	0.045m ³ 522kg	1 件
2	靶体插件不锈钢包壳上盖	块体	176*46*12mm	1 件
3	盖板样品	块体	12*2.5*0.4	20 件
4	靶体钨块	块体	170.6*70.6*24.6mm	1 件
5	钨块样品	圆柱体	φ 5*10mm	20 件

质子束窗取样、制样、性能测试				
1	质子束窗本体	固体	0.2m ³ & 1.5 吨	1.5 吨
2	质子束窗取样件	块材	φ 40*2 厚 10g	2 件 20g
3	质子束窗制样件	块材	12*2.5*0.4	9 件
中子束窗取样、制样、性能测试				
1	中子束窗本体	固体	0.01m ³ & 20kg	1 件 20kg
2	中子束窗取样件	块材	φ 40*2 厚 10g	2 件 20g
3	中子束窗制样件	块材	12*2.5*0.4	9 件
反射体容器取样、制样、性能测试				
1	慢化器反射体	固体	1m ³ & 6 吨	6 吨
2	反射体容器取样件	块材	φ 40*2 厚 10g	2 件 20g
3	反射体容器制样件	块材	12*2.5*0.4	10 件
4	反射体容器制样件	棒材	φ 6*1	10 件
退耦合窄化液氢慢化器取样、制样、性能测试				
1	慢化器反射体	固体	1m ³ & 6 吨	6 吨
2	窄化片取样件	块材	φ 40*2 厚 20g	2 件 40g
3	窄化片制样件	块材	12*2.5*0.4	10 件
4	窄化片制样件	棒材	φ 3*0.25	10 件
表错误!文档中没有指定样式的文字。-4 本项目能源消耗情况				
类型	名称	来源	年耗量	
能源	电能	热室内供电, 铣床、慢走丝用电	1500kWh	
水量	去离子水	园区内冷冻站, 慢走丝用水	200L	

3.2.2 工艺分析

本项目主要涉及在大热室及样品处理热室对退役靶、质子束窗（PBW）、中子束窗（NBW）、慢化器反射体容器（MR）及窄化片等部件进行取样、制样并进行性能测试。本项目评价内容为经冷却后的各退役部件经吊车吊入热室，至完成各部件的取样、制样及性能测试的过程。样品处理热室为新建房间、大热室为原有房间，本次项目将对大热室进行相关改造。大热室除实施本项目外，还需进行换靶操作，换靶周期是1年一换，总时长约14天；退役部件切割的频率计划1年一切，总时长约1个月；以上两项任务均规划在暑期停机期间的3个月内，时间上错开；如果无法错开，也可以在热室内并行开展，唯独需要更加谨慎的吊运操作。换靶工作为全遥控操作，换靶工作对本项目辐射工作人员无辐射影响，本项目工作对换靶辐射工作人员无辐射影响。

各部件进行取样、制样及性能测试的工艺分析如下：

3.2.2.1 退役靶取样、制样及性能测试工艺流程

本项目针对退役靶的取样、制样及性能测试的工艺流程如下：

(1) 取样制样设备进入热室安装

首先在热室内地面铺设塑料薄膜，并安装好气帐，再利用顶部大厅的吊车打开热室顶部的转运孔，并将退役靶取样制样工装吊装进入热室内安装好的气帐内；之后关闭热室顶部转运孔，连接好取样工装的电源并定位好取样工装，最后关闭气帐门窗，人员撤出热室并关闭热室屏蔽门。退役部件取样工装进入热室的过程总耗时 20h，无污染产生，也不会对工作人员产生辐射危害。

(2) 退役靶进入热室：

利用热室吊车将热室底部转运孔打开，并将退役靶屏蔽容器通过转运孔从废物储存区吊入热室，之后利用吊车打开容器，再利用机械手将退役靶取出，放置于地面。该过程总耗时 4h，退役靶进入热室的过程中无污染物产生。

(3) 热室内铣削取样：

利用机械手携吊具将退役靶吊起并固定于铣床气帐内的铣削平台上，热室外启动铣床，对退役靶不锈钢上盖进行切割，并将切割下的上盖样品通过机械手放置于转运托盘，再利用机械手携专用夹具，将靶内钨块取出，并放置在转运托盘上，剩余退役靶吊装回原贮存容器内。铣削过程总耗时 20h，该过程会产生一定量的不锈钢碎屑，尺寸为 0.1mm~10mm，总重量约 427g，通过提前对设备覆膜进行收集，覆膜收纳后体积约 1L。

(4) 热室内线切割制样：

机械手携转运托盘将不锈钢上盖样品与钨块吊运至慢走丝线切割机气帐内，并将不锈钢上盖板与钨块先后安装到线切割机上，进行切割，制得 20 个 12*2.5*0.4mm 的不锈钢上盖小样以及 20 个 $\Phi 5\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的钨块样品，并将制得的样品放置到样品盒中，剩余废料放置回原贮存容器内。线切割过程总耗时 100h。慢走丝线切割机在切割过程中需利用冷却循环水进行冷却，会产生固体碎屑，其中大部分固体碎屑流入水中经过滤器过滤，少部分固体碎屑飞溅到空气与覆膜上；固体碎屑材料为不锈钢和金属钨，尺寸为 0.005mm~0.1mm，不锈钢总重量约 50g，钨总重量为 47g，通过提前覆膜进行 100%收集，含放射性固体碎屑的冷却用水经过滤器过滤后，重新作为冷却水使用，为切割过程冷却不进行排放，

覆膜收纳后体积约 0.5L，过滤器体积为 200L 均为固体废物，因此本流程不涉及放射性废水的排放。

(5) 小样品表面磨抛处理：

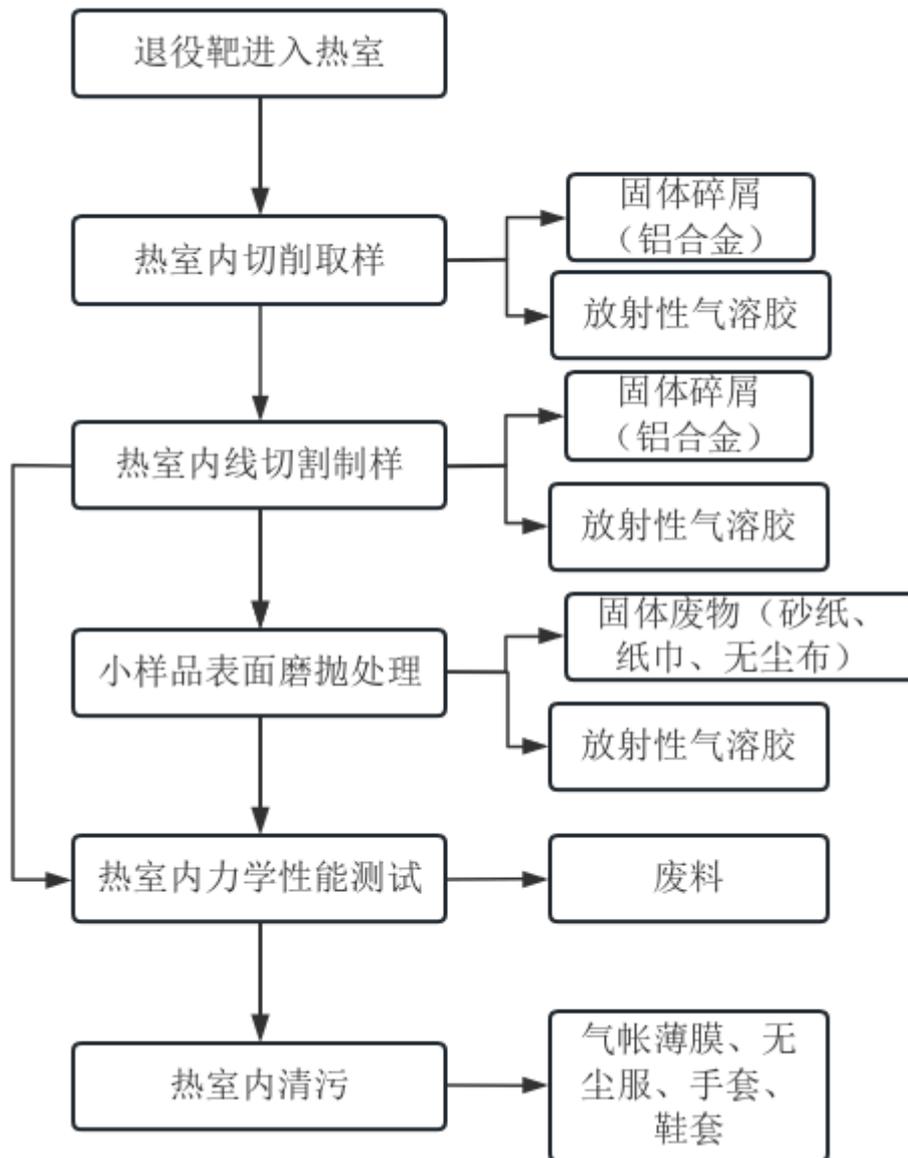
利用机械手携装有样品的样品盒放入运输通道，通过转运小车运至样品处理热室，在样品处理热室用机械手对样品进行清洗，单次清洗将样品放入含有 20ml 去离子水的烧杯，烧杯外是去离子水，采用超声清洗；清洗后，用机械手从烧杯中取出小样品，并用无尘布擦拭，擦拭后放入新样品盒中；烧杯内的去离子水经自然风干后，将烧杯内残余水及颗粒物用纸巾擦拭，该过程不产生放射性废液，擦拭后的纸巾作为放射性固废处理，放入废物桶；清洗后的样品用机械手镶嵌到托架上，将托架安装至磨抛机，并启动磨抛程序，对样品表面进行磨抛，磨抛后的样品通过机械手放到新的样品盒中。该过程总耗时 100h。磨抛过程会产生少量固体废物，包括抛光砂纸和擦拭用的纸巾、无尘布等，废物产生量约为 0.5L/样品，磨抛过程产生的扬尘通过高效过滤器过滤。

(6) 热室内力学性能测试：

通过大热室及样品处理热室内的机械手将装有磨抛后样品的样品盒放入运输通道，并运输至大热室中，将样品安装到万能试验机进行拉伸，拉伸完成后的样品残余料通过机械手放入屏蔽桶内。该过程总耗时 100h。力学性能测试过程不产生额外的放射性废物，拉伸后的残余料放置在屏蔽桶内。

(7) 热室清污：

对小样品进行力学性能测试后，先对热室内部进行通风，确保热室内放射性气溶胶不对清污人员产生放射性影响。之后通过大热室及样品处理热室内的机械手，操作伽马探测器与伽马成像仪，对热室内的放射性进行初步评估，之后对地面与设备覆膜进行收集和压缩，并放置在小屏蔽容器内，计量检测符合标准后（表面剂量率 $<1\text{mSv/h}$ ），人员穿着无尘服进入热室，并对气帐室进行拆卸和压缩，并对设备表面进行清污，检测合格后（根据《电力辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对表面污染水平的控制，本项目设备经检测表面污染水平 β 放射性物质 $<0.8\text{Bq/cm}^2$ 时，可当作普通物品使用）将设备运出热室，吊运至热室顶部大厅。该过程总耗时 5h。清污过程产污主要包括气帐薄膜，人员穿着的无尘服、手套、鞋套等，均属于低放废物，压缩后体积约为 1m^3 /年。

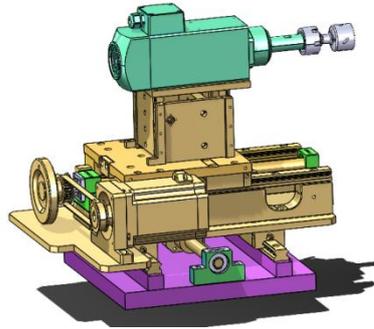


图错误!文档中没有指定样式的文字。-9 退役靶取样、制样及性能测试工艺流程

3.2.2.2 质子束窗 (PBW)、中子束窗 (NBW)、慢化器反射体反射容器和窄化片取样、制样及性能测试工艺流程

质子束窗 (PBW)、中子束窗 (NBW)、慢化器反射体反射容器和窄化片的制样及性能测试工艺流程与退役靶制样及性能测试工艺流程相同,仅取样过程不同。三种部件的取样过程可以由同一台取样工装完成,取样工装主要包含取样设备主体和退役部件固定工装。取样设备主体为一台小型雕刻钻铣设备,采用冷切削的方式进行取样操作。其主体结构组成包括一台雕刻钻铣主轴电机配长

杆钻头（内径 40mm）、一套二维电动位移台、一个屏蔽罩和一套控制系统，如错误!未找到引用源。10 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-10 取样工装主体

三种部件的取样流程为：先将取样工装通过热室吊装口遥操作吊运进入热室，并连接电源及控制系统；再将装有退役 PBW、NBW、MR 的屏蔽筒从地下室吊运进入热室；利用取样工装对三种部件进行取样，将样品放入样品盒中，将切割下来的碎屑及剩余部件放回原屏蔽桶，并要操作吊运至地下室废物间；最后对取样工装进行清污，清污后吊出热室。三种退役部件的具体工艺流程描述如下：

3.2.2.2.1 质子束窗（PBW）取样、制样及性能测试工艺流程

（1）退役部件取样工装进入热室

首先在热室内地面铺设塑料薄膜，并安装好气帐，再利用顶部大厅的吊车打开热室顶部的转运孔，并将取样工装吊装进入热室内安装好的气帐内；之后关闭热室顶部转运孔，连接好取样工装的电源并定位好取样工装，最后关闭气帐门窗，人员撤出热室并关闭热室屏蔽门。该过程总耗时 10h。退役部件取样工装进入热室的过程无污染产生，也不会对工作人员产生辐射危害。

（2）退役质子束窗进入热室

利用热室吊车打开热室底部转运孔，将 PBW 存储容器从废物储存区吊运至热室，并利用吊车将储存容器的盖板打开，最后利用机械手将退役 PBW 安装至固定工装上。该过程总耗时 4h。该过程不产生污染物。

（3）热室内切削取样

工作人员在热室操作间启动取样工装电源，将切削刀头对准取样点后启动旋转切割头进行切割取样，取得的样品通过机械手携专用夹具放置在转运托盘上；该取样过程总耗时 8h，取得两个取样样品，取样大小为 $\Phi 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ ，取样过

程会产生固体碎屑，材料为铝合金尺寸为 0.1mm-10mm，总重量约 500g，通过提前覆膜进行 100%收集，覆膜收纳后体积为 1L。

(4) 热室内线切割制样

先利用机械手将转运托盘吊运至慢走丝线切割设备上，再将 $\Phi 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的铝制样品安装至切割机上，在热室操作间切割机的循原点程序完成制样，制得 9 个 $12 \times 2.5 \times 0.4\text{mm}$ 的质子束窗小样品，最后将制得的小样品通过机械手放置在样品盒内。该过程总耗时 100h。慢走丝线切割机在切割过程中需利用冷却循环水进行冷却，切割过程会产生固体碎屑，其中大部分固体碎屑流入水中经过滤器过滤，少部分固体碎屑飞溅到空气与覆膜上；固体碎屑的材料为铝合金尺寸为 0.005mm-0.1mm，总重量不超过 100g，通过提前覆膜和净水系统 100%收集，含放射性固体碎屑的冷却用水经过滤器过滤后，重新作为冷却水使用，为切割过程冷却不进行排放，覆膜收纳后体积为 0.5L，过滤器体积为 200L。

(5) 小样品表面磨抛处理

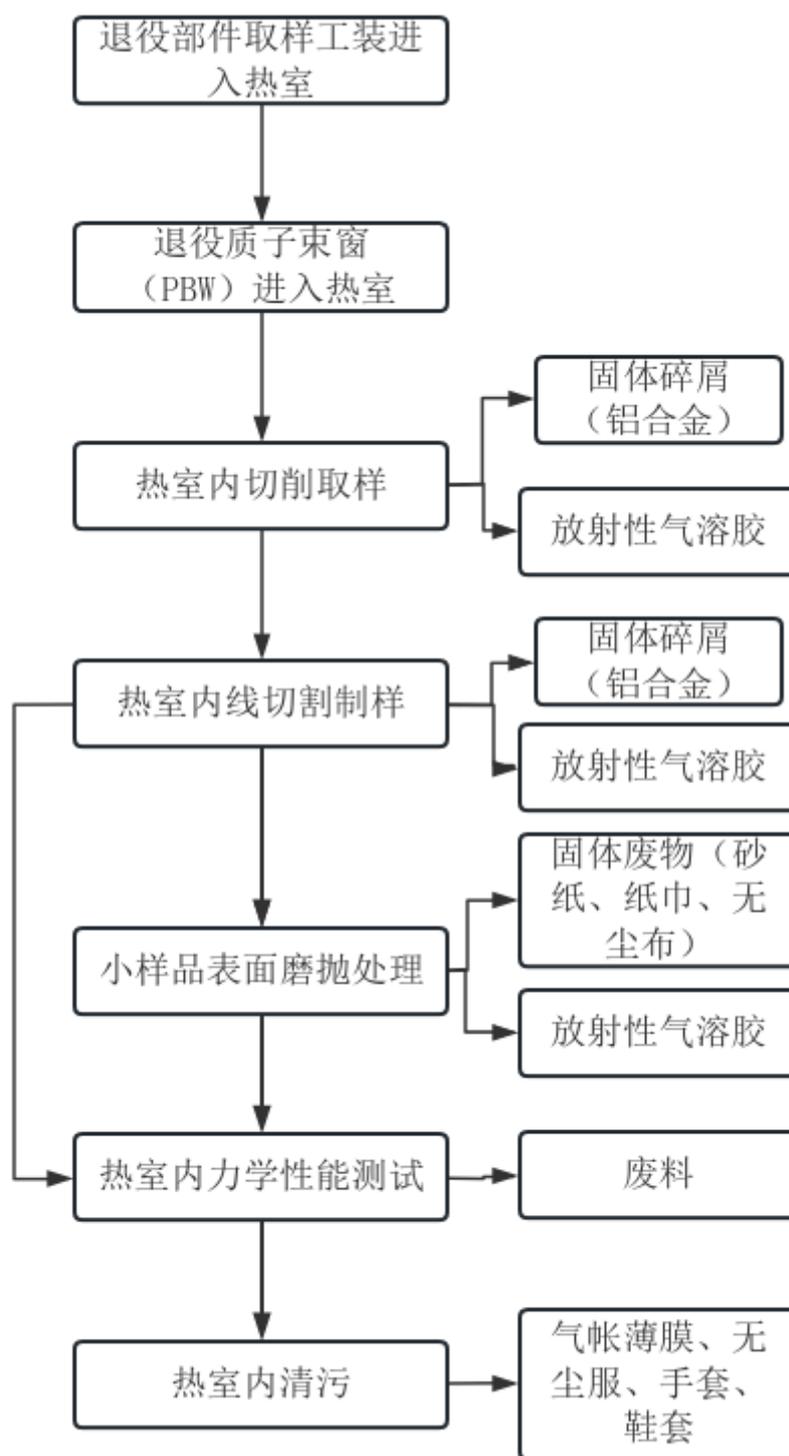
利用机械手携装有样品的样品盒放入运输通道，通过转运小车运至样品处理热室，在样品处理热室用机械手对样品进行清洗，单次清洗将样品放入含有 20ml 去离子水的烧杯，烧杯外是去离子水，采用超声清洗；清洗后，用机械手从烧杯中取出小样品，并用无尘布擦拭，擦拭后放入新样品盒中；烧杯内的去离子水经自然风干后，将烧杯内残余水及颗粒物用纸巾擦拭，该过程不产生放射性废液，擦拭后的纸巾作为放射性固废处理，放入废物桶；利用机械手将清洗后的样品镶嵌到托盘上，通过机械手启动磨抛程序，磨抛完成后的样品再通过机械手放置在新的样品盒内。该过程总耗时 8h。磨抛过程会产生少量固体废物，包括抛光砂纸和擦拭用的纸巾、无尘布等，废物产生量约为 0.5L/样品，磨抛过程产生的扬尘通过高效过滤器过滤。

(6) 热室内力学性能测试

通过大热室及样品处理热室内的机械手将装有磨抛后样品的样品盒放入运输通道，并运输至大热室中，将样品安装到万能试验机进行拉伸，拉伸完成后的样品残余料通过机械手放入屏蔽桶内。过程总耗时 100h。力学性能测试过程不产生额外的放射性废物，拉伸后的残余料放置在屏蔽桶内。

(7) 热室清污

对小样品进行力学性能测试后，先对热室内部进行通风，确保热室内放射性气溶胶不对清污人员产生放射性影响。之后通过大热室及样品处理热室内的机械手，操作伽马探测器与伽马成像仪，对热室内的放射性进行初步评估，之后对地面与设备覆膜进行收集和压缩，并放置在小屏蔽容器内，计量检测符合标准后（表面剂量率 $<1\text{mSv/h}$ ），人员穿着无尘服进入热室，并对气帐室进行拆卸和压缩，并对设备表面进行清污，检测合格后（根据《电力辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对表面污染水平的控制，本项目设备经检测表面污染水平 β 放射性物质 $<0.8\text{Bq/cm}^2$ 时，可当作普通物品使用）将设备运出热室，吊运至热室顶部大厅。该过程总耗时 5h。清污过程产污主要包括气帐薄膜，人员穿着的无尘服、手套、鞋套等，均属于低放废物，压缩后体积约为 1m^3 /年。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-11 退役质子束窗取样、制样及性能测试工艺流程
 3.2.2.2.2 中子束窗 (NBW) 取样、制样及性能测试工艺流程

(1) 退役部件取样工装进入热室

首先在热室内地面铺设塑料薄膜，并安装好气帐，再利用顶部大厅的吊车打开热室顶部的转运孔，并将取样工装吊装进入热室内安装好的气帐内；之后关闭热室顶部转运孔，连接好取样工装的电源并定位好取样工装，最后关闭气帐门窗，人员撤出热室并关闭热室屏蔽门。该过程总耗时 10h。退役部件取样工装进入热室的过程无污染产生，也不会对工作人员产生辐射危害。

(2) 退役中子束窗进入热室

利用热室吊车打开热室底部转运孔，将 NBW 存储容器从废物储存区吊运至热室，并利用吊车将储存容器的盖板打开，最后利用机械手将退役 NBW 安装至固定工装上。该过程总耗时 4h。该过程不产生污染物。

(3) 热室内切削取样

工作人员在热室操作间启动取样工装电源，将切削刀头对准取样点后启动旋转切割头进行切割取样，取得的样品通过机械手携专用夹具放置在转运托盘上；该取样过程总耗 8h，取得的两个取样样品，取样大小为 $\Phi 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ ，取样过程会产生固体碎屑，材料为铝合金尺寸为 0.1mm-10mm，总重量约 500g，通过提前覆膜进行 100%收集，覆膜收纳后体积为 1L。

(4) 热室内线切割制样

先利用机械手将转运托盘吊运至慢走丝线切割设备上，再将 $\Phi 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的铝制样品安装至切割机上，在热室操作间切割机的循原点程序完成制样，制得 9 个 $12 \times 2.5 \times 0.4\text{mm}$ 的中子束窗小样品，最后将制得的小样品通过机械手放置在样品盒内。该过程总耗时 100h。慢走丝线切割机在切割过程中需利用冷却循环水进行冷却，切割过程会产生固体碎屑，其中大部分固体碎屑流入水中经过滤器过滤，少部分固体碎屑飞溅到空气与覆膜上；固体碎屑的材料为铝合金尺寸为 0.005mm-0.1mm，总重量不超过 100g，通过提前覆膜和净水系统 100%收集，含放射性固体碎屑的冷却用水经过滤器过滤后，重新作为冷却水使用，为切割过程冷却不进行排放，覆膜收纳后体积为 0.5L，过滤器体积为 200L。

(5) 小样品表面磨抛处理

利用机械手携装有样品的样品盒放入运输通道，通过转运小车运至样品处理热室，在样品处理热室用机械手对样品进行清洗，单次清洗将样品放入含有 20ml 去离子水的烧杯，烧杯外是去离子水，采用超声清洗；清洗后，用机械手从烧杯

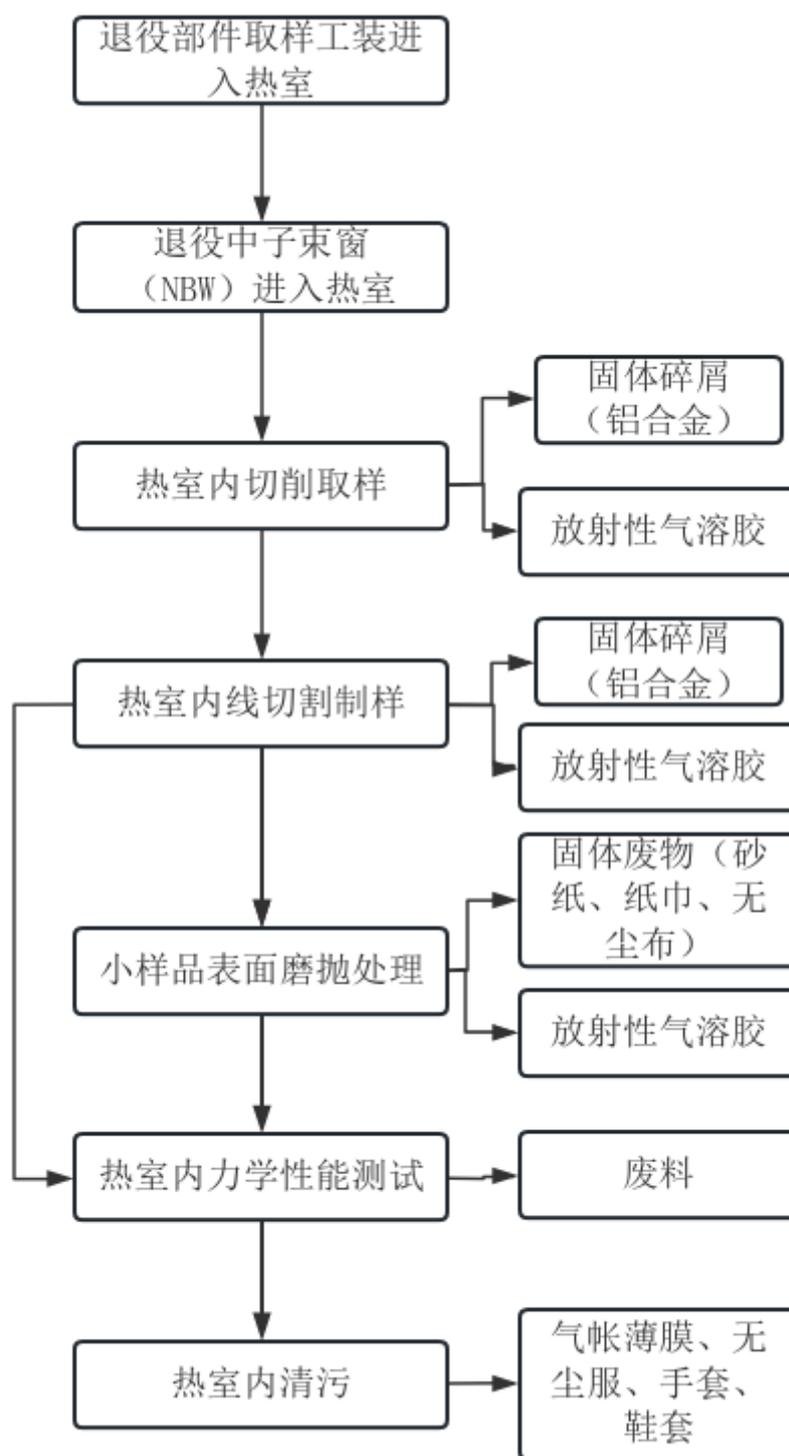
中取出小样品，并用无尘布擦拭，擦拭后放入新样品盒中；烧杯内的去离子水经自然风干后，将烧杯内残余水及颗粒物用纸巾擦拭，该过程不产生放射性废液，擦拭后的纸巾作为放射性固废处理，放入废物桶；再利用机械手将清洗后的样品镶嵌到托盘上，通过机械手启动磨抛程序，磨抛完成后的样品再通过机械手放置在新的样品盒内。该过程总耗时 8h。磨抛过程会产生少量固体废物，包括抛光砂纸和擦拭用的纸巾、无尘布等，废物产生量约为 0.5L/样品，磨抛过程产生的扬尘通过高效过滤器过滤。

（6）热室内力学性能测试

通过大热室及样品处理热室内的机械手将装有磨抛后样品的样品盒放入运输通道，并运输至大热室中，将样品安装到万能试验机进行拉伸，拉伸完成后的样品残余料通过机械手放入屏蔽桶内。该过程总耗时 100h。力学性能测试过程不产生额外的放射性废物，拉伸后的残余料放置在屏蔽桶内。

（7）热室清污

对小样品进行力学性能测试后，先对热室内部进行通风，确保热室内放射性气溶胶不对清污人员产生放射性影响。之后通过大热室及样品处理热室内的机械手，操作伽马探测器与伽马成像仪，对热室内的放射性进行初步评估，之后对地面与设备覆膜进行收集和压缩，并放置在小屏蔽容器内，计量检测符合标准后（表面剂量率 $<1\text{mSv/h}$ ），人员穿着无尘服进入热室，并对气帐室进行拆卸和压缩，并对设备表面进行清污，检测合格后（根据《电力辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对表面污染水平的控制，本项目设备经检测表面污染水平 β 放射性物质 $<0.8\text{Bq/cm}^2$ 时，可当作普通物品使用）将设备运出热室，吊运至热室顶部大厅。该过程总耗时 5h。清污过程产污主要包括气帐薄膜，人员穿着的无尘服、手套、鞋套等，均属于低放废物，压缩后体积约为 $1\text{m}^3/\text{年}$ 。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-12 退役中子束窗取样、制样及性能测试工艺流程
 3.2.2.2.3 慢化器反射体容器和窄化片取样、制样及性能测试工艺流程

(1) 退役部件取样工装进入热室

首先在热室内地面铺设塑料薄膜，并安装好气帐，再利用顶部大厅的吊车打开热室顶部的转运孔，并将取样工装吊装进入热室内安装好的气帐内；之后关闭热室顶部转运孔，连接好取样工装的电源并定位好取样工装，最后关闭气帐门窗，人员撤出热室并关闭热室屏蔽门。该过程总耗时 10h。退役部件取样工装进入热室的过程无污染产生，也不会对工作人员产生辐射危害。

(2) 退役慢化器反射体反射容器 (MR) 进入热室

利用热室吊车打开热室底部转运孔，将退役 MR 存储容器从废物储存区吊运至热室，并利用吊车将存储容器的盖板打开，最后利用机械手将退役 MR 安装至固定工装上。该过程总耗时 4h，该过程不产生污染物。

(3) 热室内切削取样

工作人员在热室操作间启动取样工装电源，将切削刀头对准取样点后启动旋转切割头进行切割取样，取得的样品通过机械手携专用夹具放置在转运托盘上；该取样过程总耗时 8h，取得的两个取样样品，取样大小为 $\Phi 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ ，取样过程会产生固体碎屑，材料为铝合金尺寸为 0.1mm-10mm，总重量约 500g，通过提前覆膜进行 100%收集，覆膜收纳后体积为 1L。

(4) 旋转退役 MR

先利用热室内吊车吊起退役 MR，再通过热室内机械手旋转 MR，使退耦合窄化液氢慢化器对准取样工装后落下定位。该过程总耗时 8h。该过程无污染物产生。

(5) 热室内切削取样

同 (3) 对窄化片进行取样，该取样过程总耗时 8h，取得的两个取样样品，取样大小为 $\Phi 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ ，取样过程会产生固体碎屑，材料为铝合金尺寸为 0.1mm-10mm，总重量约 500g，通过提前覆膜进行 100%收集，覆膜收纳后体积为 1L。

(6) 热室内线切割制样

先利用机械手将转运托盘吊运至慢走丝线切割设备上，再将 $\Phi 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的铝制样品安装至切割机上，在热室操作间切割机的循原点程序完成制样，制得 10 个 $12 \times 2.5 \times 0.4\text{mm}$ 的反射体容器小样品、10 个 $\Phi 6 \times 1\text{mm}$ 的反射体容器小样品、10 个 $12 \times 2.5 \times 0.4\text{mm}$ 的窄化片小样品、10 个 $\Phi 6 \times 1\text{mm}$ 的窄化片小样品，最后将

制得的小样品通过机械手放置在样品盒内。该过程总耗时 100h。慢走丝线切割机在切割过程中需利用冷却循环水进行冷却，切割过程会产生固体碎屑，其中大部分固体碎屑流入水中经过滤器过滤，少部分固体碎屑飞溅到空气与覆膜上；固体碎屑的材料为铝合金尺寸为 0.005mm-0.1mm，总重量不超过 100g，含放射性固体碎屑的冷却用水经过滤器过滤后，重新作为冷却水使用，为切割过程冷却不进行排放，通过提前覆膜和净水系统 100%收集，覆膜收纳后体积为 0.5L，过滤器体积为 200L。

(7) 小样品表面磨抛处理

利用机械手携装有样品的样品盒放入运输通道，通过转运小车运至样品处理热室，在样品处理热室用机械手对样品进行清洗，单次清洗将样品放入含有 20ml 去离子水的烧杯，烧杯外是去离子水，采用超声清洗；清洗后，用机械手从烧杯中取出小样品，并用无尘布擦拭，擦拭后放入新样品盒中；烧杯内的去离子水经自然风干后，将烧杯内残余水及颗粒物用纸巾擦拭，该过程不产生放射性废液，擦拭后的纸巾作为放射性固废处理，放入废物桶；再利用机械手将清洗后的样品镶嵌到托盘上，通过机械手启动磨抛程序，磨抛完成后的样品再通过机械手放置在新的样品盒内。该过程总耗时 20h。磨抛过程会产生少量固体废物，包括抛光砂纸和擦拭用的纸巾、无尘布等，废物产生量约为 0.5L/样品，磨抛过程产生的扬尘通过高效过滤器过滤。

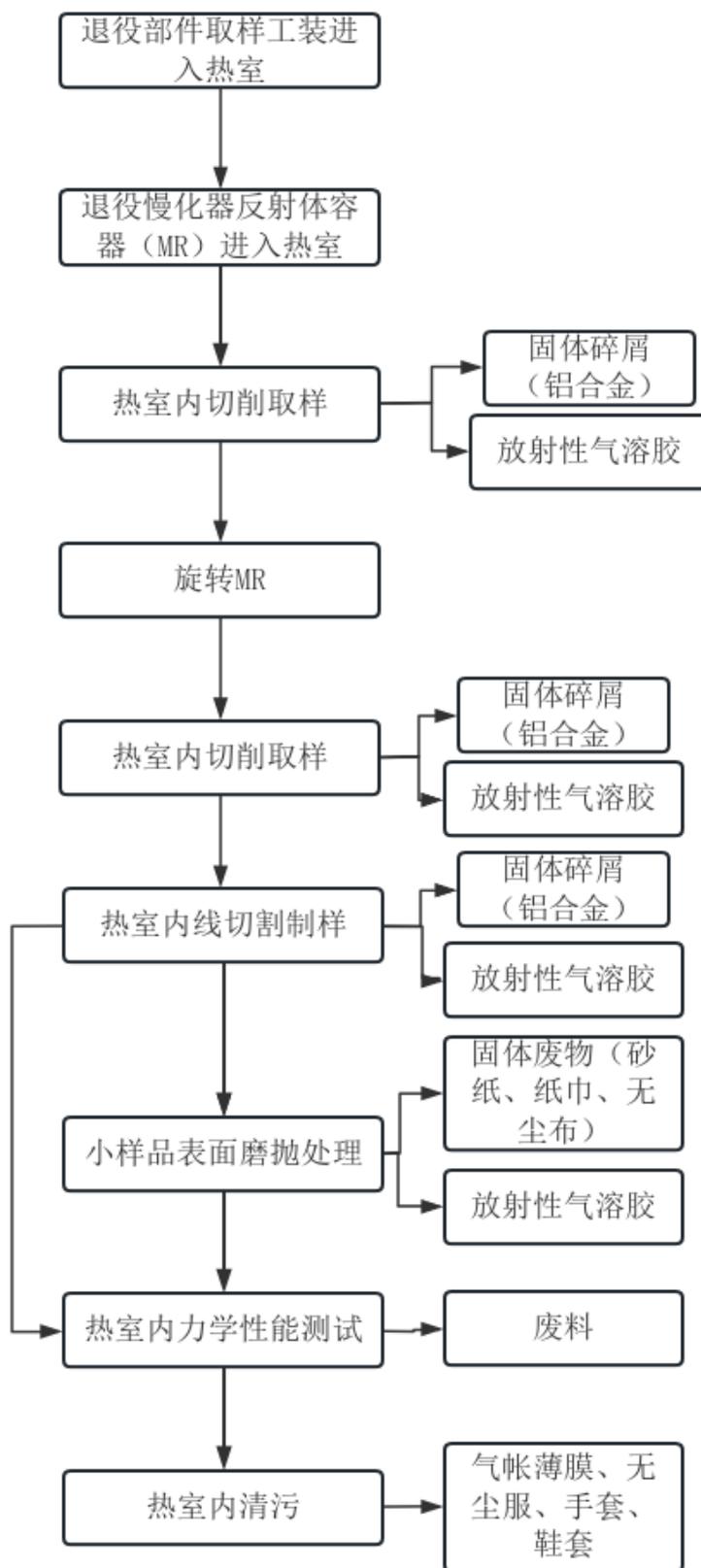
(8) 热室内力学性能测试

通过大热室及样品处理热室内的机械手将装有磨抛后样品的样品盒放入运输通道，并运输至大热室中，将样品安装到万能试验机进行拉伸，拉伸完成后的样品残余料通过机械手放入屏蔽桶内。该过程总耗时 100h。力学性能测试过程不产生额外的放射性废物，拉伸后的残余料放置在屏蔽桶内。

(9) 热室清污

对小样品进行力学性能测试后，先对热室内部进行通风，确保热室内放射性气溶胶不对清污人员产生放射性影响。之后通过大热室及样品处理热室内的机械手，操作伽马探测器与伽马成像仪，对热室内的放射性进行初步评估，之后对地面与设备覆膜进行收集和压缩，并放置在小屏蔽容器内，计量检测符合标准后（表面剂量率 $<1\text{mSv/h}$ ），人员穿着无尘服进入热室，并对气帐室进行拆卸和压缩，

并对设备表面进行清污，检测合格后（根据《电力辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对表面污染水平的控制，本项目设备经检测表面污染水平 β 放射性物质 $<0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 时，可当作普通物品使用）将设备运出热室，吊运至热室顶部大厅。该过程总耗时 5h。清污过程产污主要包括气帐薄膜，人员穿着的无尘服、手套、鞋套等，均属于低放废物，压缩后体积约为 $1\text{m}^3/\text{年}$ 。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-13 退役慢化器反射体容器及窄化片取样、制样及性能测试工艺流程

3.2.3 人流物流路径规划

本次改造后靶站热室区域的人流物流路径相对独立，具体描述如下：

(1) 人流通道

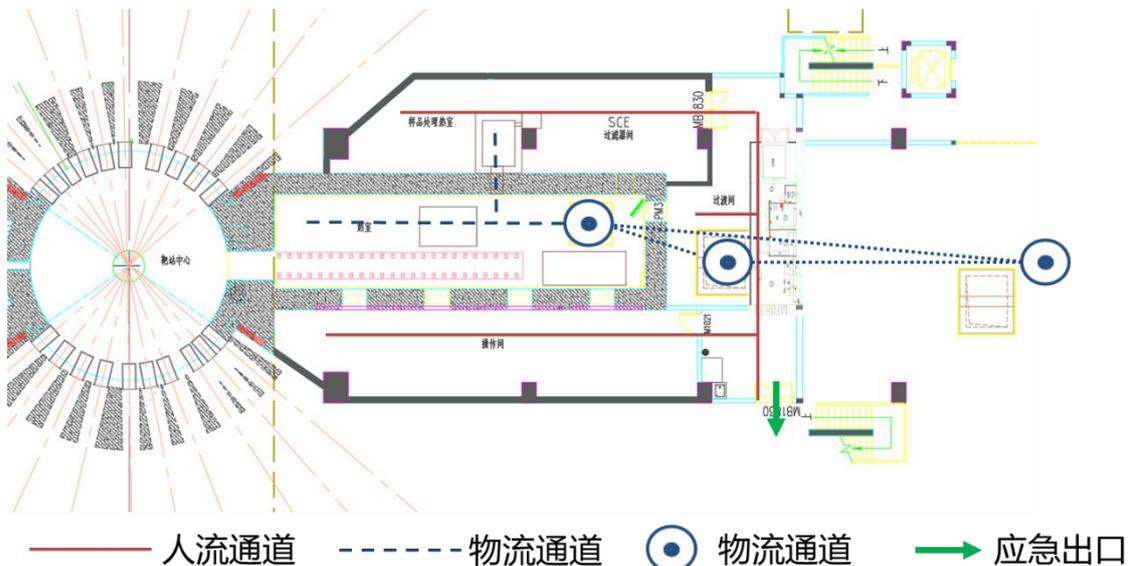
本项目人员进出大热室操作区的路线为：走廊→过渡间→更换防护工作服→进入大热室操作区；完成工作后经大热室操作区→手脚沾污仪器→过渡间→走廊离开。

本项目人员进出样品处理热室的路线为：走廊→过渡间→卫生通过间→更换防护工作服→进入样品处理热室操作区；完成工作后经样品处理热室→卫生通过间→完成污染监测→走廊离开。

(2) 物流通道

本项目退役部件均位于热室底部的废物暂存间，各退役部件利用热室吊车从热室底部废物暂存间吊运至热室，热室内产生的放射性废物也均在打包放入暂存罐后吊运至热室底部的废物暂存间。

本项目的人流物流图如错误!未找到引用源。14 所示。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-14 本项目人流物流图

3.3 污染源项

3.3.1 施工期污染源项

本次改造施工环节主要包括：墙体拆卸与新砌，风管、水管的铺设安装、装修工程、设备安装及工程验收等。

施工改造期间会产生噪声、废气、固体废弃物、废水等少量非放污染物，不会产生放射性废物。

本项目施工区域为靶站热室，根据监测报告中的监测数据，在检修期间，热室内的表面污染均低于检测下限，且本项目施工区域未进行过放射性物品操作，因此本项目施工区域未被污染。

综上所述，本次改造施工环节不会产生放射性废物，并且所有改造区域拆除产生的所有废物，均会进行污染监测，建设单位将在改造施工前再次对改造区域进行表面污染监测，确保无放射性污染进入环境。

施工期非放射性源项情况如下：

(1)废气

项目在施工期大气污染源主要来自以下方面：

①土建墙体拆卸与新砌及运输车辆装卸材料和行驶时产生的扬尘；建筑材料的现场搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘；人来车往造成的现场道路扬尘。

②施工机械设备排放的少量无组织废气等。

(2)废水

①施工生产废水

主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保潮、墙体的浸润、材料的洗刷等。该部分废水中的主要污染物为 SS、石油类，本次改造施工期较短，因此施工废水产生量较少。

②施工人员生活污水

施工人员以 10 人计，生活用水排放按 $0.05\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ 计算，日产生活污水约 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，以排放系数 0.8 计，排放量约为 $0.4\text{m}^3/\text{d}$ 。施工人员生活污水中主要含 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、SS 等。

(3)噪声

施工期主要分为机械噪声、施工作业噪声和施工车辆噪声。本项目机械噪声主要由施工机械所造成；施工作业噪声主要是一些零星敲打声、装卸车辆的撞击声等；施工车辆噪声属于交通噪声。上述施工噪声中，对环境影响最大的是施工机械噪声，噪声源强约 $80\sim 95\text{dB}(\text{A})$ 。

(4) 固体废物

施工期固体废物主要包括建筑垃圾、装修垃圾、施工人员生活垃圾。

项目施工过程中产生的建筑垃圾约为5.4t；施工人员约10人，生活垃圾按0.5kg/人日计，施工期生活垃圾产生量约为5kg/d。

3.3.2 运营期污染源项

3.3.2.1 放射性污染源

3.3.2.1.1 退役靶

(1) 辐射源项

本项目退役靶取样、制样及性能测试过程涉及的主要瞬发辐射源为靶体在平均功率 500kW、质子源强为 1.9507×10^{15} p/s 工况下，运行一年（6000h），并冷却一年后的辐射源项，退役靶不同部位材料的放射性核素活度，如下表所示，表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-2 大热室内退役靶体活化核素

样品名称	核素	放射性活度/Bq
靶材钨块	H-3	1.81E+11
	Nb-93m	4.94E+10
	Cd-109	2.35E+09
	Ce-139	3.29E+09
	Pm-143	4.70E+09
	Sm-145	6.11E+09
	Eu-152	5.17E+09
	Gd-151	2.35E+09
	Gd-153	4.23E+09
	Dy-159	4.23E+09
	Lu-172	1.03E+10
	Lu-173	1.46E+10
	Hf-172	8.93E+09
	Ta-179	1.55E+10
	Ta-182	3.29E+09
	W-181	7.71E+10
W-185	6.30E+10	
靶体不锈钢上盖	H-3	1.91E+10
	Mn-54	2.54E+10
	Fe-55	5.46E+10
	Co-57	2.29E+10
	Co-58	7.62E+09

样品名称	核素	放射性活度/Bq
	Co-60	3.56E+10
	Ni-63	1.09E+12

样品处理热室内仅进行退役靶小样品的清洗磨抛操作，不对整个靶体进行操作，因此样品处理热室内的源项应小于大热室内源项。根据国际有关运行经验样品处理热室内的靶体活化核素保守取大热室内靶体活化核素的 1/4，样品处理热室内具体活化核素如下（表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素）：

表错误!文档中没有指定样式的文字。-3 样品处理热室内退役靶体活化核素

样品名称	核素	放射性活度/Bq
靶材钨块	H-3	4.54E+10
	Nb-93m	1.23E+10
	Cd-109	5.88E+08
	Ce-139	8.23E+08
	Pm-143	1.18E+09
	Sm-145	1.53E+09
	Eu-152	1.29E+09
	Gd-151	5.88E+08
	Gd-153	1.06E+09
	Dy-159	1.06E+09
	Lu-172	2.59E+09
	Lu-173	3.64E+09
	Hf-172	2.23E+09
	Ta-179	3.88E+09
	Ta-182	8.23E+08
	W-181	1.93E+10
W-185	1.57E+10	
靶体不锈钢上盖	H-3	9.53E+08
	Mn-54	1.27E+09
	Fe-55	2.73E+09

样品名称	核素	放射性活度/Bq
	Co-57	1.14E+09
	Co-58	3.81E+08
	Co-60	1.78E+09
	Ni-63	5.44E+10

本项目退役靶存放于靶体屏蔽罐内，放置于热室底部的废物储存区。靶体储存容器主要包括下桶体和容器盖，下桶体和容器盖之间通过销钉连接固定。储存容器表面剂量率按照 $100 \mu\text{Sv/h}$ 进行设计。下桶体和容器盖屏蔽层由三层组成：内外两层为不锈钢筒体，不锈钢厚度 16mm，中间一层灌铅，靶前端高剂量区铅屏蔽厚度=200mm，靶后端铅屏蔽厚度=100mm。

(2) 放射性核素物料平衡

根据退役靶取样、制样及性能检测工艺流程，退役靶在进行铣削以及线切割过程中可能会产生放射性气溶胶，保守考虑操作量总量的 1/1000 释放到空气中形成气溶胶，气溶胶经过气帐的高效过滤器（过滤效率保守取 99%）以及热室通排风系统过滤器（过滤效率保守取 99%）后通过 30m 高的排气筒排放到环境中。铣削过程及线切割过程产生的固体碎屑均通过提前覆膜进行收集，覆膜收纳后体积为 0.5L，属于固体废物。经过测试后的样品以及铣削后的余料均放回原储存容器进行储存，铣削后余料属于固体废物。因此本项目退役靶取样、制样及性能测试过程的物料平衡如表错误!文档中没有指定样式的文字。-4 所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-4 退役靶取样、制样及性能测试过程物料平衡

样品名称	核素	原料投入活度 (Bq)	样品活度 (Bq)	固体废物 (Bq)	放射性废液 (Bq)	放射性气溶胶 (Bq)
靶材钨	H-3	1.81E+11	2.398E+09	1.786E+11	0	18100
	Nb-93m	4.94E+10	6.544E+08	4.875E+10	0	4940
	Cd-109	2.35E+09	3.113E+07	2.319E+09	0	235
	Ce-139	3.29E+09	4.358E+07	3.246E+09	0	329
	Pm-143	4.70E+09	6.226E+07	4.638E+09	0	470
	Sm-145	6.11E+09	8.094E+07	6.029E+09	0	611
	Eu-152	5.17E+09	6.849E+07	5.102E+09	0	517
	Gd-151	2.35E+09	3.113E+07	2.319E+09	0	235
	Gd-153	4.23E+09	5.604E+07	4.174E+09	0	423
	Dy-159	4.23E+09	5.604E+07	4.174E+09	0	423
	Lu-172	1.03E+10	1.364E+08	1.016E+10	0	1030
	Lu-173	1.46E+10	1.934E+08	1.441E+10	0	1460

样品名称	核素	原料投入活度 (Bq)	样品活度 (Bq)	固体废物 (Bq)	放射性废液 (Bq)	放射性气溶胶 (Bq)
	Hf-172	8.93E+09	1.183E+08	8.812E+09	0	893
	Ta-179	1.55E+10	2.053E+08	1.529E+10	0	1550
	Ta-182	3.29E+09	4.358E+07	3.246E+09	0	329
	W-181	7.71E+10	1.021E+09	7.608E+10	0	7710
	W-185	6.30E+10	8.346E+08	6.217E+10	0	6300
靶体不锈钢包壳	H-3	1.91E+10	4.718E+07	1.905E+10	0	1910
	Mn-54	2.54E+10	6.275E+07	2.534E+10	0	2540
	Fe-55	5.46E+10	1.349E+08	5.447E+10	0	5460
	Co-57	2.29E+10	5.657E+07	2.284E+10	0	2290
	Co-58	7.62E+09	1.882E+07	7.601E+09	0	762
	Co-60	3.56E+10	8.794E+07	3.551E+10	0	3560
	Ni-63	1.09E+12	2.693E+09	1.087E+12	0	109000

3.3.2.1.2 质子束窗 (PBW)

(1) 辐射源项

本项目 PBW 取样、制样及性能测试过程涉及的主要瞬发辐射源为 PBW 的铝合金部件在平均功率 500kW、质子源强为 1.9507×10^{15} p/s 工况下, 运行五年 (30000h), 并冷却一年后的辐射源项, 退役 PBW 的放射性核素活度, 如下表所示, 表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-5 PBW 的铝合金部件活化核素

核素	放射性活度 (Bq)
H-3	5.16E+09
Na-22	2.52E+09
Cl-36	4.67E+07

样品处理热室内仅进行退役质子束窗小样品的清洗磨抛操作, 不对整个质子束窗进行操作, 因此样品处理热室内的源项应小于大热室内源项。根据国际有关运行经验样品处理热室内的质子束窗活化核素保守取大热室内质子束窗活化核素的 1/4, 样品处理热室内具体活化核素如下 (表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素):

表错误!文档中没有指定样式的文字。-5 PBW 的铝合金部件活化核素

核素	放射性活度 (Bq)
H-3	1.29E+09
Na-22	6.30E+08
Cl-36	1.17E+07

(2) 放射性核素物料平衡

根据退役质子束窗取样、制样及性能检测工艺流程，退役质子束窗在进行铣削以及线切割过程中可能会产生放射性气溶胶，保守考虑操作量总量的 1/1000 释放到空气中形成气溶胶，气溶胶经过气帐的高效过滤器（过滤效率保守取 99%）以及热室通排风系统过滤器（过滤效率保守取 99%）后通过 30m 高的排气筒排放到环境中。铣削过程及线切割过程产生的固体碎屑均通过提前覆膜进行收集，覆膜收纳后体积为 0.5L，属于固体废物。经过测试后的样品以及铣削后的余料均放回原储存容器进行储存，铣削后余料属于固体废物。因此本项目退役质子束窗取样、制样及性能测试过程的物料平衡如错误!未找到引用源。6 所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-6 质子束窗取样、制样及性能测试过程物料平衡

样品名称	核素	原料投入活度 (Bq)	样品活度 (Bq)	固体废物 (Bq)	放射性废液 (Bq)	放射性气溶胶 (Bq)
质子束窗	H-3	5.16E+09	2786.4	5.160E+09	0	516
	Na-22	2.52E+09	1360.8	2.520E+09	0	252
	Cl-36	4.67E+07	25.218	4.670E+07	0	4.67

3.3.2.1.3 中子束窗 (NBW)

(1) 辐射源项

本项目 NBW 取样、制样及性能测试过程涉及的主要瞬发辐射源为 NBW 的铝合金部件在平均功率 500kW、质子源强为 1.9507×10^{15} p/s 工况下，运行五年（30000h），并冷却一年后的辐射源项，退役 NBW 的放射性核素活度密度，如下表所示，表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-7 NBW 铝合金材料活化核素

核素	放射性活度 (Bq)
H-3	6.44E+03
Na-22	1.26E+06
Fe-55	1.03E+04
Zn-65	6.44E+03

样品处理热室内仅进行退役中子束窗小样品的清洗磨抛操作,不对整个中子束窗进行操作,因此样品处理热室内的源项应小于大热室内源项。根据国际有关运行经验样品处理热室内的中子束窗活化核素保守取大热室内中子束窗活化核素的 1/4,样品处理热室内具体活化核素如下(表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1%的核素):

表错误!文档中没有指定样式的文字。-8 NBW 铝合金材料活化核素

核素	放射性活度 (Bq)
H-3	1.61E+03
Na-22	3.15E+05
Fe-55	2.58E+03
Zn-65	1.61E+03

(2) 放射性核素物料平衡

根据退役中子束窗取样、制样及性能检测工艺流程,退役中子束窗在进行铣削以及线切割过程中可能会产生放射性气溶胶,保守考虑操作量总量的 1/1000 释放到空气中形成气溶胶,气溶胶经过气帐的高效过滤器(过滤效率保守取 99%)以及热室通排风系统过滤器(过滤效率保守取 99%)后通过 30m 高的排气筒排放到环境中。铣削过程及线切割过程产生的固体碎屑均通过提前覆膜进行收集,覆膜收纳后体积为 0.5L,属于固体废物。经过测试后的样品以及铣削后的余料均放回原储存容器进行储存,铣削后余料属于固体废物。因此本项目退役中子束窗取样、制样及性能测试过程的物料平衡如错误!未找到引用源。9 所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-9 中子束窗取样、制样及性能测试过程物料平衡

样品名称	核素	原料投入活度 (Bq)	样品活度 (Bq)	固体废物 (Bq)	放射性废液 (Bq)	放射性气溶胶 (Bq)
中子束窗	H-3	6.44E+03	0.069552	6.440E+03	0	0.000644
	Na-22	1.26E+06	13.608	1.260E+06	0	0.126
	Fe-55	1.03E+04	0.11124	1.030E+04	0	0.00103
	Zn-65	6.44E+03	0.069552	6.440E+03	0	0.000644

3.3.2.1.4 慢化器反射体容器和窄化片

(1) 辐射源项

本项目慢化器反射体容器和窄化片取样、制样及性能测试过程涉及的主要瞬发辐射源为慢化器反射体容器和窄化片的铝合金和铝合金镀铬层在平均功率

500kW、质子源强为 1.9507×10^{15} p/s 工况下，运行五年（30000h），并冷却一年后的辐射源项，退役慢化器反射体容器和窄化片的放射性核素活度，如下表所示，表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-10 MR 铝合金材料活化核素

样品名称	核素	放射性活度/Bq
DPHM 容器底部铝合金	H-3	9.15E+07
	Na-22	6.26E+07
	Mn-54	3.96E+06
	Fe-55	1.10E+07
	Zn-65	1.04E+07
DPHM 窄化片	H-3	1.82E+08
	Pm-146	9.53E+07
	Pm-147	1.82E+08
	Eu-149	1.13E+08
	Eu-152	3.55E+08
	Eu-154	8.23E+08
	Eu-155	1.73E+08
	Gd-151	2.94E+08
	Gd-153	4.84E+09
Tb-160	1.56E+09	
反射体容器铝合金	H-3	2.75E+08
	Na-22	2.70E+08
	Mn-54	4.08E+07
	Fe-55	6.69E+07
	Ni-63	4.22E+06
	Zn-65	3.94E+07

样品处理热室内仅进行退役慢化器放射体容器和窄化片小样品的清洗磨抛操作，不对整个慢化器放射体容器和窄化片进行操作，因此样品处理热室内的源项应小于大热室内源项。根据国际有关运行经验样品处理热室内的慢化器放射体容器和窄化片活化核素保守取大热室内慢化器放射体容器和窄化片活化核素的 1/4，样品处理热室内具体活化核素如下（表中仅列出半衰期大于 10min 且活度贡献大于 0.1% 的核素）：

表错误!文档中没有指定样式的文字。-11 MR 铝合金材料活化核素

样品名称	核素	放射性活度/Bq
DPHM 容器底部铝合金	H-3	2.29E+07
	Na-22	1.56E+07
	Mn-54	9.89E+05
	Fe-55	2.74E+06
	Zn-65	2.61E+06
DPHM 窄化片	H-3	4.55E+07
	Pm-146	2.38E+07
	Pm-147	4.55E+07
	Eu-149	2.81E+07
	Eu-152	8.88E+07
	Eu-154	2.06E+08
	Eu-155	4.33E+07
	Gd-151	7.36E+07
	Gd-153	1.21E+09
	Tb-160	3.90E+08
反射体容器铝合金	H-3	6.86E+07
	Na-22	6.76E+07
	Mn-54	1.02E+07
	Fe-55	1.67E+07
	Ni-63	1.06E+06
	Zn-65	9.86E+06

(2) 放射性核素物料平衡

根据退役慢化器反射体和窄化片取样、制样及性能检测工艺流程，退役慢化器反射体和窄化片在进行铣削以及线切割过程中可能会产生放射性气溶胶，保守考虑操作量总量的 1/1000 释放到空气中形成气溶胶，气溶胶经过气帐的高效过滤器（过滤效率保守取 99%）以及热室通排风系统过滤器（过滤效率保守取 99%）后通过 30m 高的排气筒排放到环境中。铣削过程及线切割过程产生的固体碎屑

均通过提前覆膜进行收集，覆膜收纳后体积为 0.5L，属于固体废物。经过测试后的样品以及铣削后的余料均放回原储存容器进行储存，铣削后余料属于固体废物。因此本项目退役慢化器反射体和窄化片取样、制样及性能测试过程的物料平衡如错误!未找到引用源。12 所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-12 慢化器反射体和窄化片取样、制样及性能测试过程物料平衡

样品名称	核素	原料投入活度 (Bq)	样品活度 (Bq)	固体废物 (Bq)	放射性废液 (Bq)	放射性气溶胶 (Bq)
DPHM 容器底部铝合金	H-3	9.15E+07	3.684E+01	9.150E+07	0	9.15
	Na-22	6.26E+07	2.520E+01	6.260E+07	0	6.26
	Mn-54	3.96E+06	1.594E+00	3.960E+06	0	0.396
	Fe-55	1.10E+07	4.429E+00	1.100E+07	0	1.1
	Zn-65	1.04E+07	4.187E+00	1.040E+07	0	1.04
DPHM 窄化片	H-3	1.82E+08	2.505E+01	1.820E+08	0	18.2
	Pm-146	9.53E+07	1.312E+01	9.530E+07	0	9.53
	Pm-147	1.82E+08	2.505E+01	1.820E+08	0	18.2
	Eu-149	1.13E+08	1.556E+01	1.130E+08	0	11.3
	Eu-152	3.55E+08	4.887E+01	3.550E+08	0	35.5
	Eu-154	8.23E+08	1.133E+02	8.230E+08	0	82.3
	Eu-155	1.73E+08	2.382E+01	1.730E+08	0	17.3
	Gd-151	2.94E+08	4.047E+01	2.940E+08	0	29.4
	Gd-153	4.84E+09	6.663E+02	4.840E+09	0	484
	Tb-160	1.56E+09	2.148E+02	1.560E+09	0	156
反射体容器铝合金	H-3	2.75E+08	1.107E+02	2.750E+08	0	27.5
	Na-22	2.70E+08	1.087E+02	2.700E+08	0	27
	Mn-54	4.08E+07	1.643E+01	4.080E+07	0	4.08
	Fe-55	6.69E+07	2.693E+01	6.690E+07	0	6.69
	Ni-63	4.22E+06	1.699E+00	4.220E+06	0	0.422
	Zn-65	3.94E+07	1.586E+01	3.940E+07	0	3.94

3.3.2.2 非放射性污染源

3.3.2.2.1 非放射废气

根据工艺分析以及原辅料使用情况，本项目各退役部件在进行取样、制样及性能测试的过程中不产生非放射性废气。

3.3.2.2.2 非放射性废液

本项目非放射性废液仅涉及施工期生活污水，依托院区现有污水排放系统排放。本项目运营期不新增工作人员，工作人员均来自散裂中子源现有工作人员，因此不新增生活污水排放；不涉及生产废水。

3.3.2.2.3 非放射性固体废物

本项目营运期产生的固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾，生活垃圾主要由工作人员产生，生活垃圾依托院区原有生活垃圾处理系统处理。

3.3.2.2.4 噪声

本项目噪声源主要有慢走丝切割机、退役部件取样工装、退役靶体取样定制铣床、送风装置、高效排风过滤装置、万能试验机、风机等，噪声产生情况见**错误!未找到引用源。**。

表**错误!文档中没有指定样式的文字。**-13 噪声一览表

设备名称	噪声级 (dB (A))
慢走丝切割机	75~95
退役部件取样工装	75~95
退役靶体取样定制铣床	80~95
送风装置	80~95
高效排风过滤装置	80~95
万能试验机	70~80
风机	75~95

3.4 废弃物

本项目运行过程中的废弃物包括放射性废弃物和非放射性废弃物。放射性废弃物主要是含放射性的废气、固体废物和淋浴废水；非放射性废弃物包括废气、废水和固体废物。下面按类型分别描述放射性废弃物的来源、种类、活度等相关情况。

3.4.1 放射性废弃物

3.4.1.1 放射性废气

本项目实施过程中产生的放射性废气来源于各退役部件铣削、切割过程中产生的放射性气溶胶，根据行业运行经验，固态物质在进行铣削、切割过程中的气溶胶产生系数为 0.1%；铣削切割过程均在各自气帐内进行，气帐设置有气体过滤系统（包括初效送风装置和高效排风过滤装置），高效排风过滤装置的过滤效果可达 99.99%；热室内设置有通排风系统，过滤效率为 99.99%；本项目保守考虑气帐的高效排风过滤装置的过滤效果为 99%，热室内的通排风系统过滤效率为

99%，因此本项目放射性废气产生、处理及排放情况见表错误!文档中没有指定样式的文字。-6。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-6 项目放射性废气产生、处理及排放情况

操作场所	核素	日最大使用量 Bq	年操作量 Bq	产生 系数	处理措施	净化 效率	排放 方式	排入环境量 Bq/a
大热室及样品处理热室	H-3	1.81E+11	1.81E+11	0.001	高效过滤器+通风 系统过滤器	0	风中 心排 风塔 30m 高空 排放	1.81E+08
	Na-22	2.52E+09	2.52E+09	0.001		99.99%		2.52E+02
	Cl-36	4.67E+07	4.67E+07	0.001		99.99%		4.67E+00
	Mn-54	2.54E+10	2.54E+10	0.001		99.99%		2.54E+03
	Fe-55	5.46E+10	5.46E+10	0.001		99.99%		5.46E+03
	Co-57	2.29E+10	2.29E+10	0.001		99.99%		2.29E+03
	Co-58	7.62E+09	7.62E+09	0.001		99.99%		7.62E+02
	Co-60	3.56E+10	3.56E+10	0.001		99.99%		3.56E+03
	Ni-63	1.09E+12	1.09E+12	0.001		99.99%		1.09E+05
	Zn-65	3.94E+07	3.94E+07	0.001		99.99%		3.94E+00
	Nb-93m	4.94E+10	4.94E+10	0.001		99.99%		4.94E+03
	Cd-109	2.35E+09	2.35E+09	0.001		99.99%		2.35E+02
	Ce-139	3.29E+09	3.29E+09	0.001		99.99%		3.29E+02
	Pm-143	4.70E+09	4.70E+09	0.001		99.99%		4.70E+02
	Pm-146	9.53E+07	9.53E+07	0.001		99.99%		9.53E+00
	Pm-147	1.82E+08	1.82E+08	0.001		99.99%		1.82E+01
	Sm-145	6.11E+09	6.11E+09	0.001		99.99%		6.11E+02
	Eu-149	1.13E+08	1.13E+08	0.001		99.99%		1.13E+01
Eu-152	5.17E+09	5.17E+09	0.001	99.99%	5.17E+02			
Eu-154	8.23E+08	8.23E+08	0.001	99.99%	8.23E+01			
Eu-155	1.73E+08	1.73E+08	0.001	99.99%	1.73E+01			

操作场所	核素	日最大使用量 Bq	年操作量 Bq	产生 系数	处理措施	净化 效率	排放 方式	排入环境量 Bq/a
	Gd-151	2.35E+09	2.35E+09	0.001		99.99%		2.35E+02
	Gd-153	4.84E+09	4.84E+09	0.001		99.99%		4.84E+02
	Tb-160	1.56E+09	1.56E+09	0.001		99.99%		1.56E+02
	Dy-159	4.23E+09	4.23E+09	0.001		99.99%		4.23E+02
	Lu-172	1.03E+10	1.03E+10	0.001		99.99%		1.03E+03
	Lu-173	1.46E+10	1.46E+10	0.001		99.99%		1.46E+03
	Hf-172	8.93E+09	8.93E+09	0.001		99.99%		8.93E+02
	Ta-179	1.55E+10	1.55E+10	0.001		99.99%		1.55E+03
	Ta-182	3.29E+09	3.29E+09	0.001		99.99%		3.29E+02
	W-181	7.71E+10	7.71E+10	0.001		99.99%		7.71E+03
	W-185	6.30E+10	6.30E+10	0.001		99.99%		6.30E+03
排放总计	/							1.70E+05

3.4.1.2 放射性固废

本项目产生的放射性固体废物主要有：性能试验后的残余料、抛光砂纸、纸巾、无尘布、废过滤器滤芯、覆膜、气帐薄膜、无尘服、手套、鞋套等。年产生重量约 5.51m³/a，总活度 1.72×10¹²Bq/a。放射性固体废物产生及处置情况见表错误!文档中没有指定样式的文字。-7。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-7 项目放射性固废产生及处置情况

操作场所	核素	日最大使用量 Bq	年操作量 Bq	放射性固废产生量		处理措施	排入环 境量 Bq/a	
				质量 kg/a	活度 Bq/a			
大热室 及样品 处理热 室	退役靶体钨	H-3	1.81E+11	1.81E+11	522	1.786E+11	就地装入废物桶或 原退役部件暂存桶 内暂存。	不排放
		Nb-93m	4.94E+10	4.94E+10		4.875E+10		
		Cd-109	2.35E+09	2.35E+09		2.319E+09		
		Ce-139	3.29E+09	3.29E+09		3.246E+09		
		Pm-143	4.70E+09	4.70E+09		4.638E+09		
		Sm-145	6.11E+09	6.11E+09		6.029E+09		
		Eu-152	5.17E+09	5.17E+09		5.102E+09		
		Gd-151	2.35E+09	2.35E+09		2.319E+09		
		Gd-153	4.23E+09	4.23E+09		4.174E+09		
		Dy-159	4.23E+09	4.23E+09		4.174E+09		
		Lu-172	1.03E+10	1.03E+10		1.016E+10		
		Lu-173	1.46E+10	1.46E+10		1.441E+10		
		Hf-172	8.93E+09	8.93E+09		8.812E+09		
		Ta-179	1.55E+10	1.55E+10		1.529E+10		
		Ta-182	3.29E+09	3.29E+09		3.246E+09		
W-181	7.71E+10	7.71E+10	7.608E+10					

	W-185	6.30E+10	6.30E+10		6.217E+10	
退役靶不锈钢包壳	H-3	1.91E+10	1.91E+10		1.905E+10	
	Mn-54	2.54E+10	2.54E+10		2.534E+10	
	Fe-55	5.46E+10	5.46E+10		5.447E+10	
	Co-57	2.29E+10	2.29E+10		2.284E+10	
	Co-58	7.62E+09	7.62E+09		7.601E+09	
	Co-60	3.56E+10	3.56E+10		3.551E+10	
	Ni-63	1.09E+12	1.09E+12		1.087E+12	
退役质子束窗铝容器	H-3	5.16E+09	5.16E+09	1500	5.160E+09	
	Na-22	2.52E+09	2.52E+09		2.520E+09	
	Cl-36	4.67E+07	4.67E+07		4.670E+07	
退役中子束窗铝容器	H-3	6.44E+03	6.44E+03	1500	6.440E+03	
	Na-22	1.26E+06	1.26E+06		1.260E+06	
	Fe-55	1.03E+04	1.03E+04		1.030E+04	
	Zn-65	6.44E+03	6.44E+03		6.440E+03	
退役DPHM容器底部铝合金	H-3	9.15E+07	9.15E+07	6000	9.150E+07	
	Na-22	6.26E+07	6.26E+07		6.260E+07	
	Mn-54	3.96E+06	3.96E+06		3.960E+06	
	Fe-55	1.10E+07	1.10E+07		1.100E+07	
	Zn-65	1.04E+07	1.04E+07		1.040E+07	
退役DPHM窄化片	H-3	1.82E+08	1.82E+08		1.820E+08	
	Pm-146	9.53E+07	9.53E+07		9.530E+07	
	Pm-147	1.82E+08	1.82E+08		1.820E+08	
	Eu-149	1.13E+08	1.13E+08		1.130E+08	
	Eu-152	3.55E+08	3.55E+08		3.550E+08	

		Eu-154	8.23E+08	8.23E+08		8.230E+08		
		Eu-155	1.73E+08	1.73E+08		1.730E+08		
		Gd-151	2.94E+08	2.94E+08		2.940E+08		
		Gd-153	4.84E+09	4.84E+09		4.840E+09		
		Tb-160	1.56E+09	1.56E+09		1.560E+09		
	退役反射体 容器铝合金	H-3	2.75E+08	2.75E+08		2.750E+08		
		Na-22	2.70E+08	2.70E+08		2.700E+08		
		Mn-54	4.08E+07	4.08E+07		4.080E+07		
		Fe-55	6.69E+07	6.69E+07		6.690E+07		
		Ni-63	4.22E+06	4.22E+06		4.220E+06		
		Zn-65	3.94E+07	3.94E+07		3.940E+07		
通风中心（过滤器滤芯）	所有核素	/	/	1600	/			
气帐高效排风过滤（过滤器滤芯）	所有核素	/	/	1600	/			
抛光砂纸、无尘布、擦拭用纸巾	所有核素	/	/	150	/			
劳保用品（无尘服、手套、鞋套）	所有核素	/	/	2000	/			
合计				14872	1.72E+12			

3.4.1.3 放射性废水

本项目放射性废水主要为淋浴废水，产生于本项目新建的卫生通过间，淋浴废水经地漏汇入靶站内的放射性废水贮存罐内进行贮存，贮存罐容积 10m³，交有资质单位处理。

3.4.2 非放射性废弃物

3.4.2.1 非放射性废水

本项目不涉及非放射性工业废水的排放，仅涉及施工期生活污水。本项目运营期不新增工作人员，工作人员均来自散裂中子源现有工作人员，因此不新增生活污水排放。

3.4.2.2 非放射性固体废物

本项目非放射性固体废物主要为施工期工作人员生活垃圾；本项目运营期工作人员均为散裂中子源固有人员，不新增工作人员，因此本项目不新增生活垃圾。

3.4.2.3 噪声

本项目运行期间主要噪声源为排风机房的风机、水泵等设备噪声，噪声值约 75~95dB(A)。选择先进可靠的低噪声设备，根据各噪声源的特性，采取减振、隔声和消声等降噪措施。项目噪声源强及治理措施见表错误!文档中没有指定样式的文字。-8。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-8 项目新增主要噪声源强及治理措施 单位：
dB(A)

位置	噪声源	单机源强	治理措施	室外 1m 处声级
大热室及样品处理热室	退役靶取样定制铣床	75~95	基础减振，建筑隔声	<65
	定制慢走丝线切割机	75~95	基础减振，建筑隔声	<65
	送风过滤装置	80~95	基础减振，建筑隔声	<70
	高效排风过滤装置	80~95	基础减振，建筑隔声	<70
	退役部件取样子工装	80~95	基础减振，建筑隔声	<70
	万能试验机	70~80	基础减振，建筑隔声	<60
	风机	70~80	基础减振，排气口消声	<60

第四章 辐射安全与防护

4.1 场所布局与屏蔽

4.1.1 场所布局

4.1.1.1 平面布局及合理性分析

本次 CSNS 核心部件退役取样测试项目拟将 CSNS 园区靶站谱仪大厅的靶站热室区域改造为甲级非密封放射性物质工作场所，以下分别对靶站谱仪大厅和靶站热室的平面布局及合理性分析进行描述。

(1) 靶站谱仪大厅总平面布置

靶站谱仪大厅（B7）位于 CSNS 园区中部，整个建筑地下约 22m，地上高度为 13.9m，地上建筑长宽分别为 95.8m 和 94.3m，总建筑面积为 12612.46m²。从空间结构上包括靶站区、谱仪区和配套实验区三个部分，其中靶站区位于建筑中心；谱仪区位于靶站区两侧；配套实验区位于建筑西侧。靶站又分为靶站地下室、靶站、靶站热室、靶站顶部大厅。靶站地下室位于靶站建筑最底层，建于地下 22m 处，设有水冷却系统设备区、液体污染物存放区、固体污染物储存区、设备运输通道、以及取样间、维修间、电气间、PCE/HOG 过滤器、中子开关泵房、通用设备间等配套区域；靶站位于靶站谱仪大厅的中心，为内部半径为 4.8 m、高度 10m 的圆柱形结构，内部建设靶体、配套系统（慢化器反射体系统、氦容器系统、屏蔽体系统）和 20 条中子孔道；靶站热室位于靶站前端，建于地下 13.4m 处，内部尺寸（长×宽×高）为 18m×4.65m×8m；靶站顶部大厅位于靶站和热室上方，建于地下 4.37m 处，内部高度 17m。

靶站谱仪大厅的平面布置合理性已在《中国散裂中子源项目环境影响报告书》中进行了详细描述，本项目不再赘述，重点描述本次改造场所的平面布局及合理性分析。

(2) 辐射工作场所布置及合理性分析

改造前靶站热室区域包含四个区域：靶站大热室、靶站热室操作间、靶站热室氦设备间、靶站热室原过渡间。

改造内容:拟在靶站热室内新增新增1个取样系统气帐和1个制样系统气帐,气帐内新增退役部件取样、制样系统。在靶站热室原氦设备间处新建样品处理热室,外部尺寸为3000mm×2000mm×2050mm(长×宽×高),内部尺寸为2500mm×1500mm×1800mm(长×宽×高),采用单工位布局,布置1对关节机械手及1套铅玻璃窥视窗,用于开展样品表面磨抛工作,在靶站热室靠样品处理热室一侧的墙开转运孔,内置小车转运样品。拟在靶站热室后区原过渡间处增设卫生通过间。本次改造涉及的建筑面积约为176m²,改造后场所共有8个房间,分别为入口房间、大热室操作间、更衣间、淋浴间、脏衣收集间、过渡间、样品处理热室间、大热室内部等。其中大热室内部位于靶站热室区域(本次甲级场所)的中部;大热室西侧为大热室操作间,设有专用设备控制柜,用于工作人员进行取样、制样操作;大热室东侧为样品处理热室间,是基于靶站氦设备间原有空间建设,是开展退役部件放射性靶材表面磨抛的主要功能区域;大热室南侧是更衣间、淋浴间、脏衣收集间、过渡间,用于人员进出控制区的卫生通道。

根据改造后整个辐射工作场所的平面布置情况,本项目对于可能涉及放射性污染的场所均采取集中布置方式,并根据工艺需要在进入控制区前布置卫生通道,卫生通道设换鞋、更衣、淋浴、清洁、缓冲等配套辅助用房;同时通过设置独立的人流、物流通道,保障各辐射工作场所的相对独立性,避免放射性交叉污染影响,综合分析,本项目放射性工作场所布局既相对独立又互相有机联系,既能减少放射性污染扩散,又能保障退役部件取样测试工艺的需求,因此从辐射防护的角度而言,改造后甲级场所的平面布置是合理的。

CSNS 园区的平面布置见附图 3,靶站谱仪大厅的改造前后平面布置详见附图 4 和附图 5。

4.1.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制,需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,对控制区运用行政管理程序(如工作许可证制度)限制进入。监督区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。

本次 CSNS 核心部件退役取样测试项目拟将 CSNS 园区靶站谱仪大厅的靶站

热室区域改造为甲级非密封放射性物质工作场所，不涉及靶站谱仪大厅的其他区域，其辐射防护分区不再赘述。

改造后甲级场所辐射防护分区综合考虑区域的辐射水平、放射性污染水平及潜在辐射风险，结合设施内工艺系统布置、工艺特点以及人流、物流通道，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围等因素。将辐射工作场所划分为监督区和控制区，其中控制区又划分为控制I区和控制II区。各区域剂量率控制水平见表 4.1-1。

本次 CSNS 核心部件退役取样测试项目的辐射工作场所分区如下：

监督区：大热室操作间、入口房间

控制I区：更衣间、淋浴间、脏衣收集间、过渡间、样品处理热室间（原靶站热室氦设备间）

控制II区：大热室内部、样品处理热室内部

靶站谱仪大厅的其他区域的辐射工作场所分区保持原有分区不变。

项目辐射工作场所控制区和监督区具体划分见下表 4.1-2，辐射防护分区如图 4.1-1 所示。

表 4.1-1 辐射工作场所剂量率控制水平

辐射工作场所	放射性分区名称	γ 辐射水平
靶站热室	监督区	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
	控制I区	$\leq 25\mu\text{Sv/h}$
	控制II区*	$> 25\mu\text{Sv/h}$

注：*控制II区正常操作情况，严禁工作人员进入

表 4.1-2 辐射工作场所控制区和监督区划分一览表

辐射工作场所	控制区	监督区
靶站热室	控制I区：更衣间、淋浴间、脏衣收集间、过渡间、样品处理热室间 控制II区：大热室内部、样品处理热室内部	大热室操作间、入口房间

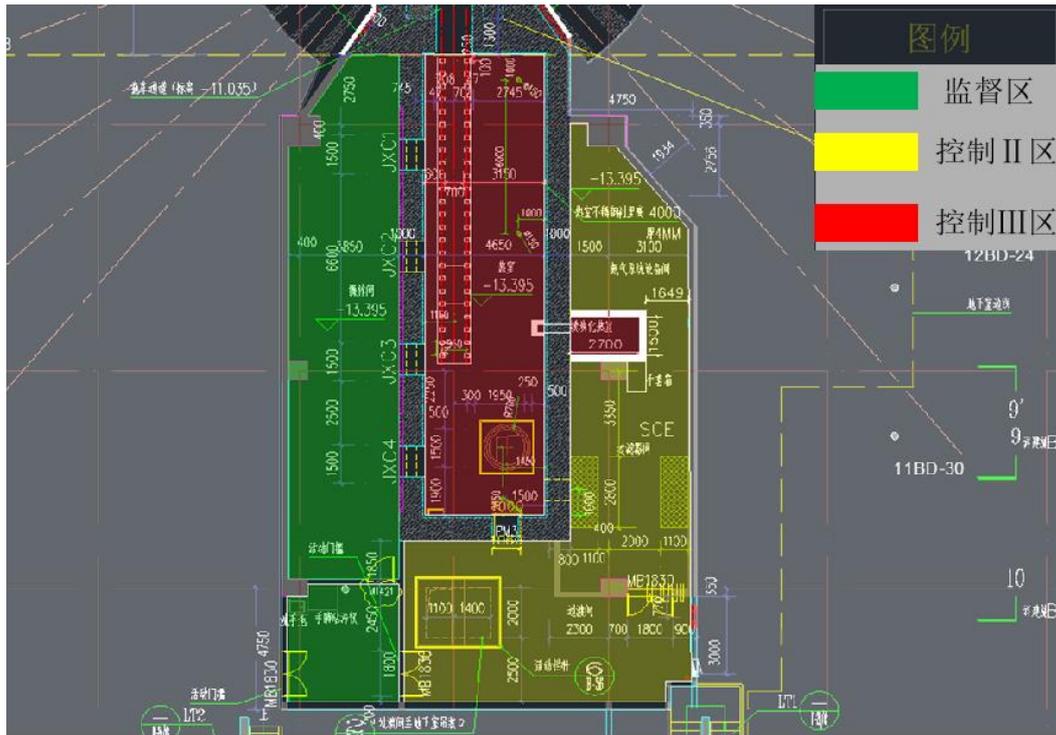


图 4.1-1 辐射工作场所控制区和监督区划分

4.1.2 屏蔽设计

本次退役部件取样测试相关操作均在靶站大热室和样品处理热室中进行，靶站大热室和样品处理热室配置有机械手进行操作。实体屏蔽主要依靠靶站大热室建筑墙体和样品处理热室的碳钢进行屏蔽防护，相关设计参数如下：

(1) 靶站热室的屏蔽设计

根据《中国散裂中子源项目环境影响报告书》，靶站热室辐射屏蔽按照 500 kW 设计和建造，靶站热室内部尺寸（长×宽×高）为 18m×4.65m×8m，前墙为混凝土+碳钢，屏蔽设计为 1m 厚重混凝土+0.16m 的碳钢（局部），后墙、侧墙、顶部和地面墙体均为 1m 厚重混凝土，靶站热室配有 4 个窥视窗，窥视窗厚度 1 m，材质为多层铅玻璃，分别是 K709：1014×814×30、820×620×100、800×600×100、780×580×100，ZF501：760×560×125、760×560×125，ZF6：780×580×110、800×600×110、820×620×110、820×620×110，屏蔽能力等同于 1m 厚的重混凝土。靶站热室的屏蔽设计情况如下图所示。

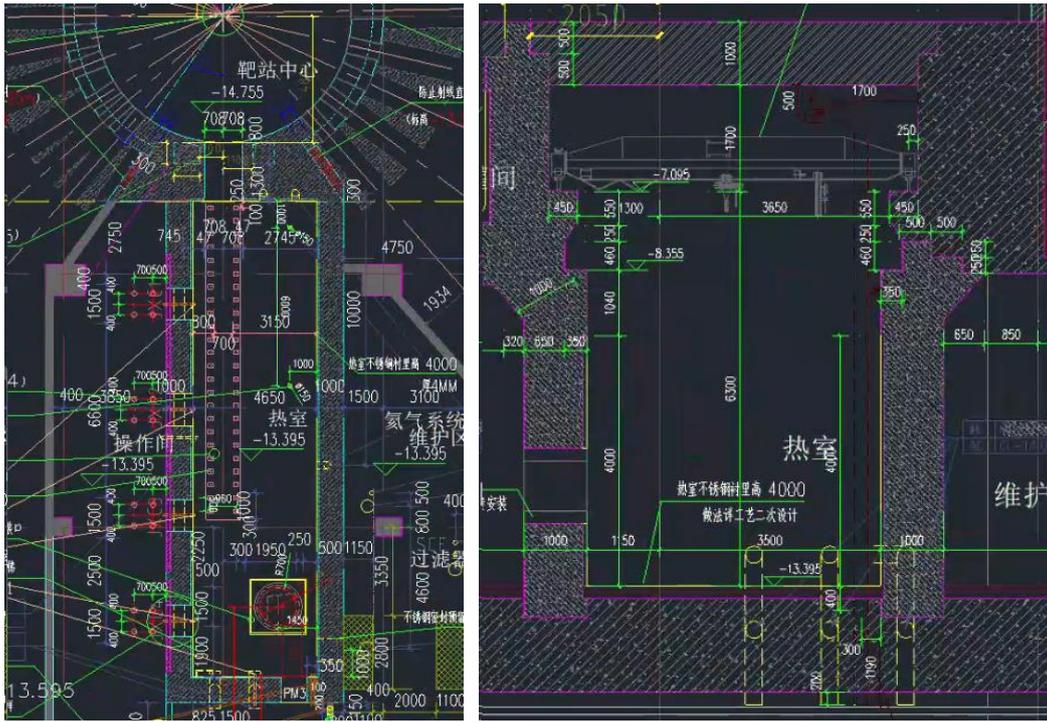


图 4.1-2 靶站热室屏蔽设计图（左图：热室俯视剖视图，右图：热室垂直剖视图）

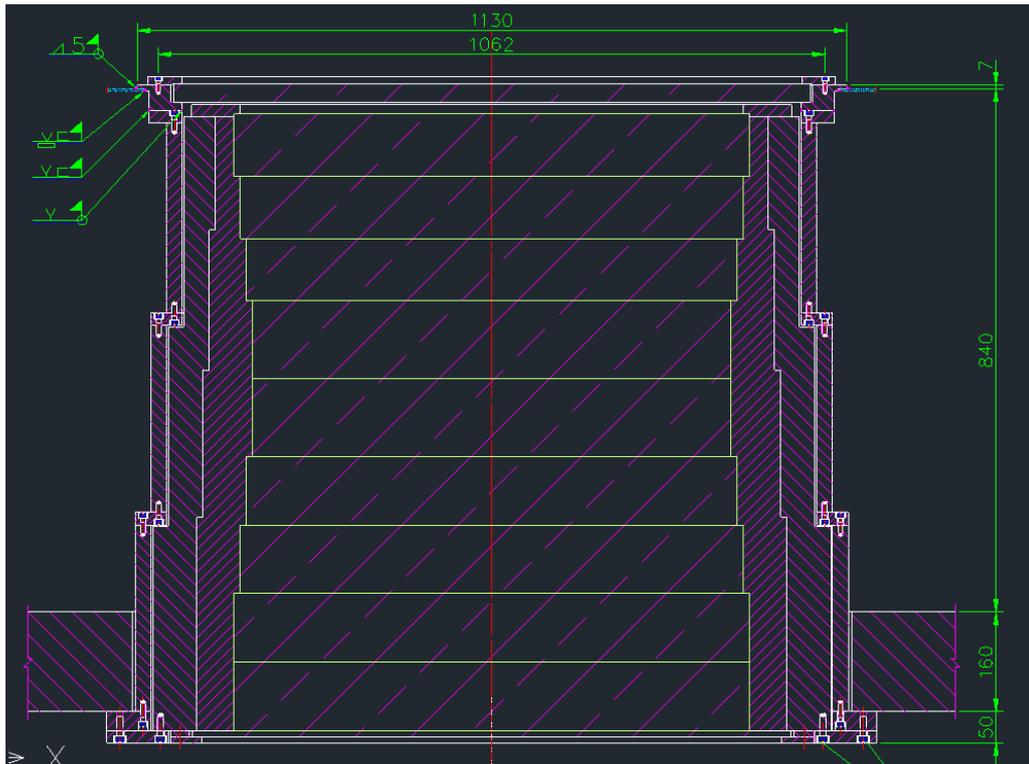


图 4.1-3 靶站热室窥视窗的屏蔽设计图

(2) 样品处理热室

样品处理热室内部尺寸为长 2500mm，宽 1500mm，高 1800mm；设计屏蔽

材料为碳钢，密度在 7850kg/m^3 ，四周屏蔽为厚度 250mm 的碳钢，样品处理热室配有两个窥视窗，窥视窗为多层铅玻璃，分别为 140mm 厚的 ZF6 防辐射铅玻璃、 20mm 厚的 K709 耐辐射铅玻璃，屏蔽能力等同于 250mm 的碳钢。

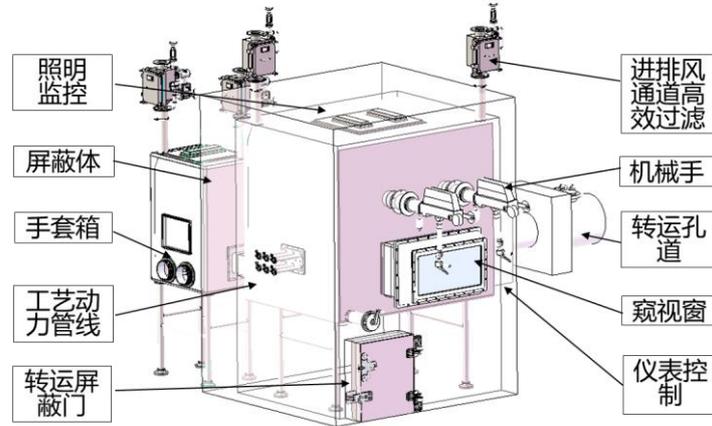


图 4.1-4 样品处理热室平面布置示意图

(3) 样品、放射性废物暂存容器的实体屏蔽措施

靶体储存容器主要包括下桶体和容器盖，下桶体和容器盖之间通过销钉连接固定。储存容器表面剂量率按照 $100\mu\text{Sv/h}$ 进行设计，下桶体和容器盖屏蔽层由三层组成：内外两层为不锈钢筒体，不锈钢厚度 16mm ，中间一层灌铅，靶前端高剂量区铅屏蔽厚度 $\geq 200\text{mm}$ ，靶后端铅屏蔽厚度 $\geq 100\text{mm}$ 。靶体储存容器主要用来存放测试前的靶体，以及取样后的靶体，通过靶体热室的吊运孔道送至靶站地下室放射性固废间进行储存。

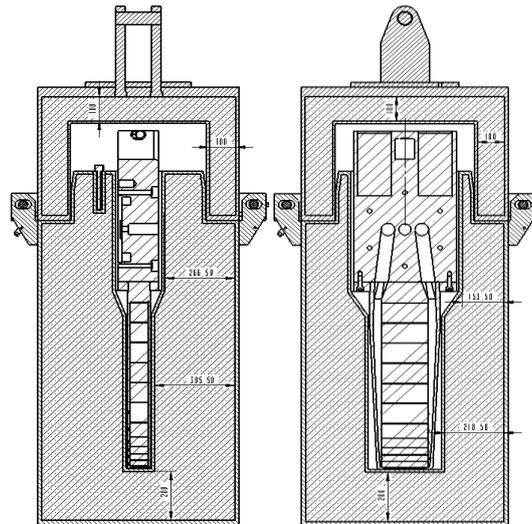


图 4.1-5 靶体储存容器屏蔽设计情况

质子束窗储存容器主要包括下桶体和容器盖，下桶体和容器盖之间通过销钉连接固定。储存容器表面剂量率按照 $100\mu\text{Sv/h}$ 进行设计。下桶体和容器盖屏蔽层由三层组成：内外两层为不锈钢筒体，不锈钢厚度 10mm ，中间一层灌铅，铅屏蔽厚度 $\geq 100\text{mm}$ 。更换下来的质子束窗储存在靶站地下室固定废物间。

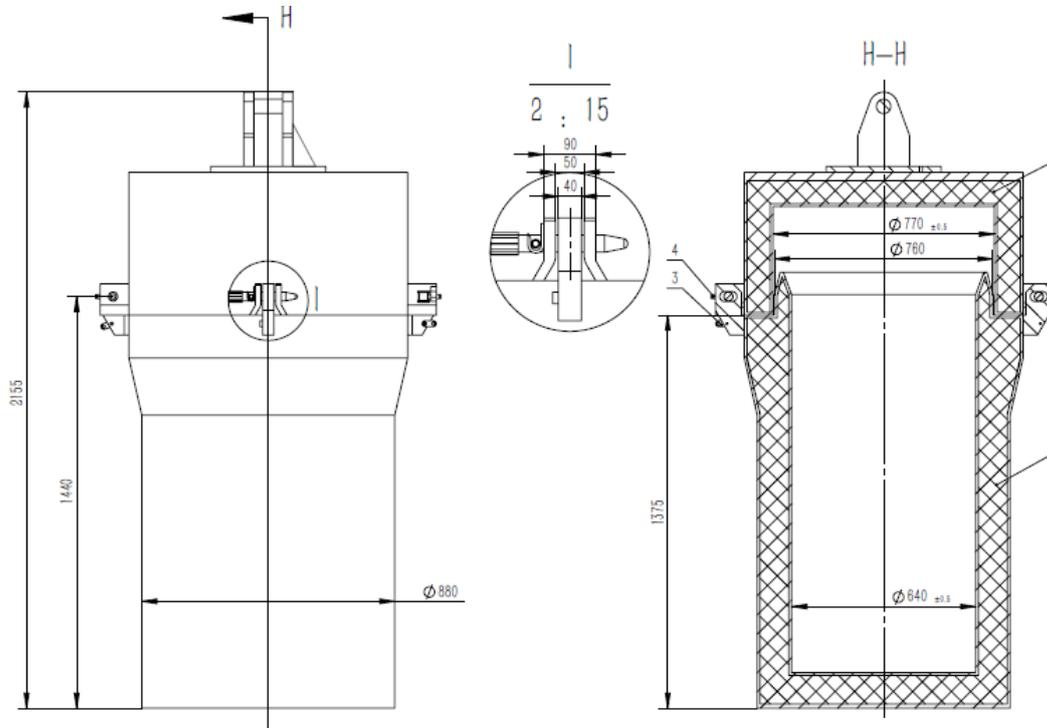


图 4.1-6 质子束窗储存容器屏蔽设计情况

中子束窗储存容器主要包括下桶体和容器盖，下桶体和容器盖之间通过销钉连接固定。储存容器表面剂量率按照 $100\mu\text{Sv/h}$ 进行设计。下桶体和容器盖屏蔽层由三层组成：内外两层为不锈钢筒体，不锈钢厚度 10mm ，中间一层灌铅，铅屏蔽厚度 $\geq 100\text{mm}$ 。更换下来的中子束窗将储存在靶站地下室固定废物间，储存容器与质子束窗的储存容器屏蔽设计类似。

下段 MR 储存容器主要包括下桶体和容器盖。容器表面剂量率按照 $100\mu\text{Sv/h}$ 进行设计。下桶体和容器盖屏蔽层由三层组成：内外两层为不锈钢筒体，中间一层灌铅。容器下部屏蔽等效铅厚度 $\geq 230\text{mm}$ ，容器径向等效铅厚度 $\geq 250\text{mm}$ ，容器上部屏蔽等效铅厚度 $\geq 190\text{mm}$ 。更换下来的下段 MR 插件均储存在靶站地下室固定废物间。

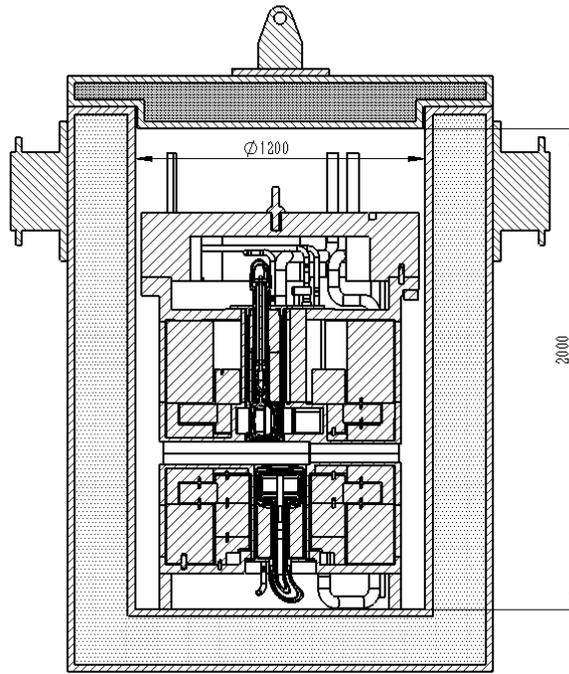


图 4.1-7 下段 MR 存储容器屏蔽设计情况

本项目在样品处理热室下方设置了 1 个放射性废物桶用于收集样品处理热室产生的抛光砂纸和擦拭用的纸巾、无尘布等放射性固体废物，废物桶为碳钢屏蔽桶，厚度 50mm。

本项目在靶体热室设置了 2 个放射性废物桶，其中 1 个用于收集慢走丝的过滤器、离子交换器、测试后的样品等放射性固体废物，废物桶为铅屏蔽桶，厚度 100mm；另外 1 个用于收集气帐薄膜、手套等放射性固体废物，废物桶为碳钢屏蔽桶，厚度 50mm。

(4) 靶站热室与样品处理热室穿孔屏蔽设计

靶站热室靠样品处理热室一侧的墙开转运孔，内置小车转运样品，屏蔽补偿主要由大热室端面 200mm 铅和侧面 100mm 铅组成，补充屏蔽由墙面两块厚 250mm 碳钢组成；计算结果显示，只用铅的屏蔽，可以在最大源项工况时，保持样品处理热室内部小于 $10\mu\text{Sv/h}$ ，在样品处理热室外部小于 $0.25\mu\text{Sv/h}$ 。

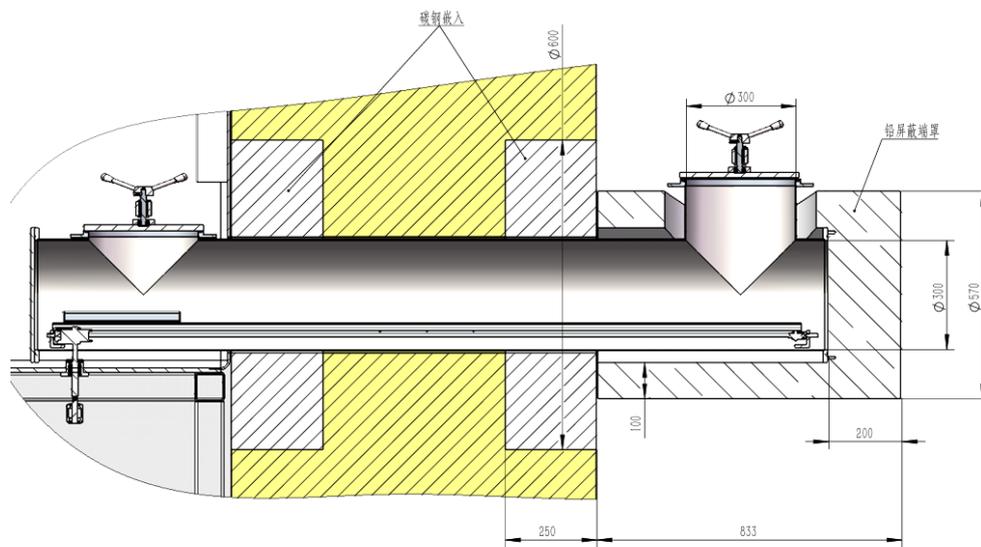


图 4.1-8 靶站热室与样品处理热室穿孔屏蔽设计

4.2 辐射安全与防护措施

4.2.1 操作过程中的辐射安全与防护措施

非密封放射性物质在操作过程中为保护职业人员主要采取的辐射安全与防护措施包括：气流组织及净化通排风、气帐防护以及个人防护措施。

4.2.2.1 场所气流组织及净化通排风

(1) 气流组织

针对改造后的甲级场所，项目放射性区域内通风系统根据辐射防护分区进行改造设计，合理组织气流，保证气流方向从“净区”到“脏区”、从低污染区流向高污染区，各不同分区之间维持一定负压。场所通排风系统的压差及排风量见表 4.2-1，压差走向见图 4.2-1。

表 4.2-1 场所排风系统

排风系统编号	场所	压差 Pa	排风量 m ³ /h	换气次数
JP-1	大热室	-350	3200	5-10
JP-2	样品处理热室	-350	150	20
	样品处理热室手套箱	-250	10	10
JP-3	大热室操作间	-30	300	1

排风系统编号	场所	压差 Pa	排风量 m ³ /h	换气次数
JP-4	大热室过渡间	-30	500	1
	热室更衣淋浴间	-30	230	5
	样品处理热室操作区	-30	300	1

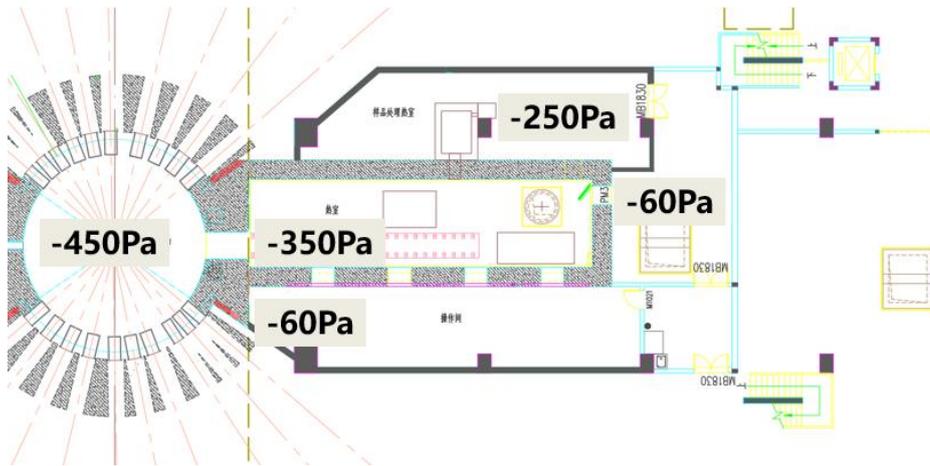


图 4.2-1 场所气流组织示意图

(2) 通排风系统

改造前的靶站热室以及改造后甲级场所的通排风系统见 4.3.1.1 节放射性废气处理措施。

4.2.2.2 气帐防护

为了防止退役部件取样制样系统在运行过程中可能产生的粉尘扩散对热室造成表面沾污，在热室内对取样和制样系统两台主要设备定制了专用气帐室，气帐室主要包括防护罩体和气体循环系统，罩体内可建立 15-20Pa 左右负压，有效防止罩体内气溶胶颗粒外逸，气体循环系统安装有高效排风过滤装置，可以对放射性气溶胶进行有效去除。具体布置如错误!未找到引用源。、错误!未找到引用源。2-3 所示。

在卫生通过间完成污染监测达标后方可离开，若表面沾污监测出线超标情况应须进行擦拭或淋浴去污后监测达标后再离开。

(4) 严禁工作人员在开放性工作场所内进食、饮水和吸烟。

(5) 每天工作结束后，对场所内易接触的部位进行表面沾污监测，若出现超标情况，应及时按制定的去污操作规程开展去污操作，擦拭纸等均需按放射性废物管理。

(6) 定期采用移动式气溶胶监测系统对生产场所进行室内气溶胶采样，若出现气溶胶异常应及时进行场所气帐及热室密闭性检查或通排风系统进行检修。

(7) 对于放射设备的检修和维护时，如热室检修或过滤器的滤芯的更换时，还将配备防护铅衣、铅帽、铅眼镜、铅围脖等个人防护用品。

4.2.3 安全保卫措施

4.2.3.1 防盗、防抢、防破坏措施

(1) 监控系统

东莞研究部已在 CSNS 园区的靶站热室和厂区内分别设置视频监控系统。可为工作人员及操作人员提供必要、直观的图像信息；厂区视频监控系统可对厂区进出口、周界进行监控，防止非法人员进入，保障工作人员、放射性物品的安全。改造后的甲级场所有保卫人员值守，并采取定期和不定期巡查，确保放射性物品处于安全位置。

(2) 台账管理

东莞研究部已制定有台账管理制度，放射性废物的来源和去向都有完整记录并长期保存，并由专人进行管理，建设单位还将定期对单位内部所有的放射性物质进行核查，确保“物-账”统一。

(3) 人员出入控制

为限制无关人员进入辐射工作场所，在控制区出入口设置门禁系统，防止非授权人员进入。

4.2.3.2 防火措施

东莞研究部 CSNS 园区已按规范设置火灾自动报警系统。火灾报警控制器

(联动型)设置在消防值班室,在各子项可能发生火灾危险的房间或区域设置离子型感烟探测器或感温探测器进行监测,一旦发生火灾,立即自动发出火灾报警信号,实现火灾早期预报,以便及时采取相应的措施;在每个楼梯对面设置火灾报警器;在走廊、各主要出入口、门厅等设置手动报警按钮及声光报警器;在公区走廊设置有广播扬声器以便突发情况的消息通知。火灾报警系统各种设备之间均采用总线制式的探测报警连线,所有报警信号、反馈信号均传送至火灾报警控制器,由消防值班人员进行判断确认,然后采取消防联动措施进行灭火及人员疏散。

4.2.3.3 防渗措施

改造后甲级场所正常运行期间工艺系统不产生放射性废液,生产场所的防渗措施主要是放射性废液收集暂存设施的防渗。

项目已在地下一层设置废液收集罐,废液罐为不锈钢材质,能确保做到辐射防护的同时,又防止废液对罐体的腐蚀,最大程度的预防放射性废液的泄漏。此外,本项目专门挑选了密封性好、质量可靠的泵和阀门,与放射性废液管道采用焊接形式,减少了潜在的泄漏,贮槽房间还设置了不锈钢覆面,即使贮槽泄露时,也可包容全容积的废液量。

4.2.4 辐射安全与防护措施要求对照分析

本项目放射性工作场所属于甲级非密封放射性物质操作场所,根据《甲级非密封放射性物质操作场所监督检查程序》(NNSA HQ-08-JD-IP-005),本项目辐射安全防护设施对照情况如下。

表 4.2-2 辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	检查项目	落实情况	备注
1	工作场所功能、设置及分区布局	设计中已具备	/
2	场所分区的管控措施及标识	设计中已具备	/
3	场所设施 电离辐射警示标志	拟设置	/
4	卫生通过间	设计中已具备	/
5	通风系统完整性及效能	设计中已具备	/

序号	检查项目	落实情况	备注
6	排风过滤器	设计中已具备	/
7	密封箱室	设计中已具备	/
8	屏蔽防护设施	设计中已具备	/
9	防过热或超压保护	不涉及	/
10	防止放射性液体操作造成污染的措施	不涉及	/
11	机械手或其他远距离操作工具	设计中已具备	/
12	火灾报警仪	拟设置	/
13	放射性废水处理系统及标识	依托	/
14	放射性物料与成品暂存场所或设施	依托	/
15	放射性固体废物暂存场所或设施	依托	/
16	安保设施	依托	/
17	防火设备、应急出口	拟设置	/
18	人员出口污染监测仪	拟设置	/
19	固定式辐射监测报警仪	依托	/
20	移动式气溶胶取样监测设备	拟设置	/
21	便携式表面沾污仪	依托	/
22	便携式辐射监测仪	依托	/
23	个人剂量计	依托	/
24	个人剂量报警仪	依托	/
25	防护用品	个人辐射防护用品	拟设置 /
26	应急物资	去污用品和应急物资	拟设置 /
27		合适的灭火器材	拟设置 /
28		放射性同位素应急容器	拟设置 /

4.3 三废的治理

4.3.1 放射性污染物治理措施

4.3.1.1 放射性废气处理措施

根据《中国散裂中子源二期工程核技术利用建设项目环境影响报告书》，靶站通风系统包括废气排风系统（HOG）、主控制区通风系统（PCE）和次控制区通风系统（SCE）。

(1) 废气排风系统 (HOG)：主要负责水冷却系统储水罐顶部废气、中子束线开关设备抽真空的废气的排风，即来自工艺设备的排气，经核级高效过滤器 (2 级，过滤效率 99.97%)，由密闭风机排气，废气最终传输至排风中心烟囱高空排放。

(2) 主控制区通风系统 (PCE)：主要负责气态放射性活度较高的控制区，即来自靶站顶部大厅、顶部大厅过渡间、热室过渡间、热室、延迟罐间、靶站屏蔽体、真空排气、取样间手套箱以及 11# 谱仪等区域的排气，经核级高效过滤器 (2 级，过滤效率 99.97%)，由密闭风机排气，废气最终传输至排风中心烟囱高空排放。

(3) 次控制区通风系统 (SCE)：负责包括固体废物间、液体废物间、水冷却设备间、储水罐间、污水罐间、取样间、维修间、电气间、中子开关泵房、PCE-HOG 过滤器间、低放废水间、地下室走廊、操作间、SCE 过滤器间以及 CS NS-I 已建成的三条谱仪散射室区域的排风。即来自上述区域的排气，经核级高效过滤器 (1 级，过滤效率 99.97%)，由密闭风机排气，废气最终传输至排风中心烟囱高空排放。

本次靶站热室改造不新增通排风系统，仅增加部分风管、风机和过滤装置。改造后场所通排风系统的详细情况如下：

(1) 大热室的排风系统

原靶站热室通过主控制区通风系统 (PCE) 进行排风，废气经 PCE 系统的高效过滤器过滤后由排风管道引至东莞研究部通风中心 30m 高的烟囱排放。

靶站热室改造不改变原有排风系统 PCE，仅在原排风系统新增了气帐循环通风系统，该循环系统设置了高效过滤装置，过滤效果可达 99.99%，废气先通过气帐循环通风系统的高效过滤装置 (本次新增)，再排入靶站热室 PCE 系统的高效过滤器过滤后，由排风管道引至东莞研究部通风中心 30m 高的烟囱排放。

大热室的排风系统的排风量为 $3200\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数为 5-10 次。

(2) 大热室操作间的排风系统

本次改造不改变原大热室操作间的排风系统，排风系统为利旧，大热室操作间通过次控制区通风系统 (SCE) 进行排风，废气经 SCE 系统的高效过滤器过

滤后由排风管道引至东莞研究部通风中心 30m 高的烟囱排放。操作间排风量为 $150\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数为 20 次。

（3）样品处理热室通排风系统

本次改造将原氦设备间改造为样品处理热室间，新建 1 套样品处理热室及手套箱。本次改造不改变原氦设备间的场所排风，原氦设备间通过次控制区通风系统（SCE）进行排风，废气经 SCE 系统的高效过滤器过滤后由排风管道引至东莞研究部通风中心 30m 高的烟囱排放。

新增风管和过滤装置用于样品处理热室及手套箱内部排风，接入主控制区通风系统（PCE）。手套箱和热室产生的废气经设备自带高效过滤器过滤后，再通过 PCE 高效过滤器过滤后（两级过滤效果可达 99.99%），由排风管道引至东莞研究部通风中心 30m 高的烟囱排放。其中手套箱的排风量为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数为 10 次，热室的排风量为 $150\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数为 20 次。

（4）卫生通过间通风系统

本次改造将原过渡间部分改造为卫生通过间。

原过渡间通过主控制区通风系统（PCE）进行排风，废气经 PCE 系统的高效过滤器过滤后由排风管道引至东莞研究部通风中心 30m 高的烟囱排放。

本次改造卫生通过间（包含更衣间、淋浴间、检测间等）不新增排风系统仅增加部分风管接入次控制区通风系统（SCE）进行排风，总排风量为 $1030\text{m}^3/\text{h}$ 。

桶，厚度 100mm。另外 1 个用于收集气帐薄膜、手套等放射性固体废物，废物桶为碳钢屏蔽桶，厚度 50mm。

CSNS 园区靶站热室地下负一层已设置了放射性固体废物暂存间，通过吊运将放射性废物屏蔽桶吊运至放射性固体废物暂存间进行暂存，固体废物暂存间容积约为 1960m³，可容纳至少 5 年放射性固体废物的储存，储存期满后经监测满足清洁解控标准的进行解控，不满足相关标准要求送有资质的单位进行处置。外运的方式，则是通过吊运，从地下室，经过渡间，直接吊运到靶站大厅吊装口货车上。

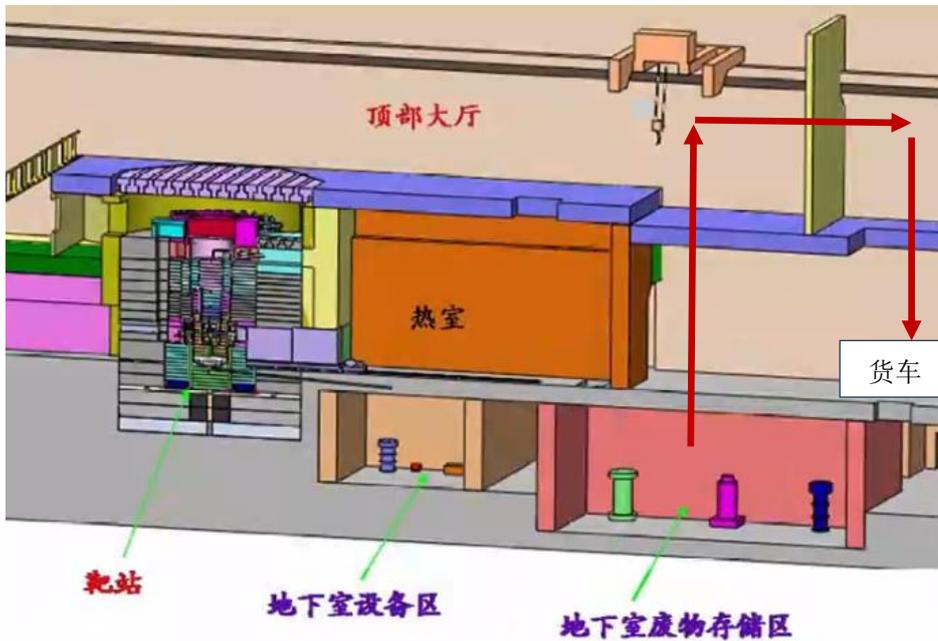


图 4.3-2 废物吊运示意图

4.3.2 非放污染物治理措施

4.3.2.1 非放废气处理措施

改造后甲级场所正常运行期间不产生非放废气。

4.3.2.2 非放废水处理措施

改造后甲级场所正常运行期间不产生非放生产废水的排放。项目运营期不新增工作人员，工作人员均来自散裂中子源现有工作人员，因此不新增生活污水排放。生活污水经 CSNS 园区生活污水收集与处理系统，收集后排向东莞市城市下水管网。

4.3.2.3 非放固废处理措施

非放射性固体废物主要为工作人员生活垃圾，项目不新增工作人员，项目工作人员均为散裂中子源现有工作人员，因此不新增生活垃圾。生活垃圾集中收集后，由环卫部门定期清运。

4.3.2.4 噪声处理措施

改造后甲级场所运行期间主要噪声源为取样测试设备以及风机等，噪声值约75-95dB(A)。选择先进可靠的低噪声设备，根据各噪声源的特性，采取减振、隔声和消声等降噪措施。

4.4 服务期满后的环境保护措施

本次 CSNS 核心部件退役取样测试项目拟将 CSNS 园区靶站谱仪大厅的靶站热室区域改造为甲级非密封放射性物质工作场所，上述非密封放射性物质工作场所服务期满后，建设单位需根据相关要求实施场所退役。

4.4.1 设计阶段对退役实施的考虑

(1) 改造后靶站热室为非密封放射性物质操作场所，本项目不涉及易撒漏的放射性物质，放射性核素各环节操作均在热室和屏蔽工作箱中进行，尽可能减少非密封放射性物质的扩散，并减小污染区域的面积；

(2) 项目依托 CSNS 园区现有的放射性废物暂存区，放射性固体废物在产生点进行收集，集中处理，尽可能实现废物最小化。

4.4.2 退役环保措施

(1) 建设单位需根据《核技术利用设施退役核安全导则》(HAD401/14-2021)要求编制退役方案，并在正式开展退役活动前编制退役环境影响评价，并取得生态环境主管部门许可后才能正式按照方案实施退役活动。

(2) 在退役过程中需先进行源项调查，对无法达到解控水平的设施、设备需先进行去污工作，对无法去污的需进行集中暂存收集衰变或交由资质单位进行回收处理。

(3) 实施退役工作人员应作为辐射工作人员进行管理，并做好个人防护。

(4) 退役过程按《核技术利用项目放射性废物最小化》(HAD401/11-2020)

进行放射性废物的分类和整备，并通过源头控制、再循环与再利用、清洁解控、处理优化及强化管理，是最终放射性固体废物产生量（体积和活度）减小至可合理达到的尽量低的水平。

第五章 环境影响分析

5.1 建设阶段对环境的影响

施工期排放的污染物主要包括大气污染物、水污染物、噪声及固体废物，这些污染物的排放只存在于建设施工阶段，因此其对环境的影响也仅限于建设施工阶段。

5.1.1 施工期废气环境影响分析

5.1.1.1 施工期废气来源

施工期产生的最主要的大气污染物是扬尘，此外还有少量的其他废气污染源，如施工机械设备燃料燃烧排放的废气、装饰装修使用的油漆、人造板、含某些有害物质（如苯系物、甲醛、酚等）的涂料等产生的有机废气。

(1)扬尘

施工期扬尘来源主要包括：

①各种建筑材料（如白灰、水泥、沙、石子、砖等）、建筑垃圾临时堆放过程中产生的扬尘；

②各种建筑物料、建筑垃圾装卸过程中产生的扬尘。

(2)施工机械设备燃料燃烧排放的废气

施工期间，使用设备和建筑机械设备的运转，均会排放一定量的 CO、NO_x 以及未完全燃烧的碳氢化合物等，其特点是排放量小，属间断性排放。

(3)装饰装修阶段排放的废气

装饰工程施工如漆、涂、磨、刨、钻、砂等装饰作业以及使用某些装饰材料如油漆、人造板、含某些有害物质（如苯系物、甲醛、酚等）的涂料等将释放少量有机废气。

5.1.1.2 施工期大气环境影响

项目施工期废气主要来源为施工扬尘、施工机械运行产生的废气以及装修阶段的油漆废气，其中以施工扬尘对空气环境质量的影响最大。

工程施工时，施工垃圾的清理及堆放、装卸材料等均可能产生扬尘。一般情况下，其产生量在有风旱季晴天多于无风和雨季，动态施工多于静态作业。

经综合对比分析，认为项目施工过程中的施工扬尘是大气污染因子中对区域大气环境影响最大的一项。因此，在本项目施工期大气环境影响方面，重点分析施工扬尘对项目周围环境的影响。

根据类比调查，一般情况下，施工场地、施工道路在自然风作用下产生的扬尘所影响的范围在 100m 以内。

抑制扬尘的一个简洁有效的措施是洒水。如果在施工期内对施工现场实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70% 左右。

施工扬尘的另一种重要产生方式是建筑材料的露天堆放和搅拌作业，这类扬尘的主要特点是受作业时风速大小的影响显著。因此，禁止在大风天气时进行此类作业；同时，减少建筑材料的露天堆放是抑制这类扬尘的一种有效手段。

建设施工期产生扬尘是无法避免的，但其产生量和影响范围是可以控制的，因此本环评提出相应的扬尘控制措施。只要项目施工期做到文明施工，严格落实各项扬尘控制措施，则可有效控制施工期扬尘对环境空气质量影响，使其对环境空气的影响达到可接受的水平。

(2) 施工期其他废气的环境影响

本项目施工期废气的另一来源是施工机械排放的燃油废气和装修阶段的油漆废气。

施工期间，使用机动车运送原材料、设备和建筑机械等设备的运转，均会排放一定量的 CO、NO_x 以及未完全燃烧的碳氢化合物等，其特点是排放量小，属间断性排放，这些废气排入大气后可得到有效的稀释扩散，对环境的影响甚微。

油漆废气主要产生于室内室外装修阶段，由有机溶剂挥发产生。油漆废气排放属间断性排放，排放源分散，其产生、排放量很小，且该类废气的挥发释出是一个较为缓慢的过程，因此对项目所在区域的环境空气质量影响不大。

(3) 施工期大气环境影响的总体评述

综上所述，项目的施工将会对项目所在地环境空气质量造成一定的影响，主要影响因子是施工扬尘。这些影响是短期的，随着施工期的结束也会结束。

在项目施工阶段将采取有针对性的大气污染控制措施，因此，对项目所在地环境空气质量的影响较小。

5.1.1.3 施工期扬尘控制措施

施工期扬尘控制措施如下：

①禁止在有风天气进行渣土堆放作业，建材堆放地点要相对集中，减少建材的露天堆放时间。

②不准高空抛洒建渣；不准现场搅拌混凝土；不准场地积水；不准现场焚烧废弃物。

5.1.2 施工期废水及其环境影响

5.1.2.1 施工期废水来源及产生量

施工期产生的废水主要包括施工生产废水和施工人员生活污水。

(1)施工生产废水

施工期的生产废水主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保潮、墙体的浸润、材料的洗刷等。该部分废水中的主要污染因子为SS、COD、石油类，污水中COD浓度值最高约600mg/L、SS约1000mg/L。根据项目改造工程量，本次改造施工期较短，施工废水产生量较少。

(2)施工人员生活污水

本项目建设施工高峰期施工人员以10人计，生活用水排放按 $0.05\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ 计算，日生活污水约 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，以排放系数0.8计，排放量约为 $0.4\text{m}^3/\text{d}$ 。

根据有关资料中的监测统计平均值，生活污水中 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和SS的浓度依次约为400mg/L、200mg/L、30mg/L和400mg/L。

5.1.2.2 施工期废水对地表水环境的影响

施工过程中上述各类废水若不经处理或处理不当，将影响地表水水质，短期内使地表水水质超标，危害环境。因此，施工期废水不应任意排放。分别针对施工废水和施工生活污水采取有针对性的控制措施后，项目施工期废水对周围地表水环境影响甚微。

5.1.2.3 施工期水污染物控制措施

施工时严禁将施工废水及施工生活污水直接排入地表水。本项目生活污水经CSNS园区生活污水收集与处理系统，收集后排向东莞市城市下水管网。

5.1.3 施工期噪声及其环境影响

5.1.3.1 施工期主要噪声源及源强

建设施工期主要噪声源为各种施工机械及运输车辆。类比同类型项目，各施工阶段典型施工机械及运输车辆作业时的噪声源强分别见表错误!文档中没有指定样式的文字。-1、表错误!文档中没有指定样式的文字。-2。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-1 典型建筑施工机械噪声源强（单位：dB(A)）

施工阶段	声源	声源强度*
改造施工	混凝土输送泵	80~90
	振捣器	90~95
	电锯	90~95
	搅拌机	90~95
	电钻、手工钻等	90~95
	电锤	90~95
	无齿锯	95

表错误!文档中没有指定样式的文字。-2 交通运输车辆噪声（单位：dB(A)）

施工阶段	运输内容	车辆类型	声源强度
改造施工	建筑弃渣等	大型载重车	84~89
	钢筋、混凝土等	混凝土罐车、载重车	80~85
	各种装修材料及设备	轻型载重卡车	75~80

5.1.3.2 施工期噪声影响预测与评价

(1) 预测模式

引起声波衰减的因素有距离、空气吸收、围墙阻隔等。保守估算，预测只考虑距离衰减。施工场地的施工机械可近似视为点声源处理，预测模式采用《环境影响评价技术导则—声环境》（HJ2.4-2021）无指向性点声源几何发散衰减公式。

$$L_A(r)=L_{Aref}(r_0)-20lg(r/r_0) \quad \text{式 5.1-1}$$

式中： $L_A(r)$ ---距声源 r 处的 A 声级，dB(A)；

$L_{Aref}(r_0)$ ---距声源 r_0 处的 A 声级，dB(A)；

r 、 r_0 ---距声源的距离，m。

(2) 预测结果

在不考虑施工围墙对噪声的隔声作用的情况下，预测施工各阶段最强噪声源在不同距离处的噪声贡献值，结果列于表错误!文档中没有指定样式的文字。-3 中。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-3 土建施工噪声预测结果 (dB(A))

噪声源强值		预测距离(m)							建筑施工场界噪声 排放标准 (GB12523-2011)	
		10	20	25	50	100	150	200	昼间	夜间
结构	95	75.0	69.0	67.0	61.0	55.0	51.5	49.0	70	55
装修	95	75.0	69.0	67.0	61.0	55.0	51.5	49.0	70	55

(3)施工期噪声影响评价

①施工噪声对厂界的影响

由表 5.1-3 可以看出，施工期间产生的噪声昼间在大于 20m 处可以达到《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-90)要求，夜间在大于 150m 处能够达标。

②施工噪声对环境的影响

本项目施工地点距最近的敏感目标的最近距离大于 200m，因此项目施工噪声对外环境影响甚微。

5.1.3.3 施工期噪声的控制措施

对于噪声的控制，通常可通过对噪声源、噪声传播路线和噪声受体三个方面采取措施。首先考虑对噪声源和传播路线的控制，其次，如有必要采取对噪声受体的控制措施。

为降低施工噪声对声环境的影响，应采取如下噪声控制措施：

- ①选用低噪设备，并采取有效的隔声减振措施。
- ②合理安排施工工序，尽量缩短施工周期。
- ③合理安排施工时间，将强噪声作业尽量安排在白天进行，尽量避免夜间施工。
- ④文明施工，装卸、搬运钢管、模板等严禁抛掷。

总体而言，施工期噪声影响是暂时的，并随着施工期的结束而消失，由于施工期多数区域人口密度小，在采取相应的防护措施后，施工期不会对评价范围内声环境产生明显的不利影响。

5.1.4 施工期固体废物及其环境影响

5.1.4.1 施工期固体废物的来源

(1)建筑垃圾

项目建设施工过程中产生的建筑垃圾主要包括混凝土废料、含砖、石、砂的杂土等，建筑垃圾产生量约 5.4t。

(2)施工人员生活垃圾

施工人员生活垃圾包括就餐垃圾、塑料餐具、杯、袋及其它生活日用品废弃物。

5.1.4.2 施工期固体废物的环境影响

施工过程中产生的建筑垃圾要及时清运、加以利用；生活垃圾如不及时清运处理，则会腐烂变质，滋生蚊虫苍蝇，产生恶臭，传染疾病，从而对周围环境和作业人员的健康带来不利影响，因此应及时清运并进行处置。

针对项目施工期产生的固体废物采取处理处置措施，使建筑垃圾和生活垃圾得到清洁处理和处置，减小施工期产生的固体废物对周围环境的影响。

5.1.4.3 施工期固体废物的控制措施

(1)建筑垃圾处理

在施工现场设置建筑废弃物临时堆场（树立标示牌）并进行防雨、防泄漏处理。施工生产废料应首先考虑回收利用，对钢筋、钢板、木材等下角料分类回收，交废物收购站处理；对不能回收的建筑垃圾，如混凝土废料、含砖、石、砂的杂土等应集中堆放，定时清运到指定的建筑垃圾场，以免影响环境质量。建筑垃圾清运合同中要明确建筑垃圾不能随意堆放，转运至政府部门指定的建筑垃圾场进行妥善处置。

(2)生活垃圾处理

施工人员生活垃圾将依托现有垃圾暂存点统一收集，由环卫部门清运至垃圾处理场集中处理。

5.2 运行阶段对环境的影响

5.2.1 场所辐射水平

根据《辐射防护手册》第三分册（李德平、潘自强主编，原子能出版社）， γ 射线点源的剂量率计算公式可以表示为以下形式：

$$X_a = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} \cdot f \quad \text{式 5.2-1}$$

$$f = 10^{-\frac{x}{TVL}} \quad \text{式 5.2-2}$$

$$D_a = 8.69 \times 10^{-3} \cdot X_a \quad \text{式 5.2-3}$$

其中：

X_a ——照射量率，单位 R/h ；

A ——放射性活度，单位 Ci ；

Γ ——照射量率常数，单位 $R m^2 h^{-1} Ci^{-1}$ ；

r ——计算点与放射源之间的距离，单位 m ；

f ——减弱因子；

x ——屏蔽层厚度，单位 mm ；

TVL ——什值层厚度，单位 mm ；

D_a ——空气吸收剂量率，单位 Gy/h 。

主要计算参数如下表所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-4 大热室辐射水平计算参数

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
H-3	1.81E+11	0.000E+00	前板	3	1000	重混凝土	/	/	0.000E+00
Na-22	2.52E+09	1.210E+00					158.24	4.79E-07	3.812E-11
Cl-36	4.67E+07	8.400E-01					182.79	3.38E-06	3.463E-12
Mn-54	2.54E+10	4.700E-01					136.79	4.89E-08	1.523E-11
Fe-55	5.46E+10	0.000E+00					/	/	0.000E+00
Co-57	2.29E+10	9.600E-02					36.04	1.78E-28	1.019E-32
Co-58	7.62E+09	5.450E-01					235.62	5.70E-05	6.176E-09
Co-60	3.56E+10	1.320E+00					159.97	5.61E-07	6.880E-10
Ni-63	1.09E+12	0.000E+00					/	/	0.000E+00
Zn-65	3.94E+07	3.140E-01					153.47	3.05E-07	9.837E-14
Nb-93m	4.94E+10	1.000E-01					3.88	3.42E-258	4.403E-262
Cd-109	2.35E+09	0.000E+00					/	/	0.000E+00
Ce-139	3.29E+09	6.500E-02					45.73	1.36E-22	7.584E-28
Pm-143	4.70E+09	2.560E-01					129.36	1.86E-08	5.841E-13
Pm-146	9.53E+07	6.630E-01					129.78	1.97E-08	3.249E-14
Pm-147	1.82E+08	7.200E-07					56.37	1.82E-18	6.237E-30
Sm-145	6.11E+09	4.200E-03					108.64	6.24E-10	4.181E-16
Eu-149	1.13E+08	8.800E-02					114.67	1.90E-09	4.937E-16
Eu-152	5.17E+09	5.600E-01					162.24	6.86E-07	5.184E-11
Eu-154	8.23E+08	6.340E-01					158.23	4.79E-07	6.520E-12
Eu-155	1.73E+08	2.320E-02	25.75	1.48E-39	1.553E-46				

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)				
					厚度 (mm)	材料							
Gd-151	2.35E+09	1.180E-01					145.83	1.39E-07	1.005E-12				
Gd-153	4.84E+09	2.600E-02					25.05	1.20E-40	3.938E-46				
Tb-160	1.56E+09	6.000E-01					147.29	1.62E-07	3.969E-12				
Dy-159	4.23E+09	5.000E-02					10.56	2.01E-95	1.109E-100				
Lu-172	1.03E+10	9.800E-01					168.66	1.18E-06	3.101E-10				
Lu-173	1.46E+10	2.000E-01					120.89	5.34E-09	4.073E-13				
Hf-172	8.93E+09	3.200E-01					33.21	7.74E-31	5.773E-35				
Ta-179	1.55E+10	0.000E+00					/	/	0.000E+00				
Ta-182	3.29E+09	6.900E-01					158.67	4.99E-07	2.954E-11				
W-181	7.71E+10	2.400E-03					41.33	6.33E-25	3.058E-30				
W-185	6.30E+10	1.370E-05					32.32	1.15E-31	2.597E-39				
总量	1.70E+12	/					/	/	7.33E-09				
H-3	1.81E+11	0.000E+00					顶部	9	1000	重混凝土	/	/	0.00E+00
Na-22	2.52E+09	1.210E+00									158.24	4.79E-07	4.24E-12
Cl-36	4.67E+07	8.400E-01	182.79	3.38E-06	3.85E-13								
Mn-54	2.54E+10	4.700E-01	136.79	4.89E-08	1.69E-12								
Fe-55	5.46E+10	0.000E+00	/	/	0.00E+00								
Co-57	2.29E+10	9.600E-02	36.04	1.78E-28	1.13E-33								
Co-58	7.62E+09	5.450E-01	235.62	5.70E-05	6.86E-10								
Co-60	3.56E+10	1.320E+00	159.97	5.61E-07	7.64E-11								
Ni-63	1.09E+12	0.000E+00	/	/	0.00E+00								
Zn-65	3.94E+07	3.140E-01	153.47	3.05E-07	1.09E-14								

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Nb-93m	4.94E+10	1.000E-01					3.88	3.42E-258	4.89E-263
Cd-109	2.35E+09	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Ce-139	3.29E+09	6.500E-02					45.73	1.36E-22	8.43E-29
Pm-143	4.70E+09	2.560E-01					129.36	1.86E-08	6.49E-14
Pm-146	9.53E+07	6.630E-01					129.78	1.97E-08	3.61E-15
Pm-147	1.82E+08	7.200E-07					56.37	1.82E-18	6.93E-31
Sm-145	6.11E+09	4.200E-03					108.64	6.24E-10	4.65E-17
Eu-149	1.13E+08	8.800E-02					114.67	1.90E-09	5.49E-17
Eu-152	5.17E+09	5.600E-01					162.24	6.86E-07	5.76E-12
Eu-154	8.23E+08	6.340E-01					158.23	4.79E-07	7.24E-13
Eu-155	1.73E+08	2.320E-02					25.75	1.48E-39	1.73E-47
Gd-151	2.35E+09	1.180E-01					145.83	1.39E-07	1.12E-13
Gd-153	4.84E+09	2.600E-02					25.05	1.20E-40	4.38E-47
Tb-160	1.56E+09	6.000E-01					147.29	1.62E-07	4.41E-13
Dy-159	4.23E+09	5.000E-02					10.56	2.01E-95	1.23E-101
Lu-172	1.03E+10	9.800E-01					168.66	1.18E-06	3.45E-11
Lu-173	1.46E+10	2.000E-01					120.89	5.34E-09	4.53E-14
Hf-172	8.93E+09	3.200E-01					33.21	7.74E-31	6.41E-36
Ta-179	1.55E+10	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Ta-182	3.29E+09	6.900E-01					158.67	4.99E-07	3.28E-12
W-181	7.71E+10	2.400E-03					41.33	6.33E-25	3.40E-31
W-185	6.30E+10	1.370E-05					32.32	1.15E-31	2.89E-40

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
总量	1.70E+12	/					/	/	8.14E-10
H-3	1.81E+11	0.000E+00	侧板 (卫 生通过 间)	10	1000	重混凝土	/	/	0.00E+00
Na-22	2.52E+09	1.210E+00					158.24	4.79E-07	3.43E-12
Cl-36	4.67E+07	8.400E-01					182.79	3.38E-06	3.12E-13
Mn-54	2.54E+10	4.700E-01					136.79	4.89E-08	1.37E-12
Fe-55	5.46E+10	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Co-57	2.29E+10	9.600E-02					36.04	1.78E-28	9.17E-34
Co-58	7.62E+09	5.450E-01					235.62	5.70E-05	5.56E-10
Co-60	3.56E+10	1.320E+00					159.97	5.61E-07	6.19E-11
Ni-63	1.09E+12	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Zn-65	3.94E+07	3.140E-01					153.47	3.05E-07	8.85E-15
Nb-93m	4.94E+10	1.000E-01					3.88	3.42E-258	3.96E-26 3
Cd-109	2.35E+09	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Ce-139	3.29E+09	6.500E-02					45.73	1.36E-22	6.83E-29
Pm-143	4.70E+09	2.560E-01					129.36	1.86E-08	5.26E-14
Pm-146	9.53E+07	6.630E-01					129.78	1.97E-08	2.92E-15
Pm-147	1.82E+08	7.200E-07					56.37	1.82E-18	5.61E-31
Sm-145	6.11E+09	4.200E-03					108.64	6.24E-10	3.76E-17
Eu-149	1.13E+08	8.800E-02					114.67	1.90E-09	4.44E-17
Eu-152	5.17E+09	5.600E-01					162.24	6.86E-07	4.67E-12
Eu-154	8.23E+08	6.340E-01					158.23	4.79E-07	5.87E-13

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)				
					厚度 (mm)	材料							
Eu-155	1.73E+08	2.320E-02					25.75	1.48E-39	1.40E-47				
Gd-151	2.35E+09	1.180E-01					145.83	1.39E-07	9.04E-14				
Gd-153	4.84E+09	2.600E-02					25.05	1.20E-40	3.54E-47				
Tb-160	1.56E+09	6.000E-01					147.29	1.62E-07	3.57E-13				
Dy-159	4.23E+09	5.000E-02					10.56	2.01E-95	9.98E-10 2				
Lu-172	1.03E+10	9.800E-01					168.66	1.18E-06	2.79E-11				
Lu-173	1.46E+10	2.000E-01					120.89	5.34E-09	3.67E-14				
Hf-172	8.93E+09	3.200E-01					33.21	7.74E-31	5.20E-36				
Ta-179	1.55E+10	0.000E+00					/	/	0.00E+00				
Ta-182	3.29E+09	6.900E-01					158.67	4.99E-07	2.66E-12				
W-181	7.71E+10	2.400E-03					41.33	6.33E-25	2.75E-31				
W-185	6.30E+10	1.370E-05					32.32	1.15E-31	2.34E-40				
总量	1.70E+12	/					/	/	6.59E-10				
H-3	1.81E+11	0.000E+00					样品处理 热室操作 位	5	1000 250	重混凝土 Q235 钢板	/	0.00E+0 0	0.00E+00
Na-22	2.52E+09	1.210E+00									/	3.91E-1 0	1.12E-14
Cl-36	4.67E+07	8.400E-01	/	5.37E-0 9	1.98E-15								
Mn-54	2.54E+10	4.700E-01	/	1.17E-1 1	1.32E-15								

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Fe-55	5.46E+10	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Co-57	2.29E+10	9.600E-02					/	6.34E-45	1.31E-49
Co-58	7.62E+09	5.450E-01					/	2.75E-29	1.07E-33
Co-60	3.56E+10	1.320E+00					/	5.01E-10	2.21E-13
Ni-63	1.09E+12	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	3.94E+07	3.140E-01					/	1.91E-10	2.22E-17
Nb-93m	4.94E+10	1.000E-01					/	0.00E+00	0.00E+00
Cd-109	2.35E+09	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	3.29E+09	6.500E-02					/	5.67E-35	1.14E-40
Pm-143	4.70E+09	2.560E-01					/	2.71E-12	3.06E-17
Pm-146	9.53E+07	6.630E-01					/	2.96E-12	1.76E-18

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Pm-147	1.82E+08	7.200E-07					/	3.35E-2 8	4.12E-40
Sm-145	6.11E+09	4.200E-03					/	1.54E-1 4	3.71E-21
Eu-149	1.13E+08	8.800E-02					/	8.47E-1 4	7.91E-21
Eu-152	5.17E+09	5.600E-01					/	6.87E-1 0	1.87E-14
Eu-154	8.23E+08	6.340E-01					/	3.90E-1 0	1.91E-15
Eu-155	1.73E+08	2.320E-02					/	8.46E-6 5	3.19E-72
Gd-151	2.35E+09	1.180E-01					/	5.70E-1 1	1.48E-16
Gd-153	4.84E+09	2.600E-02					/	7.50E-6 7	8.87E-73
Tb-160	1.56E+09	6.000E-01					/	7.22E-1 1	6.35E-16
Dy-159	4.23E+09	5.000E-02					/	7.61E-1 63	1.51E-16 8
Lu-172	1.03E+10	9.800E-01					/	1.60E-0 9	1.52E-13

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Lu-173	1.46E+10	2.000E-01					/	4.08E-13	1.12E-17
Hf-172	8.93E+09	3.200E-01					/	5.01E-49	1.35E-53
Ta-179	1.55E+10	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Ta-182	3.29E+09	6.900E-01					/	4.16E-10	8.87E-15
W-181	7.71E+10	2.400E-03					/	7.15E-39	1.24E-44
W-185	6.30E+10	1.370E-05					/	1.77E-50	1.43E-58
总量	1.70E+12	/					/	/	4.17E-13

表错误!文档中没有指定样式的文字。-5 样品处理热室辐射水平计算参数

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
H-3	4.54E+10	0.000E+00	侧板	1	250	Q235 钢板	/	0.000E+00	0.000E+00
Na-22	6.30E+08	1.210E+00					80.94	8.154E-04	1.460E-07
Cl-36	1.17E+07	8.400E-01					89.31	1.587E-03	3.664E-09
Mn-54	1.27E+09	4.700E-01					69.06	2.399E-04	3.364E-08
Fe-55	2.73E+09	0.000E+00					/	0.000E+00	0.000E+00

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Co-57	1.14E+09	9.600E-02					15.20	1.000E-01	9.173E-22
Co-58	3.81E+08	5.450E-01					10.28	1.000E-01	2.349E-29
Co-60	1.78E+09	1.320E+00					81.98	8.926E-04	4.926E-07
Ni-63	5.44E+10	0.000E+00					/	0.000E+00	0.000E+00
Zn-65	9.86E+06	3.140E-01					78.08	1.000E-01	4.568E-10
Nb-93m	1.23E+10	1.000E-01					1.30	9.988E-194	2.885E-197
Cd-109	5.88E+08	0.000E+00					/	0.000E+00	0.000E+00
Ce-139	8.23E+08	6.500E-02					20.20	4.175E-13	5.246E-18
Pm-143	1.18E+09	2.560E-01					65.16	1.457E-04	1.034E-08
Pm-146	2.38E+07	6.630E-01					65.38	1.501E-04	5.563E-10
Pm-147	4.55E+07	7.200E-07					25.68	1.835E-10	1.412E-21
Sm-145	1.53E+09	4.200E-03					54.26	2.468E-05	3.724E-11
Eu-149	2.81E+07	8.800E-02					57.45	4.452E-05	2.585E-11
Eu-152	1.29E+09	5.600E-01					83.35	1.001E-03	1.698E-07
Eu-154	2.06E+08	6.340E-01					80.94	8.152E-04	2.501E-08
Eu-155	4.33E+07	2.320E-02					9.90	5.709E-26	1.347E-32
Gd-151	5.88E+08	1.180E-01					73.81	4.101E-04	6.684E-09
Gd-153	1.21E+09	2.600E-02					9.54	6.255E-27	4.621E-32
Tb-160	3.90E+08	6.000E-01					74.58	4.445E-04	2.443E-08
Dy-159	1.06E+09	5.000E-02					3.71	3.786E-68	4.713E-73
Lu-172	2.59E+09	9.800E-01					87.19	1.358E-03	8.095E-07
Lu-173	3.64E+09	2.000E-01					60.72	7.630E-05	1.305E-08

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Hf-172	2.23E+09	3.200E-01					13.74	6.474E-19	1.085E-22
Ta-179	3.88E+09	0.000E+00					/	0.000E+00	0.000E+00
Ta-182	8.23E+08	6.900E-01					81.20	8.344E-04	1.113E-07
W-181	1.93E+10	2.400E-03					17.93	1.130E-14	1.229E-19
W-185	1.57E+10	1.370E-05					13.29	1.532E-19	7.738E-27
总量	1.70E+12	/					/	/	1.85E-06
H-3	4.54E+10	0.000E+00					前板	1.5	250
Na-22	6.30E+08	1.210E+00	80.94	8.154E-04	6.49E-08				
Cl-36	1.17E+07	8.400E-01	89.31	1.587E-03	1.63E-09				
Mn-54	1.27E+09	4.700E-01	69.06	2.399E-04	1.49E-08				
Fe-55	2.73E+09	0.000E+00	/	0.000E+00	0.00E+00				
Co-57	1.14E+09	9.600E-02	15.20	1.000E-01	4.08E-22				
Co-58	3.81E+08	5.450E-01	10.28	1.000E-01	1.04E-29				
Co-60	1.78E+09	1.320E+00	81.98	8.926E-04	2.19E-07				
Ni-63	5.44E+10	0.000E+00	/	0.000E+00	0.00E+00				
Zn-65	9.86E+06	3.140E-01	78.08	1.000E-01	2.03E-10				
Nb-93m	1.23E+10	1.000E-01	1.30	9.988E-194	1.28E-19 7				
Cd-109	5.88E+08	0.000E+00	/	0.000E+00	0.00E+00				
Ce-139	8.23E+08	6.500E-02	20.20	4.175E-13	2.33E-18				
Pm-143	1.18E+09	2.560E-01	65.16	1.457E-04	4.59E-09				
Pm-146	2.38E+07	6.630E-01	65.38	1.501E-04	2.47E-10				

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)				
					厚度 (mm)	材料							
Pm-147	4.55E+07	7.200E-07					25.68	1.835E-10	6.28E-22				
Sm-145	1.53E+09	4.200E-03					54.26	2.468E-05	1.66E-11				
Eu-149	2.81E+07	8.800E-02					57.45	4.452E-05	1.15E-11				
Eu-152	1.29E+09	5.600E-01					83.35	1.001E-03	7.55E-08				
Eu-154	2.06E+08	6.340E-01					80.94	8.152E-04	1.11E-08				
Eu-155	4.33E+07	2.320E-02					9.90	5.709E-26	5.99E-33				
Gd-151	5.88E+08	1.180E-01					73.81	4.101E-04	2.97E-09				
Gd-153	1.21E+09	2.600E-02					9.54	6.255E-27	2.05E-32				
Tb-160	3.90E+08	6.000E-01					74.58	4.445E-04	1.09E-08				
Dy-159	1.06E+09	5.000E-02					3.71	3.786E-68	2.09E-73				
Lu-172	2.59E+09	9.800E-01					87.19	1.358E-03	3.60E-07				
Lu-173	3.64E+09	2.000E-01					60.72	7.630E-05	5.80E-09				
Hf-172	2.23E+09	3.200E-01					13.74	6.474E-19	4.82E-23				
Ta-179	3.88E+09	0.000E+00					/	0.000E+00	0.00E+00				
Ta-182	8.23E+08	6.900E-01					81.20	8.344E-04	4.95E-08				
W-181	1.93E+10	2.400E-03					17.93	1.130E-14	5.46E-20				
W-185	1.57E+10	1.370E-05					13.29	1.532E-19	3.44E-27				
总量	1.70E+12	/					/	/	8.21E-07				
H-3	4.54E+10	0.000E+00					大热 室操 作位	8	1000 250	重混凝土 Q235 钢板	/	0.00E+00	0.00E+00
Na-22	6.30E+08	1.210E+00									/	3.91E-10	1.09E-15
Cl-36	1.17E+07	8.400E-01	/	5.37E-09	1.94E-16								
Mn-54	1.27E+09	4.700E-01	/	1.17E-11	2.56E-17								

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Fe-55	2.73E+09	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Co-57	1.14E+09	9.600E-02					/	6.34E-45	2.55E-51
Co-58	3.81E+08	5.450E-01					/	2.75E-29	2.10E-35
Co-60	1.78E+09	1.320E+00					/	5.01E-10	4.32E-15
Ni-63	5.44E+10	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	9.86E+06	3.140E-01					/	1.91E-10	2.17E-18
Nb-93m	1.23E+10	1.000E-01					/	0.00E+00	0.00E+00
Cd-109	5.88E+08	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Ce-139	8.23E+08	6.500E-02					/	5.67E-35	1.11E-41
Pm-143	1.18E+09	2.560E-01					/	2.71E-12	3.00E-18
Pm-146	2.38E+07	6.630E-01					/	2.96E-12	1.71E-19
Pm-147	4.55E+07	7.200E-07					/	3.35E-28	4.03E-41
Sm-145	1.53E+09	4.200E-03					/	1.54E-14	3.63E-22
Eu-149	2.81E+07	8.800E-02					/	8.47E-14	7.69E-22
Eu-152	1.29E+09	5.600E-01					/	6.87E-10	1.82E-15
Eu-154	2.06E+08	6.340E-01					/	3.90E-10	1.87E-16
Eu-155	4.33E+07	2.320E-02					/	8.46E-65	3.12E-73
Gd-151	5.88E+08	1.180E-01					/	5.70E-11	1.45E-17
Gd-153	1.21E+09	2.600E-02					/	7.50E-67	8.66E-74
Tb-160	3.90E+08	6.000E-01					/	7.22E-11	6.20E-17
Dy-159	1.06E+09	5.000E-02					/	7.61E-163	1.48E-16 9

核素	活度 (Bq)	照射量率 常数 1 (R m ² h ⁻¹ Ci ⁻¹)	点位	距离 (m)	屏蔽层		什值层 (mm)	减弱因子	剂量率 (Gy/h)
					厚度 (mm)	材料			
Lu-172	2.59E+09	9.800E-01					/	1.60E-09	1.49E-14
Lu-173	3.64E+09	2.000E-01					/	4.08E-13	1.09E-18
Hf-172	2.23E+09	3.200E-01					/	5.01E-49	1.31E-54
Ta-179	3.88E+09	0.000E+00					/	0.00E+00	0.00E+00
Ta-182	8.23E+08	6.900E-01					/	4.16E-10	8.67E-16
W-181	1.93E+10	2.400E-03					/	7.15E-39	1.22E-45
W-185	1.57E+10	1.370E-05					/	1.77E-50	1.40E-59
总量	1.70E+12	/					/	/	2.35E-14

由表错误!文档中没有指定样式的文字。-4 与

H-3	1.81E+11	0.000E+00	顶部	9	1000	重混凝土	/	/	0.00E+00
Na-22	2.52E+09	1.210E+00					158.24	4.79E-07	4.24E-12
Cl-36	4.67E+07	8.400E-01					182.79	3.38E-06	3.85E-13
Mn-54	2.54E+10	4.700E-01					136.79	4.89E-08	1.69E-12
Fe-55	5.46E+10	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Co-57	2.29E+10	9.600E-02					36.04	1.78E-28	1.13E-33
Co-58	7.62E+09	5.450E-01					235.62	5.70E-05	6.86E-10
Co-60	3.56E+10	1.320E+00					159.97	5.61E-07	7.64E-11
Ni-63	1.09E+12	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Zn-65	3.94E+07	3.140E-01					153.47	3.05E-07	1.09E-14
Nb-93m	4.94E+10	1.000E-01					3.88	3.42E-258	4.89E-263
Cd-109	2.35E+09	0.000E+00					/	/	0.00E+00
Ce-139	3.29E+09	6.500E-02					45.73	1.36E-22	8.43E-29
Pm-143	4.70E+09	2.560E-01					129.36	1.86E-08	6.49E-14
Pm-146	9.53E+07	6.630E-01					129.78	1.97E-08	3.61E-15
Pm-147	1.82E+08	7.200E-07					56.37	1.82E-18	6.93E-31
Sm-145	6.11E+09	4.200E-03					108.64	6.24E-10	4.65E-17
Eu-149	1.13E+08	8.800E-02					114.67	1.90E-09	5.49E-17
Eu-152	5.17E+09	5.600E-01					162.24	6.86E-07	5.76E-12
Eu-154	8.23E+08	6.340E-01					158.23	4.79E-07	7.24E-13
Eu-155	1.73E+08	2.320E-02					25.75	1.48E-39	1.73E-47
Gd-151	2.35E+09	1.180E-01					145.83	1.39E-07	1.12E-13
Gd-153	4.84E+09	2.600E-02					25.05	1.20E-40	4.38E-47
Tb-160	1.56E+09	6.000E-01					147.29	1.62E-07	4.41E-13
Dy-159	4.23E+09	5.000E-02					10.56	2.01E-95	1.23E-101
Lu-172	1.03E+10	9.800E-01					168.66	1.18E-06	3.45E-11
Lu-173	1.46E+10	2.000E-01					120.89	5.34E-09	4.53E-14
Hf-172	8.93E+09	3.200E-01	33.21	7.74E-31	6.41E-36				
Ta-179	1.55E+10	0.000E+00	/	/	0.00E+00				
Ta-182	3.29E+09	6.900E-01	158.67	4.99E-07	3.28E-12				
W-181	7.71E+10	2.400E-03	41.33	6.33E-25	3.40E-31				
W-185	6.30E+10	1.370E-05	32.32	1.15E-31	2.89E-40				
总量	1.70E+12	/	/	/	8.14E-10				
H-3	1.81E+11	0.000E+00	侧板 (卫生通过间)	10	1000	重混凝土	/	/	0.00E+00
Na-22	2.52E+09	1.210E+00					158.24	4.79E-07	3.43E-12
Cl-36	4.67E+07	8.400E-01					182.79	3.38E-06	3.12E-13
Mn-54	2.54E+10	4.700E-01					136.79	4.89E-08	1.37E-12

Fe-55	5.46E+10	0.000E+00					/	/	0.00 E+00
Co-57	2.29E+10	9.600E-02					36.04	1.78E-28	9.17 E-34
Co-58	7.62E+09	5.450E-01					235.62	5.70E-05	5.56 E-10
Co-60	3.56E+10	1.320E+00					159.97	5.61E-07	6.19 E-11
Ni-63	1.09E+12	0.000E+00					/	/	0.00 E+00
Zn-65	3.94E+07	3.140E-01					153.47	3.05E-07	8.85 E-15
Nb-93m	4.94E+10	1.000E-01					3.88	3.42E-258	3.96 E-263
Cd-109	2.35E+09	0.000E+00					/	/	0.00 E+00
Ce-139	3.29E+09	6.500E-02					45.73	1.36E-22	6.83 E-29
Pm-143	4.70E+09	2.560E-01					129.36	1.86E-08	5.26 E-14
Pm-146	9.53E+07	6.630E-01					129.78	1.97E-08	2.92 E-15
Pm-147	1.82E+08	7.200E-07					56.37	1.82E-18	5.61 E-31
Sm-145	6.11E+09	4.200E-03					108.64	6.24E-10	3.76 E-17
Eu-149	1.13E+08	8.800E-02					114.67	1.90E-09	4.44 E-17
Eu-152	5.17E+09	5.600E-01					162.24	6.86E-07	4.67 E-12
Eu-154	8.23E+08	6.340E-01					158.23	4.79E-07	5.87 E-13
Eu-155	1.73E+08	2.320E-02					25.75	1.48E-39	1.40 E-47
Gd-151	2.35E+09	1.180E-01					145.83	1.39E-07	9.04 E-14
Gd-153	4.84E+09	2.600E-02					25.05	1.20E-40	3.54 E-47
Tb-160	1.56E+09	6.000E-01					147.29	1.62E-07	3.57 E-13
Dy-159	4.23E+09	5.000E-02					10.56	2.01E-95	9.98 E-102
Lu-172	1.03E+10	9.800E-01					168.66	1.18E-06	2.79

								E-11	
Lu-173	1.46E+10	2.000E-01					120.89	5.34E-09 3.67 E-14	
Hf-172	8.93E+09	3.200E-01					33.21	7.74E-31 5.20 E-36	
Ta-179	1.55E+10	0.000E+00					/	/	
Ta-182	3.29E+09	6.900E-01					158.67	4.99E-07 2.66 E-12	
W-181	7.71E+10	2.400E-03					41.33	6.33E-25 2.75 E-31	
W-185	6.30E+10	1.370E-05					32.32	1.15E-31 2.34 E-40	
总量	1.70E+12	/					/	/	
								6.59 E-10	
H-3	1.81E+11	0.000E+00	样品 处理 热室 操作 位	5	1000 250	重混 凝土 Q235 钢板	/	0.00 E+00	0.00 E+00
Na-22	2.52E+09	1.210E+00					/	3.91 E-10	1.12 E-14
Cl-36	4.67E+07	8.400E-01					/	5.37 E-09	1.98 E-15
Mn-54	2.54E+10	4.700E-01					/	1.17 E-11	1.32 E-15
Fe-55	5.46E+10	0.000E+00					/	0.00 E+00	0.00 E+00
Co-57	2.29E+10	9.600E-02					/	6.34 E-45	1.31 E-49
Co-58	7.62E+09	5.450E-01					/	2.75 E-29	1.07 E-33
Co-60	3.56E+10	1.320E+00					/	5.01 E-10	2.21 E-13
Ni-63	1.09E+12	0.000E+00					/	0.00 E+00	0.00 E+00
Zn-65	3.94E+07	3.140E-01					/	1.91 E-10	2.22 E-17
Nb-93m	4.94E+10	1.000E-01					/	0.00 E+00	0.00 E+00
Cd-109	2.35E+09	0.000E+00					/	0.00 E+00	0.00 E+00
Ce-139	3.29E+09	6.500E-02					/	5.67 E-35	1.14 E-40
Pm-143	4.70E+09	2.560E-01					/	2.71 E-12	3.06 E-17

Pm-146	9.53E+07	6.630E-01					/	2.96 E-12	1.76 E-18
Pm-147	1.82E+08	7.200E-07					/	3.35 E-28	4.12 E-40
Sm-145	6.11E+09	4.200E-03					/	1.54 E-14	3.71 E-21
Eu-149	1.13E+08	8.800E-02					/	8.47 E-14	7.91 E-21
Eu-152	5.17E+09	5.600E-01					/	6.87 E-10	1.87 E-14
Eu-154	8.23E+08	6.340E-01					/	3.90 E-10	1.91 E-15
Eu-155	1.73E+08	2.320E-02					/	8.46 E-65	3.19 E-72
Gd-151	2.35E+09	1.180E-01					/	5.70 E-11	1.48 E-16
Gd-153	4.84E+09	2.600E-02					/	7.50 E-67	8.87 E-73
Tb-160	1.56E+09	6.000E-01					/	7.22 E-11	6.35 E-16
Dy-159	4.23E+09	5.000E-02					/	7.61 E-163	1.51 E-168
Lu-172	1.03E+10	9.800E-01					/	1.60 E-09	1.52 E-13
Lu-173	1.46E+10	2.000E-01					/	4.08 E-13	1.12 E-17
Hf-172	8.93E+09	3.200E-01					/	5.01 E-49	1.35 E-53
Ta-179	1.55E+10	0.000E+00					/	0.00 E+00	0.00 E+00
Ta-182	3.29E+09	6.900E-01					/	4.16 E-10	8.87 E-15
W-181	7.71E+10	2.400E-03					/	7.15 E-39	1.24 E-44
W-185	6.30E+10	1.370E-05					/	1.77 E-50	1.43 E-58
总量	1.70E+12	/					/	/	4.17 E-13

表错误!文档中没有指定样式的文字。-5 可知,本项目大热室内放射性物质对大热室前板外 30cm 处的 γ 剂量率最大为 $7.33 \times 10^{-9} \text{Gy/h}$, 即 $7.33 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$, 小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的控制剂量率; 顶部的 γ 剂量率最大为 $8.14 \times 10^{-10} \text{Gy/h}$, 小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$

的控制剂量率；侧板外 30cm（卫生通过间）的 γ 剂量率最大为 6.59×10^{-10} Gy/h，小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的控制剂量率；样品处理热室操作位的 γ 剂量率最大为 4.17×10^{-13} Gy/h，小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 的控制剂量率；因而场所的辐照水平满足要求。样品处理热室内放射性物质对样品处理热侧板的 γ 剂量率最大为 1.85×10^{-6} Gy/h，即 $1.85 \mu\text{Sv/h}$ ，小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 的控制剂量率；对样品处理热前板的 γ 剂量率最大为 8.21×10^{-7} Gy/h，小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 的控制剂量率；对大热室操作位的 γ 剂量率最大为 2.34×10^{-14} Gy/h，小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的控制剂量率；因而场所的辐照水平满足要求。

此外本项目在完成退役部件样品力学性能测试后需对热室进行清污，本项目通过提前覆膜、设置气帐等方式，可以使得热室内沾污较少，热室表面 5cm 处剂量率不会高于 1mSv/h ，清污过程人员与污染源相距 0.65m。

5.2.2 人员受照剂量

5.2.2.1 公众照射剂量

根据对本项目辐射污染源项及相应的照射途径分析，本项目电离辐射对公众的影响主要来自大热室铣削、切割产生的放射性气溶胶，不涉及液态流出物，因此本次评价对公众照射剂量估算仅考虑放射性气载流出物所致剂量。

1) 地面空气浓度计算模式

该计算模式引自 IAEA Safety Reports Series No.19，为国际上通用且为我国生态环境部认可的计算方法。

本项目气载放射性流出物排放高度 (H) 为 30m，邻近最高建筑物某项目综合办公楼宽度 (H_B) 为 95.8m， $H \leq 2.5H_B$ ，所以本项目适用如下计算模式：

① 下风向距离 $x \leq 2.5 \sqrt{A_B}$ 的计算模式

在 $H \leq 2.5H_B$ 且 $x \leq 2.5 \sqrt{A_B}$ 时，式中 A_B 取值为 9033.94m^2 ， $2.5 \sqrt{A_B}$ 为 237.62m，下风向距离 x 处核素的地面空气浓度可以表示为(5.2-10)式的形式。

$$C_A = \frac{P_p Q_i}{\pi u_a H_B K} \quad \text{式 5.2-4}$$

其中：

u_a ——释放高度处年平均风速，单位 m/s，取东莞地区多年平均风速 2m/s；

Q_i —— i 核素的平均释放速率，单位Bq/s；

P_p —— p 风向的风频，单位 1，保守取值 0.25；

H_B ——邻近最高建筑物的高度，单位 m；如果该建筑物的宽度大于其高度，则应该用其宽度替代式中的 H_B 。周围邻近最宽建筑物为某项目综合办公楼，宽度 95.8m，因而此处 H_B 的取值为 95.8m；

K ——经验常数，单位 m，取值为 1。

②下风向距离 $x > 2.5 \sqrt{A_B}$ 的计算模式

在 $H \leq 2.5H_B$ 且 $x > 2.5 \sqrt{A_B}$ 时，下风向距离 x 处核素的地面空气浓度可以表示为(5.2-11)式的形式。在(5.2-11)式中使用扩散因子 B 作修正。

$$C_A = \frac{P_p B Q_i}{u_a} \quad \text{式 5.2-5}$$

$$B = \frac{12}{\sqrt{2\pi^3}} \times \frac{1}{x \Sigma_z} \quad \text{式 5.2-6}$$

$$\Sigma_z = \left(\sigma_z^2 + \frac{A_B}{\pi} \right)^{0.5} \quad \text{式 5.2-7}$$

$$\sigma_z = \frac{0.06x}{\sqrt{1+0.0015x}} \quad \text{式 5.2-8}$$

其中：

u_a ——释放高度处年平均风速，单位m/s，取东莞地区多年平均风速取保守2m/s；

Q_i —— i 核素的平均释放速率，单位Bq/s；

P_p —— p 风向的风频，单位 1，保守取值 0.25；

x ——下风向距离，单位 m；

A_B ——对扩散影响最大的建筑物最大面的表面积，单位 m^2 ，本项目中对扩散影响最大的建筑物为某项目综合办公楼，其最大面的表面积为 $9033.94m^2$ 。

③浓度计算结果

根据本报告第三章对项目放射性源项的分析，本项目在正常运行工况下通过气载流出物途径进入环境的放射性核素量见表错误!文档中没有指定样式的文字。-6。大热室的气载放射性废物产生量为 $1.7 \times 10^9 Bq/a$ 。本项目高效过滤器的效率为 99%，通风中心过滤系统的过滤效率为 99%，因此所有核素按 99.99% 的去除效率考虑，即通风中心每年有 $1.7 \times 10^5 Bq$ 的气载流出物经排气筒释放进入大气环境。本项目气载流出物源项如表错误!文档中没有指定样式的文字。-6 所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-6 本项目气载流出物总源项

序号	核素	气载流出物途径排放量 (Bq/a)
1	H-3	1.81E+08
2	Na-22	2.52E+02
3	Cl-36	4.67E+00
4	Mn-54	2.54E+03
5	Fe-55	5.46E+03
6	Co-57	2.29E+03
7	Co-58	7.62E+02
8	Co-60	3.56E+03
9	Ni-63	1.09E+05
10	Zn-65	3.94E+00
11	Nb-93m	4.94E+03
12	Cd-109	2.35E+02
13	Ce-139	3.29E+02
14	Pm-143	4.70E+02
15	Pm-146	9.53E+00
16	Pm-147	1.82E+01
17	Sm-145	6.11E+02
18	Eu-149	1.13E+01
19	Eu-152	5.17E+02
20	Eu-154	8.23E+01
21	Eu-155	1.73E+01

序号	核素	气载流出物途径排放量 (Bq/a)
22	Gd-151	2.35E+02
23	Gd-153	4.84E+02
24	Tb-160	1.56E+02
25	Dy-159	4.23E+02
26	Lu-172	1.03E+03
27	Lu-173	1.46E+03
28	Hf-172	8.93E+02
29	Ta-179	1.55E+03
30	Ta-182	3.29E+02
31	W-181	7.71E+03
32	W-185	6.30E+03

经计算，本项目通风中心 30m 高排气筒不同距离 x 处的地面空气浓度见表
错误!文档中没有指定样式的文字。-7。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-7 不同距离处地面空气浓度 (Bq/m³)

距离排气筒 距离	H-3	Na-22	Cl-36	Mn-54	Fe-55	Co-57	Co-58	Co-60	Ni-63
10	2.385E-03	3.321E-09	6.154E-11	3.347E-08	7.195E-08	3.017E-08	1.004E-08	4.691E-08	1.436E-06
20	2.385E-03	3.321E-09	6.154E-11	3.347E-08	7.195E-08	3.017E-08	1.004E-08	4.691E-08	1.436E-06
50	2.385E-03	3.321E-09	6.154E-11	3.347E-08	7.195E-08	3.017E-08	1.004E-08	4.691E-08	1.436E-06
100	2.385E-03	3.321E-09	6.154E-11	3.347E-08	7.195E-08	3.017E-08	1.004E-08	4.691E-08	1.436E-06
150	2.385E-03	3.321E-09	6.154E-11	3.347E-08	7.195E-08	3.017E-08	1.004E-08	4.691E-08	1.436E-06
200	2.385E-03	3.321E-09	6.154E-11	3.347E-08	7.195E-08	3.017E-08	1.004E-08	4.691E-08	1.436E-06
237	2.385E-03	3.321E-09	6.154E-11	3.347E-08	7.195E-08	3.017E-08	1.004E-08	4.691E-08	1.436E-06
238	2.321E-08	3.231E-14	5.988E-16	3.257E-13	7.001E-13	2.936E-13	9.771E-14	4.565E-13	1.398E-11
300	1.819E-08	2.533E-14	4.694E-16	2.553E-13	5.488E-13	2.302E-13	7.659E-14	3.578E-13	1.096E-11
400	1.335E-08	1.859E-14	3.446E-16	1.874E-13	4.028E-13	1.690E-13	5.622E-14	2.627E-13	8.042E-12
500	1.044E-08	1.453E-14	2.693E-16	1.465E-13	3.149E-13	1.321E-13	4.394E-14	2.053E-13	6.286E-12
1000	4.625E-09	6.440E-15	1.193E-16	6.491E-14	1.395E-13	5.852E-14	1.947E-14	9.098E-14	2.786E-12
2000	1.888E-09	2.629E-15	4.872E-17	2.650E-14	5.696E-14	2.389E-14	7.949E-15	3.714E-14	1.137E-12
3000	1.082E-09	1.506E-15	2.791E-17	1.518E-14	3.264E-14	1.369E-14	4.555E-15	2.128E-14	6.515E-13

距离排气筒 距离	Zn-65	Nb-93m	Cd-109	Ce-139	Pm-143	Pm-146	Pm-147	Sm-145	Eu-149
10	5.192E-11	6.509E-08	3.097E-09	4.335E-09	6.193E-09	1.256E-10	2.398E-10	8.051E-09	1.489E-10
20	5.192E-11	6.509E-08	3.097E-09	4.335E-09	6.193E-09	1.256E-10	2.398E-10	8.051E-09	1.489E-10
50	5.192E-11	6.509E-08	3.097E-09	4.335E-09	6.193E-09	1.256E-10	2.398E-10	8.051E-09	1.489E-10
100	5.192E-11	6.509E-08	3.097E-09	4.335E-09	6.193E-09	1.256E-10	2.398E-10	8.051E-09	1.489E-10
150	5.192E-11	6.509E-08	3.097E-09	4.335E-09	6.193E-09	1.256E-10	2.398E-10	8.051E-09	1.489E-10
200	5.192E-11	6.509E-08	3.097E-09	4.335E-09	6.193E-09	1.256E-10	2.398E-10	8.051E-09	1.489E-10
237	5.192E-11	6.509E-08	3.097E-09	4.335E-09	6.193E-09	1.256E-10	2.398E-10	8.051E-09	1.489E-10
238	5.052E-16	6.334E-13	3.013E-14	4.219E-14	6.026E-14	1.222E-15	2.334E-15	7.834E-14	1.449E-15
300	3.960E-16	4.965E-13	2.362E-14	3.307E-14	4.724E-14	9.579E-16	1.829E-15	6.142E-14	1.136E-15
400	2.907E-16	3.645E-13	1.734E-14	2.427E-14	3.468E-14	7.031E-16	1.343E-15	4.508E-14	8.337E-16
500	2.272E-16	2.849E-13	1.355E-14	1.897E-14	2.710E-14	5.496E-16	1.050E-15	3.523E-14	6.516E-16
1000	1.007E-16	1.262E-13	6.005E-15	8.408E-15	1.201E-14	2.435E-16	4.651E-16	1.561E-14	2.888E-16
2000	4.110E-17	5.153E-14	2.451E-15	3.432E-15	4.903E-15	9.941E-17	1.899E-16	6.374E-15	1.179E-16
3000	2.355E-17	2.953E-14	1.405E-15	1.967E-15	2.809E-15	5.696E-17	1.088E-16	3.652E-15	6.754E-17

距离排气筒 距离	Eu-152	Eu-154	Eu-155	Gd-151	Gd-153	Tb-160	Dy-159	Lu-172	Lu-173
10	6.812E-09	1.084E-09	2.280E-10	3.097E-09	6.378E-09	2.056E-09	5.574E-09	1.357E-08	1.924E-08
20	6.812E-09	1.084E-09	2.280E-10	3.097E-09	6.378E-09	2.056E-09	5.574E-09	1.357E-08	1.924E-08
50	6.812E-09	1.084E-09	2.280E-10	3.097E-09	6.378E-09	2.056E-09	5.574E-09	1.357E-08	1.924E-08
100	6.812E-09	1.084E-09	2.280E-10	3.097E-09	6.378E-09	2.056E-09	5.574E-09	1.357E-08	1.924E-08
150	6.812E-09	1.084E-09	2.280E-10	3.097E-09	6.378E-09	2.056E-09	5.574E-09	1.357E-08	1.924E-08
200	6.812E-09	1.084E-09	2.280E-10	3.097E-09	6.378E-09	2.056E-09	5.574E-09	1.357E-08	1.924E-08
237	6.812E-09	1.084E-09	2.280E-10	3.097E-09	6.378E-09	2.056E-09	5.574E-09	1.357E-08	1.924E-08
238	6.629E-14	1.055E-14	2.218E-15	3.013E-14	6.206E-14	2.000E-14	5.424E-14	1.321E-13	1.872E-13
300	5.197E-14	8.272E-15	1.739E-15	2.362E-14	4.865E-14	1.568E-14	4.252E-14	1.035E-13	1.468E-13
400	3.814E-14	6.072E-15	1.276E-15	1.734E-14	3.571E-14	1.151E-14	3.121E-14	7.599E-14	1.077E-13
500	2.981E-14	4.746E-15	9.976E-16	1.355E-14	2.791E-14	8.996E-15	2.439E-14	5.940E-14	8.419E-14
1000	1.321E-14	2.103E-15	4.421E-16	6.005E-15	1.237E-14	3.987E-15	1.081E-14	2.632E-14	3.731E-14
2000	5.393E-15	8.585E-16	1.805E-16	2.451E-15	5.049E-15	1.627E-15	4.413E-15	1.074E-14	1.523E-14
3000	3.090E-15	4.919E-16	1.034E-16	1.405E-15	2.893E-15	9.325E-16	2.528E-15	6.157E-15	8.727E-15

距离排气筒距离	Hf-172	Ta-179	Ta-182	W-181	W-185
10	1.177E-08	2.042E-08	4.335E-09	1.016E-07	8.301E-08
20	1.177E-08	2.042E-08	4.335E-09	1.016E-07	8.301E-08
50	1.177E-08	2.042E-08	4.335E-09	1.016E-07	8.301E-08
100	1.177E-08	2.042E-08	4.335E-09	1.016E-07	8.301E-08
150	1.177E-08	2.042E-08	4.335E-09	1.016E-07	8.301E-08
200	1.177E-08	2.042E-08	4.335E-09	1.016E-07	8.301E-08
237	1.177E-08	2.042E-08	4.335E-09	1.016E-07	8.301E-08
238	1.145E-13	1.987E-13	4.219E-14	9.886E-13	8.078E-13
300	8.976E-14	1.558E-13	3.307E-14	7.750E-13	6.333E-13
400	6.589E-14	1.144E-13	2.427E-14	5.688E-13	4.648E-13
500	5.150E-14	8.938E-14	1.897E-14	4.446E-13	3.633E-13
1000	2.282E-14	3.961E-14	8.408E-15	1.970E-13	1.610E-13
2000	9.315E-15	1.617E-14	3.432E-15	8.043E-14	6.572E-14
3000	5.338E-15	9.265E-15	1.967E-15	4.608E-14	3.766E-14

2) 气载流出物剂量估算模式

本次评价考虑的气载流出物对公众造成辐射影响的途径包括：

- 烟云浸没外照射；
- 放射性气载流出物在地面沉积造成的外照射；
- 吸入空气造成的内照射。

①烟云浸没外照射所致剂量估算模式

$$D_i^{im} = C_{Ai} DF_{im} O_f \quad \text{式 5.2-9}$$

其中：

C_{Ai} ——核素 i 的地面空气浓度，单位 Bq/m^3 ；

DF_{im} ——烟云浸没外照射剂量转换因子，单位 $\text{Sv m}^3 \text{Bq}^{-1} \text{a}^{-1}$ ，根据 IAEANo.19TABLEXV 和 FGRNo.12TABLEIII.1，本项目核素的烟云浸没外照射剂量转换因子汇总到表错误!文档中没有指定样式的文字。-8；

O_f ——每年公众受到浸没外照射的时间份额，取值为 1。

②地面沉积外照射所致剂量估算模式

$$D_i^{gr} = C_{gr} DF_{gr} O_f \quad \text{式 5.2-10}$$

$$C_{gr} = \frac{d_i [1 - \exp(-\lambda_E t_b)]}{\lambda_E} \quad \text{式 5.2-11}$$

$$d_i = (V_d + V_w) C_{Ai} \quad \text{式 5.2-12}$$

其中：

C_{Ai} ——核素 i 的地面空气浓度，单位 Bq/m^3 ；

DF_{gr} ——地面沉积外照射剂量转换因子，单位 $\text{Sv m}^2 \text{Bq}^{-1} \text{a}^{-1}$ ，根据 IAEANo.19TABLEXV 和 FGRNo.12TABLEIII.3，本项目核素的地面沉积外照射剂量转换因子汇总到表错误!文档中没有指定样式的文字。-8；

O_f ——每年公众受到地表沉积外照射的时间份额，取值为 1；

λ_E ——核素由地表面清除的有效速率常数， $\lambda_E = \lambda + \lambda_s$ ，单位 s^{-1} ，根据 IAEANo.19TABLEX 和 AnnexII，本项目核素的 λ 和 λ_s 汇总到表错误!文档中没有指定样式的文字。-8；

V_d+V_w ——总沉积速率，保守取 1000m/d;

t_b ——核素释放时间，单位 d，取值 1.1×10^4 d。

③吸入内照射所致剂量估算模式

$$D_i^{inh} = C_{Ai} R_{inh} DF_{inh} \quad \text{式 5.2-13}$$

其中：

C_{Ai} ——核素 i 的地面空气浓度，单位 Bq/m^3 ;

R_{inh} ——呼吸率，单位 m^3/a ，根据 IAEA No.19 TABLEXIV，对于成人，呼吸率取值为 $8400m^3/a$;

DF_{inh} ——吸入内照射剂量转换因子，单位 Sv/Bq ，根据 GB18871-2002 表 B7，对于成人，本项目核素的吸入内照射剂量转换因子汇总到表错误!文档中没有指定样式的文字。-8。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-8 本项目气载流出物各核素的计算参数

核素	浸没外照射剂量转换因子 ($Sv m^3 Bq^{-1} a^{-1}$)	地面沉积外照射剂量转换因子 ($Sv m^2 Bq^{-1} a^{-1}$)	λ (s^{-1})	λ_s (s^{-1})	吸入内照射剂量转换因子 ($Sv Bq^{-1}$)
H-3	3.31×10^{-19}	0	1.78×10^{-9}	0	2.6×10^{-10}
Na-22	3.4×10^{-6}	6.7×10^{-8}	8.45×10^{-9}	0	1.3×10^{-9}
Cl-36	2.23×10^{-17}	6.73×10^{-19}	7.30×10^{-14}	1.62×10^{-8}	3.3×10^{-10}
Mn-54	1.3×10^{-6}	2.6×10^{-8}	2.57×10^{-8}	0	1.5×10^{-9}
Fe-55	0	0	8.39×10^{-9}	0	1.8×10^{-10}
Co-57	5.61×10^{-15}	1.15×10^{-16}	2.97×10^{-8}	0	1.0×10^{-9}
Co-58	1.5×10^{-6}	3×10^{-8}	1.13×10^{-7}	0	2.1×10^{-9}
Co-60	4.0×10^{-6}	7.5×10^{-8}	4.18×10^{-9}	0	3.1×10^{-8}
Ni-63	0	0	2.20×10^{-10}	0	1.3×10^{-9}
Zn-65	9.2×10^{-7}	1.8×10^{-8}	3.29×10^{-8}	0	2.2×10^{-9}
Nb-93m	4.44×10^{-18}	9.39×10^{-19}	1.62×10^{-9}	0	1.8×10^{-9}
Cd-109	9.6×10^{-9}	7.4×10^{-10}	1.77×10^{-8}	0	8.1×10^{-9}
Ce-139	6.73×10^{-15}	1.56×10^{-16}	5.83×10^{-8}	0	1.9×10^{-9}
Pm-143	1.46×10^{-14}	3.10×10^{-16}	3.03×10^{-8}	0	1.5×10^{-9}
Pm-146	3.59×10^{-14}	7.41×10^{-16}	3.97×10^{-9}	0	2.1×10^{-8}
Pm-147	2.8×10^{-10}	1.1×10^{-12}	8.39×10^{-9}	0	5.0×10^{-9}
Sm-145	1.61×10^{-15}	6.84×10^{-17}	2.36×10^{-8}	0	1.6×10^{-9}
Eu-149	2.25×10^{-15}	6.41×10^{-17}	8.62×10^{-8}	0	2.9×10^{-10}
Eu-152	5.65×10^{-14}	1.10×10^{-15}	1.67×10^{-9}	0	4.2×10^{-8}

核素	浸没外照射剂量转换因子 (Sv m ³ Bq ⁻¹ a ⁻¹)	地面沉积外照射剂量转换因子 (Sv m ² Bq ⁻¹ a ⁻¹)	λ (s ⁻¹)	λ_s (s ⁻¹)	吸入内照射剂量转换因子 (Sv Bq ⁻¹)
Eu-154	2×10^{-6}	1.19×10^{-15}	2.5×10^{-9}	0	5.3×10^{-8}
Eu-155	8×10^{-8}	5.90×10^{-17}	4.43×10^{-9}	0	6.9×10^{-9}
Gd-151	2.20×10^{-15}	6.38×10^{-17}	6.48×10^{-8}	0	8.6×10^{-10}
Gd-153	3.71×10^{-15}	1.06×10^{-16}	3.32×10^{-8}	0	2.1×10^{-9}
Tb-160	5.54×10^{-14}	1.08×10^{-15}	1.114×10^{-7}	0	7×10^{-9}
Dy-159	1.25×10^{-15}	4.65×10^{-17}	5.56×10^{-8}	0	3.7×10^{-10}
Lu-172	9.25×10^{-14}	1.81×10^{-15}	1.20×10^{-6}	0	1.6×10^{-9}
Lu-173	5.10×10^{-15}	1.28×10^{-16}	1.60×10^{-8}	0	2.4×10^{-9}
Hf-172	4.06×10^{-15}	1.13×10^{-16}	1.18×10^{-8}	0	3.2×10^{-8}
Ta-179	1.09×10^{-15}	3.16×10^{-17}	1.21×10^{-8}	0	5.6×10^{-10}
Ta-182	6.40×10^{-14}	1.23×10^{-15}	6.98×10^{-8}	0	1.0×10^{-8}
W-181	1.40×10^{-15}	3.93×10^{-17}	6.60×10^{-8}	0	2.7×10^{-11}
W-185	5.37×10^{-18}	1.84×10^{-19}	1.07×10^{-7}	0	1.2×10^{-10}

④剂量计算结果

本项目各核素由烟云浸没外照射、地面沉积外照射、吸入内照射、各途径合计所致公众剂量计算结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-9、表错误!文档中没有指定样式的文字。-10、表错误!文档中没有指定样式的文字。-11、表错误!文档中没有指定样式的文字。-12。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-9 各核素由烟云浸没外照射所致公众受照射剂量分析 (Sv/a)

距离排气筒 距离	H-3	Na-22	Cl-36	Mn-54	Fe-55	Co-57	Co-58	Co-60	Ni-63
10	7.894E-22	1.129E-14	1.372E-27	4.351E-14	0.000E+00	1.693E-22	1.506E-14	1.876E-13	0.000E+00
20	7.894E-22	1.129E-14	1.372E-27	4.351E-14	0.000E+00	1.693E-22	1.506E-14	1.876E-13	0.000E+00
50	7.894E-22	1.129E-14	1.372E-27	4.351E-14	0.000E+00	1.693E-22	1.506E-14	1.876E-13	0.000E+00
100	7.894E-22	1.129E-14	1.372E-27	4.351E-14	0.000E+00	1.693E-22	1.506E-14	1.876E-13	0.000E+00
150	7.894E-22	1.129E-14	1.372E-27	4.351E-14	0.000E+00	1.693E-22	1.506E-14	1.876E-13	0.000E+00
200	7.894E-22	1.129E-14	1.372E-27	4.351E-14	0.000E+00	1.693E-22	1.506E-14	1.876E-13	0.000E+00
237	7.894E-22	1.129E-14	1.372E-27	4.351E-14	0.000E+00	1.693E-22	1.506E-14	1.876E-13	0.000E+00
238	7.682E-27	1.099E-19	1.335E-32	4.234E-19	0.000E+00	1.647E-27	1.466E-19	1.826E-18	0.000E+00
300	6.022E-27	8.612E-20	1.047E-32	3.319E-19	0.000E+00	1.291E-27	1.149E-19	1.431E-18	0.000E+00
400	4.420E-27	6.321E-20	7.684E-33	2.436E-19	0.000E+00	9.478E-28	8.433E-20	1.051E-18	0.000E+00
500	3.455E-27	4.941E-20	6.005E-33	1.904E-19	0.000E+00	7.408E-28	6.591E-20	8.212E-19	0.000E+00
1000	1.531E-27	2.190E-20	2.661E-33	8.438E-20	0.000E+00	3.283E-28	2.921E-20	3.639E-19	0.000E+00
2000	6.250E-28	8.938E-21	1.086E-33	3.445E-20	0.000E+00	1.340E-28	1.192E-20	1.485E-19	0.000E+00
3000	3.581E-28	5.121E-21	6.225E-34	1.974E-20	0.000E+00	7.679E-29	6.832E-21	8.512E-20	0.000E+00

距离排气筒 距离	Zn-65	Nb-93m	Cd-109	Ce-139	Pm-143	Pm-146	Pm-147	Sm-145	Eu-149
10	4.776E-17	2.890E-25	2.973E-17	2.918E-23	9.042E-23	4.508E-24	6.715E-20	1.296E-23	3.350E-25
20	4.776E-17	2.890E-25	2.973E-17	2.918E-23	9.042E-23	4.508E-24	6.715E-20	1.296E-23	3.350E-25
50	4.776E-17	2.890E-25	2.973E-17	2.918E-23	9.042E-23	4.508E-24	6.715E-20	1.296E-23	3.350E-25
100	4.776E-17	2.890E-25	2.973E-17	2.918E-23	9.042E-23	4.508E-24	6.715E-20	1.296E-23	3.350E-25
150	4.776E-17	2.890E-25	2.973E-17	2.918E-23	9.042E-23	4.508E-24	6.715E-20	1.296E-23	3.350E-25
200	4.776E-17	2.890E-25	2.973E-17	2.918E-23	9.042E-23	4.508E-24	6.715E-20	1.296E-23	3.350E-25
237	4.776E-17	2.890E-25	2.973E-17	2.918E-23	9.042E-23	4.508E-24	6.715E-20	1.296E-23	3.350E-25
238	4.648E-22	2.812E-30	2.893E-22	2.839E-28	8.799E-28	4.387E-29	6.534E-25	1.261E-28	3.260E-30
300	3.644E-22	2.205E-30	2.268E-22	2.226E-28	6.897E-28	3.439E-29	5.122E-25	9.888E-29	2.556E-30
400	2.674E-22	1.618E-30	1.664E-22	1.634E-28	5.063E-28	2.524E-29	3.760E-25	7.258E-29	1.876E-30
500	2.090E-22	1.265E-30	1.301E-22	1.277E-28	3.957E-28	1.973E-29	2.939E-25	5.673E-29	1.466E-30
1000	9.263E-23	5.605E-31	5.765E-23	5.658E-29	1.754E-28	8.743E-30	1.302E-25	2.514E-29	6.497E-31
2000	3.781E-23	2.288E-31	2.353E-23	2.310E-29	7.158E-29	3.569E-30	5.316E-26	1.026E-29	2.652E-31
3000	2.167E-23	1.311E-31	1.348E-23	1.323E-29	4.102E-29	2.045E-30	3.046E-26	5.880E-30	1.520E-31

距离排气筒 距离	Eu-152	Eu-154	Eu-155	Gd-151	Gd-153	Tb-160	Dy-159	Lu-172	Lu-173
10	3.849E-22	2.169E-15	1.824E-17	6.812E-24	2.366E-23	1.139E-22	6.967E-24	1.255E-21	9.811E-23
20	3.849E-22	2.169E-15	1.824E-17	6.812E-24	2.366E-23	1.139E-22	6.967E-24	1.255E-21	9.811E-23
50	3.849E-22	2.169E-15	1.824E-17	6.812E-24	2.366E-23	1.139E-22	6.967E-24	1.255E-21	9.811E-23
100	3.849E-22	2.169E-15	1.824E-17	6.812E-24	2.366E-23	1.139E-22	6.967E-24	1.255E-21	9.811E-23
150	3.849E-22	2.169E-15	1.824E-17	6.812E-24	2.366E-23	1.139E-22	6.967E-24	1.255E-21	9.811E-23
200	3.849E-22	2.169E-15	1.824E-17	6.812E-24	2.366E-23	1.139E-22	6.967E-24	1.255E-21	9.811E-23
237	3.849E-22	2.169E-15	1.824E-17	6.812E-24	2.366E-23	1.139E-22	6.967E-24	1.255E-21	9.811E-23
238	3.745E-27	2.111E-20	1.775E-22	6.629E-29	2.302E-28	1.108E-27	6.780E-29	1.222E-26	9.547E-28
300	2.936E-27	1.654E-20	1.391E-22	5.197E-29	1.805E-28	8.687E-28	5.315E-29	9.577E-27	7.484E-28
400	2.155E-27	1.214E-20	1.021E-22	3.814E-29	1.325E-28	6.376E-28	3.901E-29	7.029E-27	5.494E-28
500	1.684E-27	9.492E-21	7.981E-23	2.981E-29	1.035E-28	4.984E-28	3.049E-29	5.494E-27	4.294E-28
1000	7.465E-28	4.206E-21	3.537E-23	1.321E-29	4.589E-29	2.209E-28	1.351E-29	2.435E-27	1.903E-28
2000	3.047E-28	1.717E-21	1.444E-23	5.393E-30	1.873E-29	9.015E-29	5.516E-30	9.939E-28	7.767E-29
3000	1.746E-28	9.839E-22	8.273E-24	3.090E-30	1.073E-29	5.166E-29	3.160E-30	5.695E-28	4.451E-29

距离排气筒距离	Hf-172	Ta-179	Ta-182	W-181	W-185
10	4.777E-23	2.226E-23	2.774E-22	1.422E-22	4.458E-25
20	4.777E-23	2.226E-23	2.774E-22	1.422E-22	4.458E-25
50	4.777E-23	2.226E-23	2.774E-22	1.422E-22	4.458E-25
100	4.777E-23	2.226E-23	2.774E-22	1.422E-22	4.458E-25
150	4.777E-23	2.226E-23	2.774E-22	1.422E-22	4.458E-25
200	4.777E-23	2.226E-23	2.774E-22	1.422E-22	4.458E-25
237	4.777E-23	2.226E-23	2.774E-22	1.422E-22	4.458E-25
238	4.649E-28	2.166E-28	2.700E-27	1.384E-27	4.338E-30
300	3.644E-28	1.698E-28	2.116E-27	1.085E-27	3.401E-30
400	2.675E-28	1.247E-28	1.554E-27	7.964E-28	2.496E-30
500	2.091E-28	9.743E-29	1.214E-27	6.224E-28	1.951E-30
1000	9.265E-29	4.318E-29	5.381E-28	2.758E-28	8.646E-31
2000	3.782E-29	1.762E-29	2.196E-28	1.126E-28	3.529E-31
3000	2.167E-29	1.010E-29	1.259E-28	6.452E-29	2.022E-31

表错误!文档中没有指定样式的文字。-10 各核素由地面沉积外照射所致公众受照射剂量分析 (Sv/a)

距离排气筒 距离	H-3	Na-22	Cl-36	Mn-54	Fe-55	Co-57	Co-58	Co-60	Ni-63
10	0.00E+00	3.05E-10	2.96E-23	3.92E-10	0.00E+00	1.35E-18	3.09E-11	9.56E-09	0.00E+00
20	0.00E+00	3.05E-10	2.96E-23	3.92E-10	0.00E+00	1.35E-18	3.09E-11	9.56E-09	0.00E+00
50	0.00E+00	3.05E-10	2.96E-23	3.92E-10	0.00E+00	1.35E-18	3.09E-11	9.56E-09	0.00E+00
100	0.00E+00	3.05E-10	2.96E-23	3.92E-10	0.00E+00	1.35E-18	3.09E-11	9.56E-09	0.00E+00
150	0.00E+00	3.05E-10	2.96E-23	3.92E-10	0.00E+00	1.35E-18	3.09E-11	9.56E-09	0.00E+00
200	0.00E+00	3.05E-10	2.96E-23	3.92E-10	0.00E+00	1.35E-18	3.09E-11	9.56E-09	0.00E+00
237	0.00E+00	3.05E-10	2.96E-23	3.92E-10	0.00E+00	1.35E-18	3.09E-11	9.56E-09	0.00E+00
238	0.00E+00	2.96E-15	2.88E-28	3.81E-15	0.00E+00	1.32E-23	3.00E-16	9.30E-14	0.00E+00
300	0.00E+00	2.32E-15	2.26E-28	2.99E-15	0.00E+00	1.03E-23	2.35E-16	7.29E-14	0.00E+00
400	0.00E+00	1.71E-15	1.66E-28	2.19E-15	0.00E+00	7.57E-24	1.73E-16	5.35E-14	0.00E+00
500	0.00E+00	1.33E-15	1.29E-28	1.72E-15	0.00E+00	5.92E-24	1.35E-16	4.18E-14	0.00E+00
1000	0.00E+00	5.91E-16	5.74E-29	7.60E-16	0.00E+00	2.62E-24	5.98E-17	1.85E-14	0.00E+00
2000	0.00E+00	2.41E-16	2.34E-29	3.10E-16	0.00E+00	1.07E-24	2.44E-17	7.57E-15	0.00E+00
3000	0.00E+00	1.38E-16	1.34E-29	1.78E-16	0.00E+00	6.13E-25	1.40E-17	4.34E-15	0.00E+00

距离排气筒 距离	Zn-65	Nb-93m	Cd-109	Ce-139	Pm-143	Pm-146	Pm-147	Sm-145	Eu-149
10	3.29E-13	3.43E-19	1.50E-12	1.34E-19	7.33E-19	2.65E-19	3.64E-16	2.70E-19	1.28E-21
20	3.29E-13	3.43E-19	1.50E-12	1.34E-19	7.33E-19	2.65E-19	3.64E-16	2.70E-19	1.28E-21
50	3.29E-13	3.43E-19	1.50E-12	1.34E-19	7.33E-19	2.65E-19	3.64E-16	2.70E-19	1.28E-21
100	3.29E-13	3.43E-19	1.50E-12	1.34E-19	7.33E-19	2.65E-19	3.64E-16	2.70E-19	1.28E-21
150	3.29E-13	3.43E-19	1.50E-12	1.34E-19	7.33E-19	2.65E-19	3.64E-16	2.70E-19	1.28E-21
200	3.29E-13	3.43E-19	1.50E-12	1.34E-19	7.33E-19	2.65E-19	3.64E-16	2.70E-19	1.28E-21
237	3.29E-13	3.43E-19	1.50E-12	1.34E-19	7.33E-19	2.65E-19	3.64E-16	2.70E-19	1.28E-21
238	3.20E-18	3.34E-24	1.46E-17	1.31E-24	7.14E-24	2.58E-24	3.54E-21	2.63E-24	1.25E-26
300	2.51E-18	2.62E-24	1.14E-17	1.02E-24	5.59E-24	2.02E-24	2.78E-21	2.06E-24	9.78E-27
400	1.84E-18	1.92E-24	8.39E-18	7.52E-25	4.11E-24	1.48E-24	2.04E-21	1.51E-24	7.18E-27
500	1.44E-18	1.50E-24	6.56E-18	5.88E-25	3.21E-24	1.16E-24	1.59E-21	1.18E-24	5.61E-27
1000	6.38E-19	6.65E-25	2.91E-18	2.60E-25	1.42E-24	5.14E-25	7.06E-22	5.24E-25	2.49E-27
2000	2.60E-19	2.72E-25	1.19E-18	1.06E-25	5.81E-25	2.10E-25	2.88E-22	2.14E-25	1.01E-27
3000	1.49E-19	1.56E-25	6.80E-19	6.09E-26	3.33E-25	1.20E-25	1.65E-22	1.23E-25	5.81E-28

距离排气筒 距离	Eu-152	Eu-154	Eu-155	Gd-151	Gd-153	Tb-160	Dy-159	Lu-172	Lu-173
10	4.13E-17	5.42E-18	3.46E-20	3.53E-20	2.36E-19	2.31E-19	5.40E-20	2.37E-19	1.78E-18
20	4.13E-17	5.42E-18	3.46E-20	3.53E-20	2.36E-19	2.31E-19	5.40E-20	2.37E-19	1.78E-18
50	4.13E-17	5.42E-18	3.46E-20	3.53E-20	2.36E-19	2.31E-19	5.40E-20	2.37E-19	1.78E-18
100	4.13E-17	5.42E-18	3.46E-20	3.53E-20	2.36E-19	2.31E-19	5.40E-20	2.37E-19	1.78E-18
150	4.13E-17	5.42E-18	3.46E-20	3.53E-20	2.36E-19	2.31E-19	5.40E-20	2.37E-19	1.78E-18
200	4.13E-17	5.42E-18	3.46E-20	3.53E-20	2.36E-19	2.31E-19	5.40E-20	2.37E-19	1.78E-18
237	4.13E-17	5.42E-18	3.46E-20	3.53E-20	2.36E-19	2.31E-19	5.40E-20	2.37E-19	1.78E-18
238	4.02E-22	5.27E-23	3.37E-25	3.43E-25	2.29E-24	2.24E-24	5.25E-25	2.31E-24	1.73E-23
300	3.15E-22	4.13E-23	2.64E-25	2.69E-25	1.80E-24	1.76E-24	4.12E-25	1.81E-24	1.36E-23
400	2.31E-22	3.03E-23	1.94E-25	1.98E-25	1.32E-24	1.29E-24	3.02E-25	1.33E-24	9.97E-24
500	1.81E-22	2.37E-23	1.51E-25	1.54E-25	1.03E-24	1.01E-24	2.36E-25	1.04E-24	7.80E-24
1000	8.01E-23	1.05E-23	6.71E-26	6.84E-26	4.57E-25	4.47E-25	1.05E-25	4.60E-25	3.45E-24
2000	3.27E-23	4.29E-24	2.74E-26	2.79E-26	1.87E-25	1.83E-25	4.27E-26	1.88E-25	1.41E-24
3000	1.87E-23	2.46E-24	1.57E-26	1.60E-26	1.07E-25	1.05E-25	2.45E-26	1.07E-25	8.08E-25

距离排气筒距离	Hf-172	Ta-179	Ta-182	W-181	W-185
10	1.30E-18	6.17E-19	8.84E-19	7.00E-19	1.65E-21
20	1.30E-18	6.17E-19	8.84E-19	7.00E-19	1.65E-21
50	1.30E-18	6.17E-19	8.84E-19	7.00E-19	1.65E-21
100	1.30E-18	6.17E-19	8.84E-19	7.00E-19	1.65E-21
150	1.30E-18	6.17E-19	8.84E-19	7.00E-19	1.65E-21
200	1.30E-18	6.17E-19	8.84E-19	7.00E-19	1.65E-21
237	1.30E-18	6.17E-19	8.84E-19	7.00E-19	1.65E-21
238	1.27E-23	6.01E-24	8.60E-24	6.81E-24	1.61E-26
300	9.95E-24	4.71E-24	6.74E-24	5.34E-24	1.26E-26
400	7.30E-24	3.46E-24	4.95E-24	3.92E-24	9.25E-27
500	5.71E-24	2.70E-24	3.87E-24	3.06E-24	7.23E-27
1000	2.53E-24	1.20E-24	1.71E-24	1.36E-24	3.20E-27
2000	1.03E-24	4.89E-25	7.00E-25	5.54E-25	1.31E-27
3000	5.92E-25	2.80E-25	4.01E-25	3.18E-25	7.49E-28

表错误!文档中没有指定样式的文字。-11 各核素由吸入内照射所致公众受照射剂量分析 (Sv/a)

距离排气筒 距离	H-3	Na-22	Cl-36	Mn-54	Fe-55	Co-57	Co-58	Co-60	Ni-63
10	5.209E-09	3.626E-14	1.706E-16	4.217E-13	1.088E-13	2.535E-13	1.771E-13	1.222E-11	1.568E-11
20	5.209E-09	3.626E-14	1.706E-16	4.217E-13	1.088E-13	2.535E-13	1.771E-13	1.222E-11	1.568E-11
50	5.209E-09	3.626E-14	1.706E-16	4.217E-13	1.088E-13	2.535E-13	1.771E-13	1.222E-11	1.568E-11
100	5.209E-09	3.626E-14	1.706E-16	4.217E-13	1.088E-13	2.535E-13	1.771E-13	1.222E-11	1.568E-11
150	5.209E-09	3.626E-14	1.706E-16	4.217E-13	1.088E-13	2.535E-13	1.771E-13	1.222E-11	1.568E-11
200	5.209E-09	3.626E-14	1.706E-16	4.217E-13	1.088E-13	2.535E-13	1.771E-13	1.222E-11	1.568E-11
237	5.209E-09	3.626E-14	1.706E-16	4.217E-13	1.088E-13	2.535E-13	1.771E-13	1.222E-11	1.568E-11
238	5.069E-14	3.528E-19	1.660E-21	4.104E-18	1.059E-18	2.467E-18	1.724E-18	1.189E-16	1.526E-16
300	3.973E-14	2.766E-19	1.301E-21	3.217E-18	8.298E-19	1.934E-18	1.351E-18	9.318E-17	1.196E-16
400	2.917E-14	2.030E-19	9.551E-22	2.361E-18	6.091E-19	1.419E-18	9.917E-19	6.840E-17	8.782E-17
500	2.280E-14	1.587E-19	7.465E-22	1.846E-18	4.761E-19	1.109E-18	7.751E-19	5.346E-17	6.864E-17
1000	1.010E-14	7.032E-20	3.308E-22	8.179E-19	2.110E-19	4.916E-19	3.435E-19	2.369E-17	3.042E-17
2000	4.124E-15	2.871E-20	1.350E-22	3.339E-19	8.612E-20	2.007E-19	1.402E-19	9.670E-18	1.242E-17
3000	2.363E-15	1.645E-20	7.738E-23	1.913E-19	4.935E-20	1.150E-19	8.034E-20	5.541E-18	7.115E-18

距离排气筒 距离	Zn-65	Nb-93m	Cd-109	Ce-139	Pm-143	Pm-146	Pm-147	Sm-145	Eu-149
10	9.594E-16	9.842E-13	2.107E-13	6.919E-14	7.803E-14	2.215E-14	1.007E-14	1.082E-13	3.627E-16
20	9.594E-16	9.842E-13	2.107E-13	6.919E-14	7.803E-14	2.215E-14	1.007E-14	1.082E-13	3.627E-16
50	9.594E-16	9.842E-13	2.107E-13	6.919E-14	7.803E-14	2.215E-14	1.007E-14	1.082E-13	3.627E-16
100	9.594E-16	9.842E-13	2.107E-13	6.919E-14	7.803E-14	2.215E-14	1.007E-14	1.082E-13	3.627E-16
150	9.594E-16	9.842E-13	2.107E-13	6.919E-14	7.803E-14	2.215E-14	1.007E-14	1.082E-13	3.627E-16
200	9.594E-16	9.842E-13	2.107E-13	6.919E-14	7.803E-14	2.215E-14	1.007E-14	1.082E-13	3.627E-16
237	9.594E-16	9.842E-13	2.107E-13	6.919E-14	7.803E-14	2.215E-14	1.007E-14	1.082E-13	3.627E-16
238	9.336E-21	9.577E-18	2.050E-18	6.733E-19	7.593E-19	2.156E-19	9.801E-20	1.053E-18	3.530E-21
300	7.319E-21	7.508E-18	1.607E-18	5.278E-19	5.953E-19	1.690E-19	7.683E-20	8.254E-19	2.767E-21
400	5.372E-21	5.511E-18	1.180E-18	3.874E-19	4.369E-19	1.240E-19	5.640E-20	6.059E-19	2.031E-21
500	4.199E-21	4.307E-18	9.220E-19	3.028E-19	3.415E-19	9.694E-20	4.408E-20	4.735E-19	1.587E-21
1000	1.861E-21	1.909E-18	4.086E-19	1.342E-19	1.513E-19	4.296E-20	1.953E-20	2.099E-19	7.035E-22
2000	7.595E-22	7.792E-19	1.668E-19	5.478E-20	6.178E-20	1.754E-20	7.974E-21	8.566E-20	2.872E-22
3000	4.352E-22	4.465E-19	9.557E-20	3.139E-20	3.540E-20	1.005E-20	4.569E-21	4.908E-20	1.645E-22

距离排气筒 距离	Eu-152	Eu-154	Eu-155	Gd-151	Gd-153	Tb-160	Dy-159	Lu-172	Lu-173
10	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13	1.209E-13	1.732E-14	1.824E-13	3.878E-13
20	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13	1.209E-13	1.732E-14	1.824E-13	3.878E-13
50	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13	1.209E-13	1.732E-14	1.824E-13	3.878E-13
100	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13	1.209E-13	1.732E-14	1.824E-13	3.878E-13
150	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13	1.209E-13	1.732E-14	1.824E-13	3.878E-13
200	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13	1.209E-13	1.732E-14	1.824E-13	3.878E-13
237	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13	1.209E-13	1.732E-14	1.824E-13	3.878E-13
238	2.339E-17	4.698E-18	1.286E-19	2.177E-19	1.095E-18	1.176E-18	1.686E-19	1.775E-18	3.774E-18
300	1.833E-17	3.683E-18	1.008E-19	1.706E-19	8.582E-19	9.220E-19	1.321E-19	1.391E-18	2.959E-18
400	1.346E-17	2.703E-18	7.398E-20	1.253E-19	6.299E-19	6.768E-19	9.700E-20	1.021E-18	2.172E-18
500	1.052E-17	2.113E-18	5.782E-20	9.790E-20	4.923E-19	5.290E-19	7.581E-20	7.983E-19	1.697E-18
1000	4.661E-18	9.363E-19	2.562E-20	4.338E-20	2.182E-19	2.344E-19	3.360E-20	3.538E-19	7.522E-19
2000	1.903E-18	3.822E-19	1.046E-20	1.771E-20	8.906E-20	9.569E-20	1.371E-20	1.444E-19	3.070E-19
3000	1.090E-18	2.190E-19	5.993E-21	1.015E-20	5.103E-20	5.483E-20	7.858E-21	8.274E-20	1.759E-19

距离排气筒距离	Hf-172	Ta-179	Ta-182	W-181	W-185
10	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13
20	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13
50	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13
100	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13
150	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13
200	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13
237	2.403E-12	4.828E-13	1.321E-14	2.237E-14	1.125E-13
238	2.339E-17	4.698E-18	1.286E-19	2.177E-19	1.095E-18
300	1.833E-17	3.683E-18	1.008E-19	1.706E-19	8.582E-19
400	1.346E-17	2.703E-18	7.398E-20	1.253E-19	6.299E-19
500	1.052E-17	2.113E-18	5.782E-20	9.790E-20	4.923E-19
1000	4.661E-18	9.363E-19	2.562E-20	4.338E-20	2.182E-19
2000	1.903E-18	3.822E-19	1.046E-20	1.771E-20	8.906E-20
3000	1.090E-18	2.190E-19	5.993E-21	1.015E-20	5.103E-20

表错误!文档中没有指定样式的文字。-12 各核素各途径总和所致公众受照射剂量分析 (Sv/a)

距离排气筒 距离	H-3	Na-22	Cl-36	Mn-54	Fe-55	Co-57	Co-58	Co-60	Ni-63
10	5.21E-09	3.05E-10	1.71E-16	3.92E-10	1.09E-13	2.53E-13	3.10E-11	9.57E-09	1.57E-11
20	5.21E-09	3.05E-10	1.71E-16	3.92E-10	1.09E-13	2.53E-13	3.10E-11	9.57E-09	1.57E-11
50	5.21E-09	3.05E-10	1.71E-16	3.92E-10	1.09E-13	2.53E-13	3.10E-11	9.57E-09	1.57E-11
100	5.21E-09	3.05E-10	1.71E-16	3.92E-10	1.09E-13	2.53E-13	3.10E-11	9.57E-09	1.57E-11
150	5.21E-09	3.05E-10	1.71E-16	3.92E-10	1.09E-13	2.53E-13	3.10E-11	9.57E-09	1.57E-11
200	5.21E-09	3.05E-10	1.71E-16	3.92E-10	1.09E-13	2.53E-13	3.10E-11	9.57E-09	1.57E-11
237	5.21E-09	3.05E-10	1.71E-16	3.92E-10	1.09E-13	2.53E-13	3.10E-11	9.57E-09	1.57E-11
238	5.07E-14	2.96E-15	1.66E-21	3.82E-15	1.06E-18	2.47E-18	3.02E-16	9.31E-14	1.53E-16
300	3.97E-14	2.32E-15	1.30E-21	2.99E-15	8.30E-19	1.93E-18	2.37E-16	7.30E-14	1.20E-16
400	2.92E-14	1.71E-15	9.55E-22	2.20E-15	6.09E-19	1.42E-18	1.74E-16	5.36E-14	8.78E-17
500	2.28E-14	1.33E-15	7.46E-22	1.72E-15	4.76E-19	1.11E-18	1.36E-16	4.19E-14	6.86E-17
1000	1.01E-14	5.91E-16	3.31E-22	7.61E-16	2.11E-19	4.92E-19	6.02E-17	1.86E-14	3.04E-17
2000	4.12E-15	2.41E-16	1.35E-22	3.11E-16	8.61E-20	2.01E-19	2.46E-17	7.58E-15	1.24E-17
3000	2.36E-15	1.38E-16	7.74E-23	1.78E-16	4.93E-20	1.15E-19	1.41E-17	4.34E-15	7.11E-18

距离排气筒 距离	Zn-65	Nb-93m	Cd-109	Ce-139	Pm-143	Pm-146	Pm-147	Sm-145	Eu-149
10	3.30E-13	9.84E-13	1.71E-12	6.92E-14	7.80E-14	2.22E-14	1.04E-14	1.08E-13	3.63E-16
20	3.30E-13	9.84E-13	1.71E-12	6.92E-14	7.80E-14	2.22E-14	1.04E-14	1.08E-13	3.63E-16
50	3.30E-13	9.84E-13	1.71E-12	6.92E-14	7.80E-14	2.22E-14	1.04E-14	1.08E-13	3.63E-16
100	3.30E-13	9.84E-13	1.71E-12	6.92E-14	7.80E-14	2.22E-14	1.04E-14	1.08E-13	3.63E-16
150	3.30E-13	9.84E-13	1.71E-12	6.92E-14	7.80E-14	2.22E-14	1.04E-14	1.08E-13	3.63E-16
200	3.30E-13	9.84E-13	1.71E-12	6.92E-14	7.80E-14	2.22E-14	1.04E-14	1.08E-13	3.63E-16
237	3.30E-13	9.84E-13	1.71E-12	6.92E-14	7.80E-14	2.22E-14	1.04E-14	1.08E-13	3.63E-16
238	3.21E-18	9.58E-18	1.66E-17	6.73E-19	7.59E-19	2.16E-19	1.02E-19	1.05E-18	3.53E-21
300	2.52E-18	7.51E-18	1.30E-17	5.28E-19	5.95E-19	1.69E-19	7.96E-20	8.25E-19	2.77E-21
400	1.85E-18	5.51E-18	9.57E-18	3.87E-19	4.37E-19	1.24E-19	5.84E-20	6.06E-19	2.03E-21
500	1.44E-18	4.31E-18	7.48E-18	3.03E-19	3.41E-19	9.69E-20	4.57E-20	4.74E-19	1.59E-21
1000	6.40E-19	1.91E-18	3.31E-18	1.34E-19	1.51E-19	4.30E-20	2.02E-20	2.10E-19	7.03E-22
2000	2.61E-19	7.79E-19	1.35E-18	5.48E-20	6.18E-20	1.75E-20	8.26E-21	8.57E-20	2.87E-22
3000	1.50E-19	4.46E-19	7.75E-19	3.14E-20	3.54E-20	1.00E-20	4.73E-21	4.91E-20	1.65E-22

距离排气筒 距离	Eu-152	Eu-154	Eu-155	Gd-151	Gd-153	Tb-160	Dy-159	Lu-172	Lu-173
10	2.40E-12	4.85E-13	1.32E-14	2.24E-14	1.13E-13	1.21E-13	1.73E-14	1.82E-13	3.88E-13
20	2.40E-12	4.85E-13	1.32E-14	2.24E-14	1.13E-13	1.21E-13	1.73E-14	1.82E-13	3.88E-13
50	2.40E-12	4.85E-13	1.32E-14	2.24E-14	1.13E-13	1.21E-13	1.73E-14	1.82E-13	3.88E-13
100	2.40E-12	4.85E-13	1.32E-14	2.24E-14	1.13E-13	1.21E-13	1.73E-14	1.82E-13	3.88E-13
150	2.40E-12	4.85E-13	1.32E-14	2.24E-14	1.13E-13	1.21E-13	1.73E-14	1.82E-13	3.88E-13
200	2.40E-12	4.85E-13	1.32E-14	2.24E-14	1.13E-13	1.21E-13	1.73E-14	1.82E-13	3.88E-13
237	2.40E-12	4.85E-13	1.32E-14	2.24E-14	1.13E-13	1.21E-13	1.73E-14	1.82E-13	3.88E-13
238	2.34E-17	4.72E-18	1.29E-19	2.18E-19	1.09E-18	1.18E-18	1.69E-19	1.78E-18	3.77E-18
300	1.83E-17	3.70E-18	1.01E-19	1.71E-19	8.58E-19	9.22E-19	1.32E-19	1.39E-18	2.96E-18
400	1.35E-17	2.72E-18	7.41E-20	1.25E-19	6.30E-19	6.77E-19	9.70E-20	1.02E-18	2.17E-18
500	1.05E-17	2.12E-18	5.79E-20	9.79E-20	4.92E-19	5.29E-19	7.58E-20	7.98E-19	1.70E-18
1000	4.66E-18	9.41E-19	2.57E-20	4.34E-20	2.18E-19	2.34E-19	3.36E-20	3.54E-19	7.52E-19
2000	1.90E-18	3.84E-19	1.05E-20	1.77E-20	8.91E-20	9.57E-20	1.37E-20	1.44E-19	3.07E-19
3000	1.09E-18	2.20E-19	6.00E-21	1.01E-20	5.10E-20	5.48E-20	7.86E-21	8.27E-20	1.76E-19

距离排气筒距离	Hf-172	Ta-179	Ta-182	W-181	W-185
10	3.16E-12	9.61E-14	3.64E-13	2.30E-14	8.37E-14
20	3.16E-12	9.61E-14	3.64E-13	2.30E-14	8.37E-14
50	3.16E-12	9.61E-14	3.64E-13	2.30E-14	8.37E-14
100	3.16E-12	9.61E-14	3.64E-13	2.30E-14	8.37E-14
150	3.16E-12	9.61E-14	3.64E-13	2.30E-14	8.37E-14
200	3.16E-12	9.61E-14	3.64E-13	2.30E-14	8.37E-14
237	3.16E-12	9.61E-14	3.64E-13	2.30E-14	8.37E-14
238	3.08E-17	9.35E-19	3.54E-18	2.24E-19	8.14E-19
300	2.41E-17	7.33E-19	2.78E-18	1.76E-19	6.38E-19
400	1.77E-17	5.38E-19	2.04E-18	1.29E-19	4.69E-19
500	1.38E-17	4.20E-19	1.59E-18	1.01E-19	3.66E-19
1000	6.13E-18	1.86E-19	7.06E-19	4.47E-20	1.62E-19
2000	2.50E-18	7.61E-20	2.88E-19	1.82E-20	6.62E-20
3000	1.43E-18	4.36E-20	1.65E-19	1.05E-20	3.80E-20

东莞研究院厂区内公众（非辐射工作人员）居留因子以 2500/8760 计，红线外建筑物内公众居留因子以 1 计，气载放射性流出物所致敏感点公众个人年有效剂量计算结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-13。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-13 气载放射性流出物所致敏感点公众个人年有效剂量

敏感点	距离 (m)		年有效剂量 (Sv/a)
	30m 高排气筒		
	方位	距离	主工艺厂房气载流出物所致
厂区内	四周	<238	1.55E-08
樟木头林场*	SW	280	1.27E-13
水平村*	N	590	5.64E-14
启东学校	NW	1140	2.56E-14
启东实验幼儿园	NW	1140	2.56E-14
水平燕燕幼儿园	NE	1250	2.28E-14
水平社区卫生服务站	NW	1560	1.71E-14
犀牛陂村*	NW	1660	1.58E-14
屏山社区*	NE	1800	1.42E-14
刘坤亮卫生所	NE	1870	1.35E-14
吴春华卫生所	NE	2120	1.14E-14
真爱幼幼托育园	NE	2430	9.44E-15
香港城市大学（东莞）	NE	2560	8.78E-15
松山湖第二幼儿园	NE	2650	8.37E-15
清澜山学校	NE	2940	7.25E-15
松木山村*	N	2960	7.18E-15

注：*表中距离为该村民宅距通风中心 30m 高烟囱最近距离。

从表错误!文档中没有指定样式的文字。-13 可见，本项目正常工况下放射性流出物所致红线内敏感点处公众受照剂量小于 $1.55 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，敏感点处公众最大受照剂量为 $1.55 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ；红线外敏感点处公众受照剂量在 $7.18 \times 10^{-15} \text{Sv/a} \sim 1.27 \times 10^{-13} \text{Sv/a}$ 范围，敏感点处公众最大受照剂量为 $1.27 \times 10^{-10} \text{mSv/a}$ 。

3) 放射性流出物三关键

以樟木头林场为关键居民组，对于关键居民组，各途径、各核素贡献见表错误!文档中没有指定样式的文字。-14。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-14 关键居民组各途径、各核素贡献

核素	空气浸没 外照射 (Sv/a)	地表沉积 外照射 (Sv/a)	吸入内照射 (Sv/a)	合计 (Sv/a)	份额
H-3	6.48E-27	0.00E+00	4.27E-14	4.27E-14	3.35E-01
Na-22	9.26E-20	2.50E-15	2.98E-19	2.50E-15	1.96E-02
Cl-36	1.13E-32	2.43E-28	1.40E-21	1.40E-21	1.10E-08
Mn-54	3.57E-19	3.22E-15	3.46E-18	3.22E-15	2.53E-02
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	8.93E-19	8.93E-19	7.01E-06
Co-57	1.39E-27	1.11E-23	2.08E-18	2.08E-18	1.63E-05
Co-58	1.24E-19	2.53E-16	1.45E-18	2.55E-16	2.00E-03
Co-60	1.54E-18	7.84E-14	1.00E-16	7.85E-14	6.16E-01
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	1.29E-16	1.29E-16	1.01E-03
Zn-65	3.92E-22	2.70E-18	7.87E-21	2.71E-18	2.13E-05
Nb-93m	2.37E-30	2.81E-24	8.08E-18	8.08E-18	6.34E-05
Cd-109	2.44E-22	1.23E-17	1.73E-18	1.40E-17	1.10E-04
Ce-139	2.39E-28	1.10E-24	5.68E-19	5.68E-19	4.46E-06
Pm-143	7.42E-28	6.02E-24	6.40E-19	6.40E-19	5.02E-06
Pm-146	3.70E-29	2.17E-24	1.82E-19	1.82E-19	1.43E-06
Pm-147	5.51E-25	2.99E-21	8.27E-20	8.56E-20	6.73E-07
Sm-145	1.06E-28	2.22E-24	8.88E-19	8.88E-19	6.97E-06
Eu-149	2.75E-30	1.05E-26	2.98E-21	2.98E-21	2.34E-08
Eu-152	3.16E-27	3.39E-22	1.97E-17	1.97E-17	1.55E-04
Eu-154	1.78E-20	4.45E-23	3.96E-18	3.98E-18	3.12E-05
Eu-155	1.50E-22	2.84E-25	1.08E-19	1.09E-19	8.49E-07
Gd-151	5.59E-29	2.90E-25	1.84E-19	1.84E-19	1.44E-06
Gd-153	1.94E-28	1.93E-24	9.23E-19	9.23E-19	7.24E-06
Tb-160	9.34E-28	1.89E-24	9.92E-19	9.92E-19	7.79E-06
Dy-159	5.72E-29	4.43E-25	1.42E-19	1.42E-19	1.11E-06
Lu-172	1.03E-26	1.94E-24	1.50E-18	1.50E-18	1.18E-05

核素	空气浸没外照射 (Sv/a)	地表沉积外照射 (Sv/a)	吸入内照射 (Sv/a)	合计 (Sv/a)	份额
Lu-173	8.05E-28	1.46E-23	3.18E-18	3.18E-18	2.50E-05
Hf-172	3.92E-28	1.07E-23	2.60E-17	2.60E-17	2.04E-04
Ta-179	1.83E-28	5.07E-24	7.88E-19	7.88E-19	6.19E-06
Ta-182	2.28E-27	7.26E-24	2.99E-18	2.99E-18	2.35E-05
W-181	1.17E-27	5.75E-24	1.89E-19	1.89E-19	1.48E-06
W-185	3.66E-30	1.36E-26	6.87E-19	6.87E-19	3.35E-01
合计	2.13E-18	8.44E-14	4.30E-14	8.47E-14	1.000E+00
份额	1.67E-05	6.62E-01	3.38E-01	1.000E+00	

从上表可知，放射性流出物计算中关键途径为空气浸没外照射，其所致剂量为 $8.44 \times 10^{-14} \text{Sv/a}$ ，约占总剂量的 66.2%；关键核素为 ^{60}Co ，其所致剂量为 $7.85 \times 10^{-14} \text{Sv/a}$ ，约占总剂量的 61.6%。

4) 小结

综上所述，公众所受年最大受照剂量主要来自气载放射性流出物排放造成的辐射剂量，经计算公众所受年最大受照剂量如下表。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-15 本项目所致敏感点公众个人年有效射剂量

敏感点	距离 (m)		年有效剂量 (Sv/a)	
	30m 高排气筒		主工艺厂房气载流出物所致	合计
	方位	距离		
厂区内	四周	<238	1.55E-08	1.55E-08
樟木头林场*	SW	280	1.27E-13	1.27E-13
水平村*	N	590	5.64E-14	5.64E-14
启东学校	NW	1140	2.56E-14	2.56E-14
启东实验幼儿园	NW	1140	2.56E-14	2.56E-14
水平燕燕幼儿园	NE	1250	2.28E-14	2.28E-14
水平社区卫生服务站	NW	1560	1.71E-14	1.71E-14
犀牛陂村*	NW	1660	1.58E-14	1.58E-14
屏山社区*	NE	1800	1.42E-14	1.42E-14
刘坤亮卫生	NE	1870	1.35E-14	1.35E-14

敏感点	距离 (m)		年有效剂量 (Sv/a)	
	30m 高排气筒		主工艺厂房气载流出物所致	合计
	方位	距离		
所				
吴春华卫生所	NE	2120	1.14E-14	1.14E-14
真爱幼幼托育园	NE	2430	9.44E-15	9.44E-15
香港城市大学(东莞)	NE	2560	8.78E-15	8.78E-15
松山湖第二幼儿园	NE	2650	8.37E-15	8.37E-15
清澜山学校	NE	2940	7.25E-15	7.25E-15
松木山村*	N	2960	7.18E-15	7.18E-15

从表错误!文档中没有指定样式的文字。-15 可见,本项目正常工况下放射性流出物所致厂区周围敏感点处公众受照剂量在 $7.18 \times 10^{-15} \text{Sv/a} \sim 1.27 \times 10^{-13} \text{Sv/a}$ 范围,敏感点处公众最大受照剂量为 $1.55 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$,小于本项目规定的剂量约束值 0.1mSv/a ,是可接受的。

5.2.2.2 工作人员职业照射剂量

本项目实施过程中,主要包括对各种退役部件进行取样、制样及性能测试,本次评价将依据不同退役部件的源项与工艺流程,展开对工作人员职业照射剂量的估算。

5.2.2.2.1 退役部件取样、制样与性能测试所致工作人员剂量

本项目退役部件取样、制样与性能测试过程均在大热室或样品处理热室内进行,涉及放射性物质操作的工作人员分为部件转运、取样制样及样品转运岗、样品处理及性能测试岗、清污、废物储存操作岗。部件转运、取样制样及样品转运岗主要负责退役部件与设备的转运及安装,并操作取样工装以及线切割工装对退役部件进行取样、制样;样品处理及性能测试岗主要负责对样品进行磨抛处理及性能测试;清污、废物储存操作岗主要负责性能测试后对热室的清污工作。本次评价分别选取操作人员所处的实际点位作为职业人员受照剂量率的预测点。

(1) 外照射致职业人员受照剂量

退役部件取样、制样与性能测试过程中仅产生 γ 射线。 γ 射线点源所致剂量的基本公式如式 5.2-1~5.2-3 及如下：

$$D_A = k \cdot D_a \quad \text{式 5.2-14}$$

其中：

k ——剂量转换因子，取值为 1；

D_a ——空气吸收剂量率，单位 Gy/h；

D_A ——有效剂量率，单位 Sv/h。

退役部件取样、制样与性能测试产生的 γ 外照射致职业人员受照剂量预测所依据参数及计算结果列于表错误!文档中没有指定样式的文字。-16。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-16 外照射致退役部件取样、制样与性能测试工作人员受照剂量

操作内容	操作位置	涉及核素 核素	操作位辐 射剂量率 (Sv/h)	年操作时 间 (h)	年有效剂 量 (Sv/a)	工作人员 年有效剂 量 (Sv/a)
退役部件 转运、取 样、制样及 性能测试	大热室外 操作位，与 退役部件 相距 3 米	H-3	0.00E+00	900	0.00E+00	6.59E-06
		Na-22	3.81E-11		3.43E-08	
		Cl-36	3.46E-12		3.12E-09	
		Mn-54	1.52E-11		1.37E-08	
		Fe-55	0.00E+00		0.00E+00	
		Co-57	1.02E-32		9.17E-30	
		Co-58	6.18E-09		5.56E-06	
		Co-60	6.88E-10		6.19E-07	
		Ni-63	0.00E+00		0.00E+00	
		Zn-65	9.84E-14		8.85E-11	
		Nb-93m	4.40E-262		3.96E-259	
		Cd-109	0.00E+00		0.00E+00	
		Ce-139	7.58E-28		6.83E-25	
		Pm-143	5.84E-13		5.26E-10	
		Pm-146	3.25E-14		2.92E-11	
		Pm-147	6.24E-30		5.61E-27	
		Sm-145	4.18E-16		3.76E-13	
Eu-149	4.94E-16	4.44E-13				
Eu-152	5.18E-11	4.67E-08				
Eu-154	6.52E-12	5.87E-09				

操作内容	操作位置	涉及核素 核素	操作位辐 射剂量率 (Sv/h)	年操作时 间 (h)	年有效剂 量 (Sv/a)	工作人员 年有效剂 量 (Sv/a)
		Eu-155	1.55E-46		1.40E-43	
		Gd-151	1.00E-12		9.04E-10	
		Gd-153	3.94E-46		3.54E-43	
		Tb-160	3.97E-12		3.57E-09	
		Dy-159	1.11E-100		9.98E-98	
		Lu-172	3.10E-10		2.79E-07	
		Lu-173	4.07E-13		3.67E-10	
		Hf-172	5.77E-35		5.20E-32	
		Ta-179	0.00E+00		0.00E+00	
		Ta-182	2.95E-11		2.66E-08	
		W-181	3.06E-30		2.75E-27	
		W-185	2.60E-39		2.34E-36	
样品磨抛	样品处理 热室操作 位, 与样品 相距 1m	H-3	0.00E+00	150	0.00E+00	2.77E-04
		Na-22	1.46E-07		2.19E-05	
		Cl-36	3.66E-09		5.50E-07	
		Mn-54	3.36E-08		5.05E-06	
		Fe-55	0.00E+00		0.00E+00	
		Co-57	9.17E-22		1.38E-19	
		Co-58	2.35E-29		3.52E-27	
		Co-60	4.93E-07		7.39E-05	
		Ni-63	0.00E+00		0.00E+00	
		Zn-65	4.57E-10		6.85E-08	
		Nb-93m	2.89E-197		4.33E-195	
		Cd-109	0.00E+00		0.00E+00	
		Ce-139	5.25E-18		7.87E-16	
		Pm-143	1.03E-08		1.55E-06	
		Pm-146	5.56E-10		8.35E-08	
		Pm-147	1.41E-21		2.12E-19	
		Sm-145	3.72E-11		5.59E-09	
		Eu-149	2.59E-11		3.88E-09	
		Eu-152	1.70E-07		2.55E-05	
		Eu-154	2.50E-08		3.75E-06	
		Eu-155	1.35E-32		2.02E-30	
		Gd-151	6.68E-09		1.00E-06	
		Gd-153	4.62E-32		6.93E-30	
		Tb-160	2.44E-08		3.66E-06	
Dy-159	4.71E-73	7.07E-71				
Lu-172	8.09E-07	1.21E-04				
Lu-173	1.30E-08	1.96E-06				

操作内容	操作位置	涉及核素 核素	操作位辐 射剂量率 (Sv/h)	年操作时 间 (h)	年有效剂 量 (Sv/a)	工作人员 年有效剂 量 (Sv/a)
		Hf-172	1.09E-22		1.63E-20	
		Ta-179	0.00E+00		0.00E+00	
		Ta-182	1.11E-07		1.67E-05	
		W-181	1.23E-19		1.84E-17	
		W-185	7.74E-27		1.16E-24	
热室清污	热室内部, 与污染源 相距 0.65m	所有核素	5.92E-06	20	1.18E-04	1.18E-04

(2) 吸入内照射致职业人员受照剂量

职业人员吸入污染空气所致内照射剂量计算公式:

$$D_i^{inh} = C_i \cdot BR \cdot t \cdot DRF_{inh} \quad \text{式 5.2-15}$$

其中:

D_i^{inh} ——吸入内照射剂量, Sv;

C_i ——空气中放射性物质的活度浓度, Bq/m³;

BR ——呼吸率, m³/s, 取 2.67×10^{-4} m³/s;

t ——工作人员的受照时间, s;

DRF_{inh} ——吸入剂量转换因子, Sv/Bq;

各核素的吸入剂量转换因子见表错误!文档中没有指定样式的文字。-8, 根据源项分析, 退役部件取样、制样与性能测试时大热室及样品处理热室操作前区空气中气溶胶活度浓度及吸收内照射致工作人员剂量计算参数及结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-17。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-17 吸入内照射致退役部件取样、制样与性能测试
工作人员受照剂量

操作内容	涉及核素	场所内气溶胶活度浓 度 (Bq/m ³)	年操作时 间 (h)	年有效剂 量 (Sv/a)	工作人员年有效 剂量 (Sv/a)
退役部件 转运、取 样、制样及 性能测试	H-3	5.41E+01	900	1.22E-05	2.10E-05
	Na-22	7.53E-03		8.46E-09	
	Cl-36	1.39E-04		3.98E-11	
	Mn-54	7.59E-02		9.84E-08	
	Fe-55	1.63E-01		2.54E-08	

操作内容	涉及核素	场所内气溶胶活度浓度 (Bq/m ³)	年操作时间 (h)	年有效剂量 (Sv/a)	工作人员年有效剂量 (Sv/a)
	Co-57	6.84E-02		5.92E-08	
	Co-58	2.28E-02		4.13E-08	
	Co-60	1.06E-01		2.85E-06	
	Ni-63	3.26E+00		3.66E-06	
	Zn-65	1.18E-04		2.24E-10	
	Nb-93m	1.48E-01		2.30E-07	
	Cd-109	7.02E-03		4.92E-08	
	Ce1-39	9.83E-03		1.62E-08	
	Pm-143	1.40E-02		1.82E-08	
	Pm-146	2.85E-04		5.17E-09	
	Pm-147	5.44E-04		2.35E-09	
	Sm-145	1.82E-02		2.53E-08	
	Eu-149	3.38E-04		8.47E-11	
	Eu-152	1.54E-02		5.61E-07	
	Eu-154	2.46E-03		1.13E-07	
	Eu-155	5.17E-04		3.08E-09	
	Gd-151	7.02E-03		5.22E-09	
	Gd-153	1.45E-02		2.63E-08	
	Tb-160	4.66E-03		2.82E-08	
	Dy-159	1.26E-02		4.04E-09	
	Lu-172	3.08E-02		4.26E-08	
	Lu-173	4.36E-02		9.05E-08	
	Hf-172	2.67E-02		7.38E-07	
	Ta-179	4.63E-02		2.24E-08	
Ta-182	9.83E-03	8.50E-08			
W-181	2.30E-01	5.38E-09			
W-185	5.41E+01	1.95E-08			
样品抛磨	H-3	3.36E+02	150	1.26E-05	3.68E-04
	Na-22	4.67E+00		8.75E-07	
	Cl-36	8.67E-02		4.12E-09	
	Mn-54	9.41E+00		2.03E-06	
	Fe-55	2.02E+01		5.25E-07	
	Co-57	8.44E+00		1.22E-06	
	Co-58	2.82E+00		8.55E-07	
	Co-60	1.32E+01		5.89E-05	
	Ni-63	4.03E+02		7.55E-05	
	Zn-65	7.30E-02		2.32E-08	
	Nb-93m	9.11E+01		2.36E-05	

操作内容	涉及核素	场所内气溶胶活度浓度 (Bq/m ³)	年操作时间 (h)	年有效剂量 (Sv/a)	工作人员年有效剂量 (Sv/a)
	Cd-109	4.36E+00		5.09E-06	
	Ce-139	6.10E+00		1.67E-06	
	Pm-143	8.74E+00		1.89E-06	
	Pm-146	1.76E-01		5.34E-07	
	Pm-147	3.37E-01		2.43E-07	
	Sm-145	1.13E+01		2.61E-06	
	Eu-149	2.08E-01		8.70E-09	
	Eu-152	9.56E+00		5.79E-05	
	Eu-154	1.53E+00		1.17E-05	
	Eu-155	3.21E-01		3.19E-07	
	Gd-151	4.36E+00		5.40E-07	
	Gd-153	8.96E+00		2.71E-06	
	Tb-160	2.89E+00		2.92E-06	
	Dy-159	7.85E+00		4.19E-07	
	Lu-172	1.92E+01		4.43E-06	
	Lu-173	2.70E+01		9.33E-06	
	Hf-172	1.65E+01		7.62E-05	
	Ta-179	2.87E+01		2.32E-06	
	Ta-182	6.10E+00		8.79E-06	
	W-181	1.43E+02		5.57E-07	
	W-185	1.16E+02		2.01E-06	

(3) 空气浸没外照射致职业人员受照剂量

工作人员空气浸没所致外照射剂量计算公式:

$$D_i^{im} = C_i \cdot DF_{im} \cdot O_f \quad \text{式 5.2-16}$$

其中:

D_i^{im} ——空气浸没外照射剂量, Sv/a;

C_i ——空气中放射性物质的活度浓度, Bq/m³;

DF_{im} ——空气浸没剂量转换因子, Sv m³ Bq⁻¹ a⁻¹;

O_f ——一年中人员受到空气浸没外照射的时间份额。

各核素的空气浸没外照射转换因子见表错误!文档中没有指定样式的文字。

-8, 根据源项分析, 退役部件取样、制样与性能测试时大热室及样品处理热室操

作前区空气中气溶胶活度浓度及空气浸没外照射致工作人员剂量计算参数及结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-18。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-18 空气浸没外照射致退役部件取样、制样与性能

测试工作人员受照剂量

场所	涉及核素	场所内气溶胶活度浓度 (Bq/m ³)	年有效剂量 (Sv/a)	工作人员年有效剂量 (Sv/a)
大热室操作 间	H-3	5.41E+01	1.79E-17	5.89E-07
	Na-22	7.53E-03	2.56E-08	
	Cl-36	1.39E-04	3.11E-21	
	Mn-54	7.59E-02	9.86E-08	
	Fe-55	1.63E-01	0.00E+00	
	Co-57	6.84E-02	3.84E-16	
	Co-58	2.28E-02	3.41E-08	
	Co-60	1.06E-01	4.25E-07	
	Ni-63	3.26E+00	0.00E+00	
	Zn-65	1.18E-04	1.08E-10	
	Nb-93m	1.48E-01	6.55E-19	
	Cd-109	7.02E-03	6.74E-11	
	Ce-139	9.83E-03	6.61E-17	
	Pm-143	1.40E-02	2.05E-16	
	Pm-146	2.85E-04	1.02E-17	
	Pm-147	5.44E-04	1.52E-13	
	Sm-145	1.82E-02	2.94E-17	
	Eu-149	3.38E-04	7.59E-19	
	Eu-152	1.54E-02	8.72E-16	
	Eu-154	2.46E-03	4.92E-09	
	Eu-155	5.17E-04	4.13E-11	
	Gd-151	7.02E-03	1.54E-17	
	Gd-153	1.45E-02	5.36E-17	
	Tb-160	4.66E-03	2.58E-16	
	Dy-159	1.26E-02	1.58E-17	
	Lu-172	3.08E-02	2.85E-15	
Lu-173	4.36E-02	2.22E-16		
Hf-172	2.67E-02	1.08E-16		
Ta-179	4.63E-02	5.05E-17		
Ta-182	9.83E-03	6.29E-16		
W-181	2.30E-01	3.22E-16		
W-185	5.41E+01	1.01E-18		
样品处理热 室操作间	H-3	3.36E+02	1.53E-19	1.21E-07
	Na-22	4.67E+00	2.17E-08	

场所	涉及核素	场所内气溶胶活度浓度 (Bq/m ³)	年有效剂量 (Sv/a)	工作人员年有效剂量 (Sv/a)
	Cl-36	8.67E-02	2.65E-21	
	Mn-54	9.41E+00	1.68E-08	
	Fe-55	2.02E+01	0.00E+00	
	Co-57	8.44E+00	6.49E-17	
	Co-58	2.82E+00	5.80E-09	
	Co-60	1.32E+01	7.23E-08	
	Ni-63	4.03E+02	0.00E+00	
	Zn-65	7.30E-02	9.21E-11	
	Nb-93m	9.11E+01	5.54E-19	
	Cd-109	4.36E+00	5.73E-11	
	Ce-139	6.10E+00	5.62E-17	
	Pm-143	8.74E+00	1.75E-16	
	Pm-146	1.76E-01	8.67E-18	
	Pm-147	3.37E-01	1.29E-13	
	Sm-145	1.13E+01	2.50E-17	
	Eu-149	2.08E-01	6.42E-19	
	Eu-152	9.56E+00	7.40E-16	
	Eu-154	1.53E+00	4.18E-09	
	Eu-155	3.21E-01	3.52E-11	
	Gd-151	4.36E+00	1.31E-17	
	Gd-153	8.96E+00	4.56E-17	
	Tb-160	2.89E+00	2.19E-16	
	Dy-159	7.85E+00	1.34E-17	
	Lu-172	1.92E+01	2.43E-15	
	Lu-173	2.70E+01	1.88E-16	
	Hf-172	1.65E+01	9.19E-17	
	Ta-179	2.87E+01	4.29E-17	
	Ta-182	6.10E+00	5.35E-16	
	W-181	1.43E+02	2.74E-16	
	W-185	1.16E+02	8.56E-19	

(4) 退役部件取样、制样与性能测试所致工作人员总剂量

退役部件取样、制样与性能测试所致工作人员总剂量如表错误!文档中没有指定样式的文字。-19 所示。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-19 退役部件取样、制样与性能测试所致工作人员
总剂量

岗位	贯穿外照射致工作	吸入内照射致工作	空气浸没外照射致	总受照剂量
----	----------	----------	----------	-------

	人员受照剂量 (Sv)	人员受照剂量 (Sv)	工作人员受照剂量 (Sv)	(Sv)
部件转运、取样制样、样品转运岗	6.59E-06	2.10E-05	5.89E-07	2.82E-05
性能测试、样品磨抛岗	2.84E-04	3.89E-04	7.10E-07	6.74E-04
清污、废物储存操作岗	1.18E-04	/	/	1.18E-04

由表错误!文档中没有指定样式的文字。-19 可知，退役部件取样、制样与性能测试所致工作人员的最大剂量为 0.379mSv/a。

5.2.2.2.5 本项目工作人员所受剂量汇总

本项目人员共配备 17 人，具体配置如下：

- 1) 部件转运、取样制样及样品转运岗：2 人；
- 2) 样品处理及性能测试岗：3 人；
- 3) 清污、废物存储操作岗：2 人；
- 4) 工艺及通用运行保障岗：5 人；
- 5) 设备维护与检修岗：2 人；
- 6) 组长：1 人；
- 7) 副组长：2 人。

其中仅部件转运、取样制样及样品转运岗，样品处理及性能测试岗，清污、废物储存操作岗涉及放射性操作。

本项目辐射工作人员执行本项目所受剂量汇总并叠加 2024 年工作人员年受照剂量，2024 年工作人员年受照剂量最大为 1.02mSv，结果如下表所示：

表错误!文档中没有指定样式的文字。-17 本项目辐射工作人员受照总剂量

人员	本项目所致工作人员 总剂量 (mSv)	2024 年人员年剂量 (mSv)	人员总剂量 (mSv)
部件转运、取样制样及 样品转运岗	0.0282	1.02	1.05
样品处理及性能测试 岗	0.674	1.02	1.69
清污、废物存储操作岗	0.118	1.02	1.14

由表错误!文档中没有指定样式的文字。-可知，本项目所致辐射工作人员总剂量最大为 0.674mSv/a，叠加 2024 年各工作人员受照剂量，进行本项目后，各工作人员年受照剂量最高为 1.69mSv/a，小于 10mSv/a 的剂量限值。

5.2.3 非放射性环境影响

5.2.3.1 废水环境影响

本项目非放射性废液不涉及生产废水。本项目运营期工作人员从现有工作人员中调配，不新增生活污水，依托院区原有污水处理管网进行处理。

5.2.3.2 固体废物环境影响

本项目运营期产生的固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾主要由工作人员产生。本项目工作人员为已有工作人员，不新增生活垃圾，依托院区原有生活垃圾处理设施进行处理。

5.2.3.3 噪声环境影响

(1) 噪声源强及计算参数

本项目运行期间主要噪声源为排风机房的风机、水泵等设备噪声，噪声值约 75~95dB(A)。选择先进可靠的低噪声设备，根据各噪声源的特性，采取减振、隔声和消声等降噪措施后，室外声级约 65dB(A)。治理后各噪声源强及厂界最近距离见表错误!文档中没有指定样式的文字。-。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-18 噪声源强及厂界距离 单位：dB(A)

位置	噪声源	室外源强 dB(A)	厂界最近距离 (m)			
			北厂界	东厂界	西厂界	南厂界
靶站	慢走丝切割机	65	222	210	500	164
	退役部件取样工装	65				
	退役靶体取样定制铣床	70				
	送风装置	70				
	高效排风过滤装置	70				
	万能试验机	60				
	风机	60				

(2) 预测模式

项目新增水泵、风机等工业配套辅助设备噪声可视为点声源，噪声影响预测

采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）附录 A 推荐的预测公式。

①无指向性点声源几何发散衰减

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20 \lg(r/r_0)$$

式中：L_p(r)—预测点处声压级，dB(A)；

L_p(r₀)—参考位置 r₀ 处的声压级，dB(A)；

r—预测点距声源的距离，m；

r₀—参考位置距声源的距离，m。

②多声源叠加模式

对于任何一个预测点，其总噪声效应是多个叠加声级(即各声源分别在该点的贡献值和本底噪声值)的能量总和，计算模式如下：

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}$$

式中：L_i——第 i 个声源的噪声值，dB(A)；

L——某点噪声总叠加值，dB(A)；

n——点声源个数。

(3)执行标准

项目位于夹江核技术应用产业园，厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准。

(4)预测结果及分析

预测时需要参考的噪声背景值为一期项目检测值，以及二期环评新增预测值，本项目投入使用后，厂界噪声预测结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。

-19。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-19 本项目建成后厂界噪声预测表 单位：dB(A)

测点号	昼间				评价结果
	一期检测	二期新增预测值	本项目实施后新增	本项目实施后预测值	
北厂界	61	16	29	61	达标
东厂界	50	20	29	50	达标
西厂界	53	19	22	53	达标
南厂界	49	35	32	49	达标

由上表可知，东莞研究部东面、南面、西面厂界噪声贡献值均能达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准（昼间 $\leq 60\text{dB}(\text{A})$ ，夜间 $\leq 50\text{dB}(\text{A})$ ），北侧厂界噪声贡献值能达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的4a类标准（昼间 $\leq 70\text{dB}(\text{A})$ ，夜间 $\leq 55\text{dB}(\text{A})$ ）。



图错误!文档中没有指定样式的文字。-1 新增噪声源昼间噪声贡献等声值线图

5.3 事故影响分析

5.3.1 事故分级

根据《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）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，详见表错误!文档中没有指定样式的文字。-20。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-20 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
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，或者放射性同位素失控导致9人以下（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, 或放射性同位素失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据《实用辐射安全手册》(从慧玲, 北京: 原子能出版社) 急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系, 见表错误!文档中没有指定样式的文字。-21。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-21 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量 (Gy)	发生率 (%)	辐射剂量 (Gy)	死亡率 (%)
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

5.3.2 辐射事故识别

本项目涉及操作非密封放射性物质包括: ^3H 、 ^{22}Na 、 ^{36}Cl 、 ^{54}Mn 、 ^{109}Cd 等 32 种。根据分析, 本项目可能发生的辐射事故如下:

表错误!文档中没有指定样式的文字。-22 项目可能发生的辐射事故一览表

活动	涉及核素	可能发生的事故	可能事故后果
放射性同位素操作	H-3、Na-22、Cl-36、Mn-54、Fe-55、Co-57、Co-58、Co-60、Ni-63、Zn-65、Nb-93m、Cd-109、	原料罐丢失、被盗、失控	导致公众误照射

活动	涉及核素	可能发生的事故	可能事故后果
	Ce-139、Pm-143、 Pm-146、Pm-147、 Sm-145、Eu-149、Eu-152、 Eu-154、Eu-155、Gd-151、 Gd-153、Tb-160、Dy-159、 Lu-172、Lu-173、Hf-172、 Ta-179、Ta-182、W-181、 W-185	热室泄漏或负压不足，导致 含放射性气溶胶/气体逸散 到操作前区	导致职业人员误 照射
		过滤装置吸附达到饱或受 潮等使过滤系统失效	导致公众误照射

根据各生产和销售环节放射性物质用量及核素组成情况，并根据表错误!文档中没有指定样式的文字。-22 综合分析，本项目可能发生的最大潜在事故有 3 种情况：

- (1) 负压热室发生泄漏或负压不足；
- (2) 过滤装置吸附达到饱或受潮等使过滤系统失效；
- (3) 放射性同位素丢失、被盗、失控。

5.3.3 事故影响分析

针对上述最大潜在事故进行分析，并对事故后果进行预测、分析、评价。

5.3.3.1 热室泄漏事故

(1) 事故情景假设

热室泄漏时，内部风机停止工作，挥发的放射性核素均匀分布在热室/屏蔽箱内，并通过泄漏点扩散至操作前区。操作人员在不知情的情况下，在操作前区完整完成一个批次的操作流程。

(2) 事故源项

评价保守地认为，在热室/屏蔽箱发生泄漏时，操作前区的放射性核素浓度与热室/屏蔽箱内浓度相同。由于放射性物质的挥发量较少，因而评价主要考虑职业人员所受的吸入内照射及空气浸没外照射。吸入内照射有效剂量由式 5.2-13 计算得到，空气浸没外照射有效剂量由式 5.2-9 计算得到。式中受照时间 t 的取值为工作人员单日最长工作时间，保守取 12h。

(3) 事故后果预测及评价

热室/屏蔽箱泄漏事故所致职业人员所受吸入内照射剂量预测参数及结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-23。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-23 热室/屏蔽箱泄漏事故所致职业人员吸入内照

射剂量预测结果

场所	核素	核素浓度 (Bq/m ³)	时间 (h)	吸入剂量转换因子 (Sv/Bq)*	剂量 (Sv)
大热室及样品处理热室	H-3	3.36E+05	12	2.60E-10	1.01E-03
	Na-22	4.67E+03		1.30E-09	7.00E-05
	Cl-36	8.67E+01		3.30E-10	3.30E-07
	Mn-54	9.41E+03		1.50E-09	1.63E-04
	Fe-55	2.02E+04		1.80E-10	4.20E-05
	Co-57	8.44E+03		1.00E-09	9.74E-05
	Co-58	2.82E+03		2.10E-09	6.84E-05
	Co-60	1.32E+04		3.10E-08	4.71E-03
	Ni-63	4.03E+05		1.30E-09	6.04E-03
	Zn-65	7.30E+01		2.20E-09	1.85E-06
	Nb-93m	9.11E+04		1.80E-09	1.89E-03
	Cd-109	4.36E+03		8.10E-09	4.07E-04
	Ce-139	6.10E+03		1.90E-09	1.34E-04
	Pm-143	8.74E+03		1.50E-09	1.51E-04
	Pm-146	1.76E+02		2.10E-08	4.27E-05
	Pm-147	3.37E+02		5.00E-09	1.94E-05
	Sm-145	1.13E+04		1.60E-09	2.09E-04
	Eu-149	2.08E+02		2.90E-10	6.96E-07
	Eu-152	9.56E+03		4.20E-08	4.63E-03
	Eu-154	1.53E+03		5.30E-08	9.33E-04
	Eu-155	3.21E+02		6.90E-09	2.55E-05
	Gd-151	4.36E+03		8.60E-10	4.32E-05
	Gd-153	8.96E+03		2.10E-09	2.17E-04
	Tb-160	2.89E+03		7.00E-09	2.33E-04
	Dy-159	7.85E+03		3.70E-10	3.35E-05
	Lu-172	1.92E+04		1.60E-09	3.54E-04
Lu-173	2.70E+04	2.40E-09	7.46E-04		
Hf-172	1.65E+04	3.20E-08	6.10E-03		
Ta-179	2.87E+04	5.60E-10	1.86E-04		

场所	核素	核素浓度 (Bq/m ³)	时间 (h)	吸入剂量转换因子 (Sv/Bq)*	剂量 (Sv)
	Ta-182	6.10E+03		1.00E-08	7.03E-04
	W-181	1.43E+05		2.70E-11	4.45E-05
	W-185	1.16E+05		1.20E-10	1.61E-04
合计					2.95E-02

由上表可见在热室/屏蔽箱泄漏事故状况下，职业人员吸入内照射剂量最大为 29.5mSv。

热室/屏蔽箱泄漏事故所致职业人员所受空气浸没外照射剂量预测参数及结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-24。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-24 热室/屏蔽箱泄漏事故所致职业人员空气浸没

外照射剂量预测结果

场所	核素	核素浓度 (Bq/m ³)	时间份 额	空气浸没剂量转换因 子 (Sv/Bq)*	剂量 (Sv)
大热室及样品处理热 室	H-3	3.36E+05	1.37E-03	3.31E-19	1.52E-16
	Na-22	4.67E+03		3.40E-06	2.17E-05
	Cl-36	8.67E+01		2.23E-17	2.65E-18
	Mn-54	9.41E+03		1.30E-06	1.68E-05
	Fe-55	2.02E+04		0	0.00E+00
	Co-57	8.44E+03		5.61E-15	6.49E-14
	Co-58	2.82E+03		1.50E-06	5.80E-06
	Co-60	1.32E+04		4.00E-06	7.22E-05
	Ni-63	4.03E+05		0	0.00E+00
	Zn-65	7.30E+01		9.20E-07	9.20E-08
	Nb-93m	9.11E+04		4.44E-18	5.54E-16
	Cd-109	4.36E+03		9.60E-09	5.73E-08
	Ce-139	6.10E+03		6.73E-15	5.62E-14
	Pm-143	8.74E+03		1.46E-14	1.75E-13
	Pm-146	1.76E+02		3.59E-14	8.67E-15
	Pm-147	3.37E+02		2.80E-10	1.29E-10
Sm-145	1.13E+04	1.61E-15	2.50E-14		
Eu-149	2.08E+02	2.25E-15	6.42E-16		

场所	核素	核素浓度 (Bq/m ³)	时间份 额	空气浸没剂量转换因 子 (Sv/Bq)*	剂量 (Sv)
	Eu-152	9.56E+03		5.65E-14	7.40E-13
	Eu-154	1.53E+03		2.00E-06	4.18E-06
	Eu-155	3.21E+02		8.00E-08	3.51E-08
	Gd-151	4.36E+03		2.20E-15	1.31E-14
	Gd-153	8.96E+03		3.71E-15	4.56E-14
	Tb-160	2.89E+03		5.54E-14	2.19E-13
	Dy-159	7.85E+03		1.25E-15	1.34E-14
	Lu-172	1.92E+04		9.25E-14	2.43E-12
	Lu-173	2.70E+04		5.10E-15	1.88E-13
	Hf-172	1.65E+04		4.06E-15	9.19E-14
	Ta-179	2.87E+04		1.09E-15	4.29E-14
	Ta-182	6.10E+03		6.40E-14	5.34E-13
	W-181	1.43E+05		1.40E-15	2.74E-13
	W-185	1.16E+05		5.37E-18	8.55E-16
合计					1.21E-04

由上表可见在热室/屏蔽箱泄漏事故状况下，职业人员空气浸没外照射剂量最大为 121 μ Sv。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-25 热室/屏蔽箱泄漏事故所致职业人员受照剂量
预测结果

场所	代表核素	吸入内照射剂量(Sv)	空气浸没外照射剂量(Sv)	总剂量(Sv)
大热室及样品处理热室	H-3、Na-22、Cl-36、Mn-54、Fe-55、Co-57、Co-58、Co-60、Ni-63、Zn-65、Nb-93m、Cd-109、Ce-139、Pm-143、Pm-146、Pm-147、Sm-145、Eu-149、Eu-152、Eu-154、Eu-155、Gd-151、Gd-153、Tb-160、Dy-159、Lu-172、Lu-173、Hf-172、Ta-179、Ta-182、W-181、W-185	2.95E-02	1.21E-04	2.96E-02

由上表可见在热室/屏蔽箱泄漏事故状况下，职业人员所受照射剂量最大为30.5mSv，会超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中20mSv的剂量限值。由表5.3-2可知，急性放射病的发生率低于1%，死亡率低于1%。因此，在热室/屏蔽箱泄漏时，大概率构成一般事故。

5.3.3.2 过滤系统失效事故

(1)事故情景假设

假定两级过滤器同时失效后24小时内发现并更换过滤器，当天产生的放射性物质全部排放到大气中。

(2)事故源项

过滤系统失效事故气载流出物源项见下表。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-26 过滤系统失效事故气载流出物源项

排气筒所在建筑	核素	气载流出物途径排放量(Bq)
通风中心	H-3	4.96E+05
	Na-22	6.90E+03
	Cl-36	1.28E+02
	Mn-54	6.96E+04
	Fe-55	1.50E+05
	Co-57	6.27E+04
	Co-58	2.09E+04

排气筒所在建筑	核素	气载流出物途径排放量 (Bq)
	Co-60	9.75E+04
	Ni-63	2.99E+06
	Zn-65	1.08E+02
	Nb-93m	1.35E+05
	Cd-109	6.44E+03
	Ce-139	9.01E+03
	Pm-143	1.29E+04
	Pm-146	2.61E+02
	Pm-147	4.99E+02
	Sm-145	1.67E+04
	Eu-149	3.10E+02
	Eu-152	1.42E+04
	Eu-154	2.25E+03
	Eu-155	4.74E+02
	Gd-151	6.44E+03
	Gd-153	1.33E+04
	Tb-160	4.27E+03
	Dy-159	1.16E+04
	Lu-172	2.82E+04
	Lu-173	4.00E+04
	Hf-172	2.45E+04
	Ta-179	4.25E+04
	Ta-182	9.01E+03
	W-181	2.11E+05
	W-185	1.73E+05

(3) 事故后果预测及评价

在事故工况下，考虑烟羽吸入途径对公众造成的内照射和空气浸没途径对公众造成的外照射，评价采用5.2.2.1节所述模式，保守考虑单次事故对公众产生的长期影响，计算结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-27。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-27 过滤系统失效事故所致公众受照剂量预测结果

距排放口距离 (m)	空气浸没外照射剂量 (Sv)	吸入内照射剂量 (Sv)	总剂量 (Sv)
10	7.117E-12	1.052E-09	1.06E-09
20	7.117E-12	1.052E-09	1.06E-09

距排放口距离 (m)	空气浸没外照射剂量 (Sv)	吸入内照射剂量 (Sv)	总剂量 (Sv)
50	7.117E-12	1.052E-09	1.06E-09
100	7.117E-12	1.052E-09	1.06E-09
150	7.117E-12	1.052E-09	1.06E-09
154	7.117E-12	1.052E-09	1.06E-09
155	7.117E-12	1.052E-09	1.06E-09
200	2.493E-13	3.684E-11	3.71E-11
300	1.954E-13	2.888E-11	2.91E-11
400	1.435E-13	2.120E-11	2.13E-11
500	1.121E-13	1.657E-11	1.67E-11
1000	4.969E-14	7.342E-12	7.39E-12
2000	2.028E-14	2.997E-12	3.02E-12
3000	1.162E-14	1.717E-12	1.73E-12

根据表错误!文档中没有指定样式的文字。-27, 在过滤器失效状态下, 评价范围内最大受照射剂量为 $1.06 \times 10^{-9} \text{Sv}$ 。

本项目红线内建筑物内公众(非辐射工作人员)居留因子以 2500/8760 计, 红线外建筑物内公众居留因子以 1 计, 事故工况下气载放射性流出物所致敏感点公众个人年有效剂量计算结果见表错误!文档中没有指定样式的文字。-28。

表错误!文档中没有指定样式的文字。-28 过滤系统失效事故气载放射性流出物所致敏感点公众个人年有效射剂量

敏感点	距离 (m)		年有效剂量 (Sv/a)
	30m 高排气筒		
	方位	距离	主工艺厂房气载流出物所致
厂区内	四周	<238	3.02E-07
樟木头林场*	SW	280	3.127E-08
水平村*	N	590	1.383E-08
启东学校	NW	1140	6.278E-09
启东实验幼儿园	NW	1140	6.278E-09
水平燕燕幼儿园	NE	1250	5.587E-09
水平社区卫生服务站	NW	1560	4.197E-09
犀牛陂村*	NW	1660	3.868E-09
屏山社区*	NE	1800	3.474E-09
刘坤亮卫生所	NE	1870	3.301E-09

敏感点	距离 (m)		年有效剂量 (Sv/a)
	30m 高排气筒		主工艺厂房气载流出物所致
	方位	距离	
吴春华卫生所	NE	2120	2.788E-09
真爱幼幼托育园	NE	2430	2.314E-09
香港城市大学 (东莞)	NE	2560	2.154E-09
松山湖第二幼儿园	NE	2650	2.054E-09
清澜山学校	NE	2940	1.778E-09
松木山村*	N	2960	1.761E-09

从表错误!文档中没有指定样式的文字。-28 可见,本项目过滤系统失效事故工况下放射性流出物所致厂区周围敏感点处公众受照剂量最大为 $3.02 \times 10^{-4} \text{mSv}$, 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中 1mSv 的剂量限值,因此在过滤系统失效事故工况下,不构成辐射事故。

5.3.3.3 放射性同位素丢失、被盗、失控事故

本项目为甲级非密封放射性工作场所的改扩建。根据中华人民共和国国务院令 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, I 类放射源丢失、被盗、失控或放射性同位素失控属于特别重大辐射事故。

5.3.4 事故预防措施

针对上述本项目可能发生的 3 种事故,拟分别采取以下事故预防措施。

(1) 热室泄漏事故防范措施

制定辐射防护设施的维护保养制度,并定期对热室/屏蔽箱进行维护和检修,同时为及时发现热室/屏蔽箱泄漏,避免放射性气体逸散到操作间对人员造成误照射,环评建议建设单位配备含移动式气溶胶监测设备或定期委托监测单位对辐射工作场所的放射性气溶胶进行监测。

(2) 过滤系统失效事故

制定辐射防护设施的维护保养制度,定期对过滤装置的过滤效率进行检查,并在废气排放烟囱设置自动监测设备,当效率达不到使用要求时,及时对过滤器滤芯进行更换。

(3) 放射性同位素丢失、被盗、失控事故

建设单位对放射源实施了严密的保卫措施和制度，确保放射源处于受控状态。特别是高活度放射源，存放在有足够屏蔽能力的铅罐内，并有专门的贮存设施，专人负责管理。因此，在实际情况中，这种放射源丢失、被盗、失控事故几乎不可能发生。同时，建设单位制定了完善的事故应急预案，以将事故不良后果降至最低。

（4）火灾

供电设计留有一定的安全裕量；加强易燃易爆物品的管理；现场备足灭火器材；加强供电电缆和用电设备的检查；加强安全教育。

第六章 辐射安全管理

6.1 机构与人员

6.1.1 辐射安全与环境保护机构

东莞研究部已成立辐射安全与环境保护小组，由东莞研究部副主任以及相关部门负责人组成，详见附件 5（2025（技办例字 12 号））。相关职责如下：

1. 全面贯彻落实国家有关辐射安全与环境保护的方针、政策、法律、法规和标准，以及上级部门的工作部署。
2. 领导和部署东莞研究部的辐射安全与环境保护管理工作。
3. 研究决定东莞研究部辐射安全与环境保护重大事项，并为其提供必要的组织、人员、经费保障。
4. 建立健全东莞研究部辐射安全与环境保护应急管理体系，提高应对相关事故、灾难的应急能力。
5. 组织协调东莞研究部科研过程中发生的各类辐射安全与环境保护事件或事故的调查处理和应急救援工作，研究提出事故处理意见。

具体的辐射安全与环境保护工作由东莞研究部技术安全办公室组织开展，专职负责全东莞研究部包括核技术应用在内的所有辐射实践活动的辐射安全与环境保护。

相关职责如下：

1. 组织并保持东莞研究部辐射安全与环境保护体系的有效运行。
2. 组织实施东莞研究部辐射安全与环境保护体系程序文件的编制与升版，确保体系得到持续改进和提升。
3. 负责编制东莞研究部辐射安全与环境保护工作计划，确保和分解管理目标，并监督检查其执行情况。
4. 组织东莞研究部安全隐患排查，提出隐患治理与管理建议，并督促责任单位落实隐患治理与问题整改工作。
5. 负责辐射安全、放射性同位素管控、危险化学品管理、特种设备管理、员工劳动保护、环境保护、事故应急等综合监督管理。

6. 加强监管力度，制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为。
7. 制定并组织实施辐射事故应急救援演练工作。
8. 负责东莞研究部消防管理，定期组织检查防火装置，消除可能的火灾隐患。

6.1.2 辐射工作人员配备计划

东莞研究部现有辐射工作人员 646 名，所有辐射工作人员均已参加核技术利用辐射安全与防护考核并取得相应证书。本项目相关的辐射工作人员共 17 人，配置情况如表 6.1-1 所示，辐射安全与防护取证及最近 4 个季度个人剂量如表 6.1-2 所示。若后续新增辐射工作人员应按照《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年第 9 号）的相关要求参加培训，考核合格后方可上岗。

表 6.1-1 本项目辐射工作人员配置表

序号	岗位		人数(人)
1	部件转运、取样制样及样品转运岗		2
2	样品处理及性能测试岗		3
3	清污、废物存储操作岗		2
4	工艺及通用运行保障岗		5
5	设备维护与检修岗		2
6	管理人员	组长	1
7		副组长	2
合计			17

表 6.1-2 本项目辐射工作人员取证及个人剂量表

序号	姓名	证书号	个人剂量 (mSv)				
			23 年 1 季度	23 年 2 季度	23 年 3 季度	23 年 4 季度	23 年 合计
1	殷雯	FS21GD2300616	M	0.09	0.02	0.05	0.16
2	李治多	FS21GD2300571	M	0.14	0.09	M	0.23
3	陈宇	FS22GD2300533	M	0.06	0.01	0.11	0.18
4	吴宙腾	FS23GD2301374	0.06	0.05	0.25	0.08	0.44
5	陈曦	FS23GD2300107	0.19	0.12	0.05	0.02	0.38
6	赵崇光	FS23GD2300813	M	0.08	0.33	0.18	0.59
7	马静静	FS23GD2300816	0.03	M	M	M	0.03
8	魏少红	FS21GD2300572	0.13	0.19	M	0.11	0.43
9	江新国	FS23GD2301002	/	/	/	0.17	0.17
10	袁柳斌	FS21GD2300567	0.61	0.04	0.29	0.08	1.02

序号	姓名	证书号	个人剂量 (mSv)				
			23年 1季度	23年 2季度	23年 3季度	23年 4季度	23年 合计
11	梁辉宏	FS23GD2300993	M	0.10	0.03	0.19	0.32
12	马弘波	FS22GD2300524	M	0.08	0.05	0.09	0.22
13	何宁	FS23GD2300818	M	0.33	0.17	0.07	0.57
14	范霖	FS21GD2300755	0.17	0.06	0.09	0.11	0.43
15	刘宇	FS23GD2300792	M	0.10	M	0.24	0.34
16	夏远光	FS21GD2300558	M	0.05	0.08	0.02	0.15
17	陈子聪	/	/	/	/	/	/

注：M表示小于测量系统的最低可探测水平（MDL），/表示无检测数据。

6.2 辐射安全管理规章制度

东莞研究部根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，为了加强对放射性同位素、射线装置的防护和安全管理，减少辐射事故的发生几率和危害，确保科研工程顺利进行，保障职工身体健康，保护环境，制定了相应的辐射安全与防护管理制度。辐射安全管理规章制度详见表 6.2-1。

东莞研究部现有的辐射安全与防护管理制度经升版后，能够满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对本项目的相关要求。

表 6.2-1 辐射安全管理制度清单

序号	文件名称	备注
1	高能所东莞研究部辐射防护大纲	已制定
2	高能所东莞研究部安全防护设施维护维修制度	已制定
3	高能所东莞研究部个人剂量监测管理规定	已制定
4	高能所东莞研究部环境及场所辐射剂量监测制度	待升版
5	高能所东莞研究部密封放射源和射线装置台账管理规定	已制定
6	高能所东莞研究部辐射工作人员培训制度	已制定
7	高能所东莞研究部密封放射源使用管理规定	已制定
8	高能所东莞研究部放射源源库安全管理制度	已制定
9	高能所东莞研究部辐射事故应急预案	待升版
10	高能所东莞研究部控制区维修人员剂量控制管理规定	已制定
11	高能所东莞研究部来访人员进入辐射工作场所管理规定	已制定
12	高能所东莞研究部实验样品管理规定	已制定
13	中国散裂中子源用户实验辐射安全管理制度	已制定
14	高能所东莞研究部加速器隧道火灾应急处置流程	已制定

序号	文件名称	备注
15	高能所东莞研究部加速器隧道漏水应急处置流程	已制定
16	南方光源预研平台高频超导腔测试操作规程	已制定
17	伴生质子束实验平台操作规程	已制定
18	X 射线三维分层成像仪操作规程	已制定
19	高能所东莞研究部豁免放射源管理规定	已制定
20	高能所东莞研究部放射性废弃物暂存场所管理规定	待升版
21	中国散裂中子源特殊控制区管理规定	已制定
22	高能所东莞研究部非密封放射性物质安全管理规定	待升版
23	高能所东莞研究部个人剂量管理规定	已制定
24	高能所东莞研究部放射性物品运输管理规定	已制定
25	高能所东莞研究部密封放射源使用管理规定	已制定
26	高能所东莞研究部密封放射源与射线装置台账规定	已制定
27	高能所东莞研究部辐射剂量监测制度	已制定
28	高能所东莞研究部辐射监测人员职责	已制定

6.3 辐射监测

6.3.1 个人剂量监测

工作人员纳入东莞研究部个人剂量监测体系。本项目辐射工作人员个人剂量监测采取累积式个人剂量计监测为主，个人剂量报警仪为辅的方式进行。东莞研究部给每位辐射工作人员发放光子和中子剂量片，定期（每季度）委托有资质的单位开展监测放射性工作人员受到的光子和中子外照射剂量，分析数据，判断人员的受照情况，对于累积剂量超过管理目标值的人员，限制其参加本年度此后的放射性工作，以保证工作人员的年剂量满足管理目标值。发现个人剂量监测结果异常的，应立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

东莞研究部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，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案终身保存。

此外，东莞研究部对放射工作人员进行健康体检，两次体检的时间间隔不超过 2 年。建立个人健康档案，档案中详细记录历次体检报告结果及其评价处理意见，并妥善长期保存。

根据东莞研究部 2024 年一至四季度个人剂量监测数据，辐射工作人员伽马个人年最大有效剂量为 1.11mSv；中子年有效剂量最大值为 0.2mSv（所有辐射工作人员每季度的中子有效剂量均为 M 值（数据处理过程中对于所得到的小于测量系

统的最低可探测水平（MDL）的数据，在报告中以 M 表示），根据 GBZ128-2019，M 可以取值为 MDL 的二分之一，MDL 为 0.1mSv），远小于 CSNS 管理目标值（10mSv/年）。

6.3.2 工作场所监测

东莞研究部已制定《高能所东莞研究部环境及场所辐射剂量监测制度》，内容涵盖主要核技术利用场所，监测项目为相关场所的剂量率、空气中气溶胶活度浓度、场所表面污染水平等。

剂量率监测：本项目根据人员活动位置与辐射剂量率分布，在操作间和过滤器间分别设置剂量率监测器，对场所/环境的剂量率进行实时监测，剂量率监测器纳入东莞研究部剂量率监测系统统一管理。

场所表面污染水平监测：本项目根据人员活动位置与辐射剂量分布，在过渡室门口设置门式污染监测仪，在检查室门口设置手脚污染监测仪，如图 6.3-1 所示。

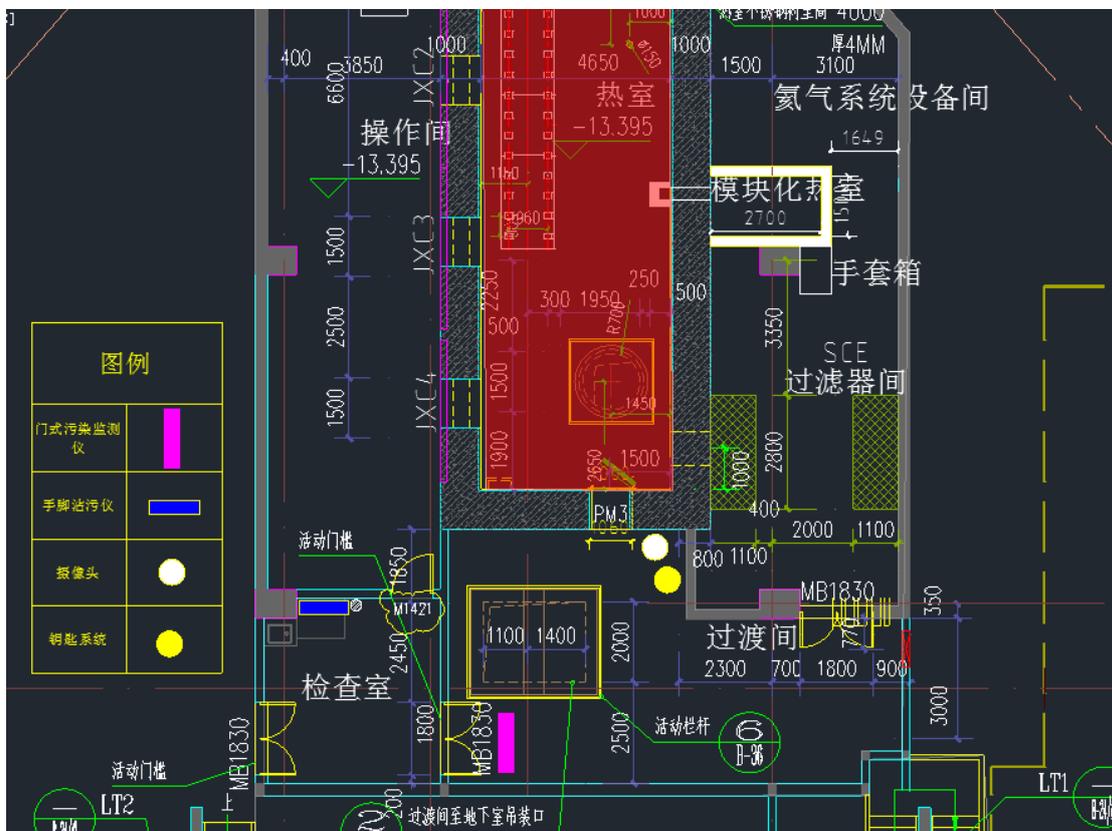


图 6.3-1 表面污染监测设备位置示意图

空气中气溶胶活度浓度监测：本项目配备移动式气溶胶监测仪，定期对需要测量的区域进行监测。

CSNS 工作场所剂量辐射监测系统共设 71 个监测点，其中，直线加速器区域设 11 个点，RCS 区域设 13 个点，LRBT 区域设 2 个点，RTBT 区域设 5 个点，靶站地下室设 4 个点，靶站谱仪大厅设 26 个点，靶站顶部大厅设 5 个点。对工作区域人员出入频繁，靠近辐射较强场所的区域进行辐射监测，测量所在位置的伽马和中子辐射剂量率。测量数据实时显示，并通过数据网络存入系统数据库，当测值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时探测器报警，同时记录报警事件。

2024 年 CSNS 束流功率稳定在 170kw 供束。剂量监测系统在运行期间对工作区域进行了监测。辐射剂量监测系统在 2024 年保障了全年的辐射安全，整个系统运行正常。

直线区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $1.978\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.204\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $88.242\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $8.224\mu\text{Sv/h}$ ，该区域属于控制区，中子和伽马剂量率满足相应区域的剂量率控制水平。

RCS 区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $0.010\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.190\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $0.158\mu\text{Sv/h}$ ，远小于控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。全年未发生剂量值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的报警事件。

LRBT 区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $0.004\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.189\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $0.177\mu\text{Sv/h}$ ，远小于控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。全年未发生剂量值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的报警事件。

RTBT 区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $1.228\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.383\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.836\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $0.422\mu\text{Sv/h}$ ，该区域属于控制区，中子和伽马剂量率满足相应区域的剂量率控制水平。

靶站区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $0.011\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.004\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.222\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为

0.145 μ Sv/h，远小于控制水平 2.5 μ Sv/h。全年未发生剂量值超过 2.5 μ Sv/h 的报警事件。

靶站地下室水冷间属于控制区，监测点在 1-12 月伽马剂量率最大值为 226 μ Sv/h，伽马剂量率平均值为 178.889 μ Sv/h，该区域伽马剂量率满足相应区域的剂量率控制水平。

靶站地下室水系统取样间属于控制区，监测点在 1-12 月伽马剂量率最大值为 1.679 μ Sv/h，伽马剂量率平均值为 1.198 μ Sv/h，远小于控制水平 2.5 μ Sv/h。全年未发生剂量值超过 2.5 μ Sv/h 的报警事件。

6.3.3 流出物监测

本项目产生的放射性废气经气帐的过滤器、样品处理热室的过滤器、靶站 PCE、SCE 既有的过滤器等过滤后，最终汇总至排风中心，由排风中心 30m 高的烟囱排放。

取样监测：在排风中心设置取样管道定期对气溶胶进行取样监测。

东莞研究部 2024 年度监测报告中，未开展对放射性气载流出物的监测。东莞研究部拟对现有的监测制度进行升版，以满足本项目放射性气载流出物监测的需要。

6.3.4 环境监测

东莞研究部拟严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）标准要求修订《高能所东莞研究部环境及场所辐射剂量监测制度》，将本项目辐射工作场所的新增监测内容纳入辐射环境监测计划。修订后，辐射环境监测计划的监测内容和监测频次满足本次新增项目要求。环境监测计划新增监测内容列于表 6.3-1。

表 6.3-1 环境监测计划新增监测内容

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
γ 辐射	靶站谱仪大厅	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/季
	水平村		
	屏山社区		
	犀牛陂村		
	松木山村		
	樟木头林场		
	启东学校		

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
	启东实验幼儿园		
	水平燕燕幼儿园		
	松山湖第二幼儿园		
	真爱幼幼托育园		
	香港城市大学（东莞）		
	水平社区卫生服务站		
	刘坤亮卫生所		
	吴春华卫生所		
土壤	靶站谱仪大厅	总 β 、 γ 能谱（ ^{22}Na 、 ^{36}Cl 、 ^{54}Mn 、 ^{55}Fe 、 ^{57}Co 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{109}Cd 、 ^{139}Ce 、 ^{143}Pm 、 ^{147}Pm 、 ^{145}Sm 、 ^{149}Eu 、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu 、 ^{155}Eu 、 ^{151}Gd 、 ^{153}Gd 、 ^{159}Dy 、 ^{160}Tb 、 ^{172}Lu 、 ^{173}Lu 、 ^{172}Hf 、 ^{179}Ta 、 ^{182}Ta 、 ^{181}W 、 ^{185}W 中可分析的核素）	1 次/年
	水平村		
	屏山社区		
	樟木头林场		
废气	排放口	总 β 、 3H 、 γ 能谱（ ^{22}Na 、 ^{36}Cl 、 ^{54}Mn 、 ^{55}Fe 、 ^{57}Co 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{109}Cd 、 ^{139}Ce 、 ^{143}Pm 、 ^{147}Pm 、 ^{145}Sm 、 ^{149}Eu 、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu 、 ^{155}Eu 、 ^{151}Gd 、 ^{153}Gd 、 ^{159}Dy 、 ^{160}Tb 、 ^{172}Lu 、 ^{173}Lu 、 ^{172}Hf 、 ^{179}Ta 、 ^{182}Ta 、 ^{181}W 、 ^{185}W 中可分析的核素）	1 次/年
放射性固体废物	贮存容器外表面	γ 辐射空气吸收剂量率、 β 表面污染	1~2 次/年

CSNS 环境辐射监测系统设 4 个监测站。每个监测站由一台中子和一台伽马探测器组成。另外，在散裂中子源预留地（距离靶站约 2 公里），设置 1 个环境参考站，用来测量环境本底作为参考，参考站由一台中子和一台伽玛探测器组成。

测量数据实时显示，并通过数据网络存入系统数据库，当测值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时探测器报警，同时记录报警事件。

根据 2023 年全国辐射环境质量报告（中华人民共和国生态环境部 2023 年公布），广东 2023 年环境 γ 辐射剂量率自动监测年均值结果为 $40\sim 150\text{nGy/h}$ ，CSNS 园区位于东莞大朗镇，所以采用此环境 γ 辐射剂量率连续自动监测结果作为参考。CSNS 环境站 4 个监测点测量的伽马年剂量率值扣除本底后，属于当地正常天然本底辐射水平。4 个监测点测量的中子剂量率水平均为本底水平。

环境站区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.118\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $0.116\mu\text{Sv/h}$ ，远小于控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。全年未发生剂量值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的报警事件。

参考站区域各监测点在 1-12 月中子剂量率最大值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率平均值为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ；伽马剂量率最大值为 $0.102\mu\text{Sv/h}$ ，伽马剂量率平均值为 $0.102\mu\text{Sv/h}$ ，远小于控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。全年未发生剂量值超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的报警事件。

2024 年 6 月，东莞研究部委托国家卫生健康委职业安全卫生研究中心对其辐射环境进行全面检测，检测项目覆盖 CSNS 环评验收监测的所有项目，包括 CSNS 装置的监督区瞬发辐射（伽马剂量率和中子剂量率）、水、生物、土壤、气溶胶、空气中 H-3 和 C-14 以及敏感点（大朗镇水平村）的水、生物、土壤、气溶胶、空气中 H-3 和 C-14 等项目，检测结果均为正常。

6.4 辐射事故应急

东莞研究部已制定辐射事故应急预案，应急预案的主要内容如下：

6.4.1 应急响应机构

6.4.1.1 应急组织机构

本项目辐射事故应急处理组织机构图见图 6.4-1。

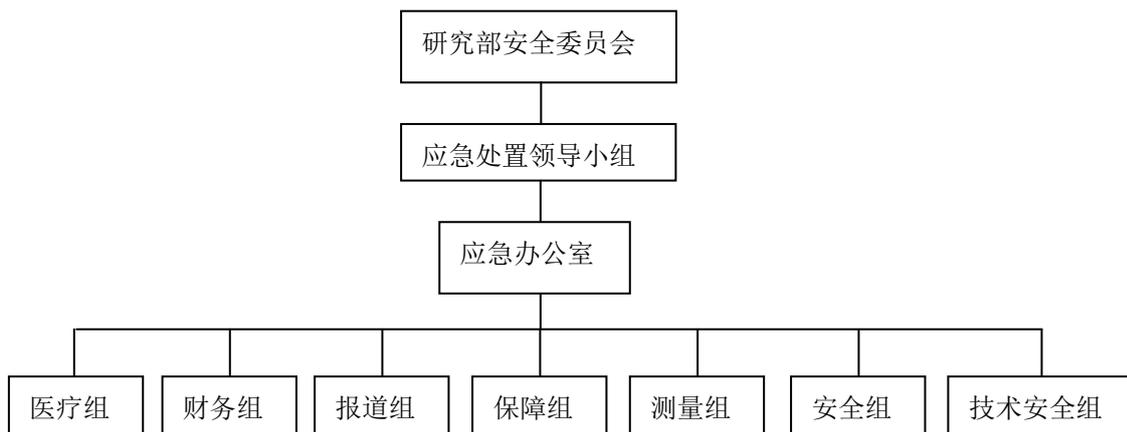


图 6.4-1 辐射事故处理组织机构图

6.4.1.2 应急组织机构职责

(1)应急处置领导小组：由东莞研究部主任担任组长，主管安全的研究部副主任担任副组长。主要职责为：贯彻执行国家辐射应急的方针政策 and 辐射应急工作要求；负责向生态环境部门报告研究部内发生的辐射事故或事件；建立研究部内部的辐射应急响应网，组织制订研究部辐射应急响应方案，做应急准备工作；应急期间和应急终止后，配合辐射环境监督站做好环境监测及环境评价工作，实施场外应急响应中由研究部负责的其他任务；参加生态环境部组织的辐射应急人员的培训和应急演练；配合生态环境部组织事故调查，审定造成影响环境的事故责任部门的事故报告和应急工作报告；负责组织场内辐射应急响应方面的宣传和教育工作。

(2)应急办公室：由技术安全办公室主任担任应急办主任。主要职责为：组织宣传、贯彻国家应急工作的方针政策及生态环境部、卫生健康委员会应急工作要求；制定并及时修订研究部辐射应急响应方案，负责组织应急准备工作；配合生态环境部完成应急期间的通信联络、信息资料的接收；完成应急期间传递应急通报、通告，工作报告的起草；配合生态环境部组织事故调查和环境监测；协助生态环境部做好辐射环境安全管理工作；参加生态环境部应急人员的培训和应急演练、练习；完成研究部辐射应急领导小组指定的其他辐射应急准备和响应工作，并定期向研究部辐射应急领导小组报告工作。

(3)医务组：负责与东莞市疾控中心联系，组织将伤员送到广东省职业病防治院检查及治疗。若伤员身体表面有污染，医务组应负责给伤员包装好，防止二次

污染。及时将在医院的有关情况报辐射应急领导小组正或副组长。

(4)财务组：建立辐射事故应急资金，负责伤员到医院的支票或现金的领借，并负责将支票或现金及时送到医院，确保伤员的检查和治疗的费用。

(5)报道组：负责事故发生后的报道工作，控制研究部网络及内部网络论坛。

(6)保障组：负责事故期间车辆调度和接送，负责组织现场所有工作人员用餐，准备会议室。负责会议期间的接待和照相工作，负责伤员家属的接待安置工作。及时将情况报告辐射应急领导小组组长。

(7)测量组：负责遭到放射污染场所辐射剂量现场测量和治理后的测量，并迅速结合 GB18871-2002 给出详细的污染与标准对比的数值；在规定的时间内及时将测量的技术报告经测量组长签字后，交给辐射应急领导小组组长和应急办；负责辐射事故场所内人员受照剂量的计算；负责与有资质辐射剂量测算单位联系，必要时和该单位一起推算辐射事故场所内人员受照剂量的值；在规定时间内，将计算报告经测量组长签字后，交给辐射应急领导小组组长和应急办。

(8)安全组：负责污染场所或辐射事故场所外围的安全秩序，及时确定警戒范围，合理安排值班人员；负责会议现场人员的安全，对情绪激动人员实施控制，并安排人员值守，及时将有关情况报告辐射应急领导小组组长。

(9)技术安全组：负责与生态环境部、生态环境部华南核与辐射安全监督站、市区环保局联系；各种文件处理，文件报送，各种会议组织安排工作；及时将生态环境部门的要求报给辐射应急领导小组组长和应急办。

6.4.2 应急响应程序

(1) 应急场景

①发生放射源污染事故和意外照射事件时，应当立即撤离有关人员，封锁事故现场，坚决杜绝污染范围扩大，迅速确定放射性同位素种类、活度、污染范围和污染程度，便于应急处理。

②发生放射源丢失、被盗事故时，立即向公安机关、生态环境、卫生健康等部门报告，保护好现场，并认真配合各部门进行调查、侦破。

③发生人员超剂量误照射事故时，应立即救助被照人员，由东莞市疾病预防控制中心临时处置，并及时送广东省职业病防治院接受医学检查或救治。

在生态环境部辐射事故应急领导小组的指导和支持下进行应急响应。

(2) 应急响应实施程序

- ①辐射应急领导小组立即向高能所、科学院和生态环境部报告；
- ②应急办负责配合生态环境部监测组、专家咨询组、后勤组开展工作；
- ③应急办接收并向生态环境部转交辐射事故责任部门的事故报告；
- ④辐射应急领导小组协调单位内各相关部门参与应急响应工作；
- ⑤研究部各部门应各司其职，分工参与救援工作；
- ⑥应急期间，执行生态环境部事故应急领导小组的各项指示。

(3) 应急终止

应急终止需满足以下条件：

- ①放射性污染事故和射线装置事故得到控制，事故条件已经消除；
- ②采取并将持续采取一切必要的防护措施，以保护公众免受污染，使事故的长期后果可以引起的危害降至最低限度。

放射性污染事故和射线装置事故所导致的应急状态的终止，由研究部应急办负责向研究部辐射应急领导小组提出，经辐射应急领导小组组长批准，报生态环境部应急办核准。

(4) 后续工作

- ①评价所有应急日志、记录、产生过程、书面信息等；
- ②回顾评价造成应急状态的事故产生过程，责令有关部门和事故责任部门查出原因，防止重复出现类似事故；
- ③回顾评价应急期间所采取的一切行动（补救性的和运行性的）；
- ④根据实践的经验，修改现有的应急方案和程序；
- ⑤应急终止后，研究部辐射应急领导小组给生态环境部提交总结报告；
- ⑥对造成环境污染的辐射事故的后期恢复，技术安全办公室要配合生态环境部组织、指导有计划的辐射环境监测，审批、管理必要的区域去污计划和因事故及去污产生的放射性废物的处理和处置计划，并监督实施。

6.4.3 应急物资与保障

根据应急预案的职责分工，准备好应对辐射事故的物资，主要有：

(1)应急装备配备：辐射检测仪 1 台，个人剂量报警仪 4 台，辐射防护服（铅围裙）10 套、铅防护眼镜 10 副、自给式呼吸器 5 套；

(2)现场监察组取证设备：数码摄像机 1 部、照相机 1 部、录音机 1 台。

6.4.4 应急培训与演练

凡是在应急期间执行任务的辐射监测工作人员，都必须接受一次全面的初始培训，具体任务包括辐射监测、使用通讯设备、保健物理学评价，以及防护措施的组织实施。

东莞研究部于 2024 年 1 月 8 日开展了辐射事故应急演练。演练的科目是“发生 CSNS 装置造成的人员超剂量误照射事故”。演练场景假定，某日加速器 RCS 环隧道发生设备报警，加速器停机后，某甲和某乙前往隧道处理，某乙进入隧道时尾随某甲进入，没有刷卡取次级联锁钥匙。处理过程中某甲突然有事暂时离开，某乙处理完第一处设备报警后，继续处理另一处设备报警。15 分钟后某甲返回，在第一处报警点未发现某乙，且此处报警已经解除，某甲即认为某乙已处理完成并返回，某甲即通知加速器值班长进行隧道清场，封闭环隧道。某乙由于工作专注，未听到搜索清场警告声和开机准备警告声，当某乙处理完成后，发现隧道已经封闭，加速器已经开机，随即按下紧急停机按钮，加速器紧急停机。此时，值班长发现某乙滞留 RCS 环隧道并被误照射，随后报告事故，辐射事故应急处置领导小组启动辐射事故应急预案，各有关部门有序展开事故应急工作。演练内容包含了应急自救（使用紧急停机、玻璃破碎按钮）、事故报告、紧急测量及受照剂量评估、紧急救援、事故调查等科目。

东莞研究部拟将本项目涉及的辐射事故场景纳入应急影响场景库，对现有的《高能所东莞研究部辐射事故应急预案》进行升版，修订后的应急预案可满足本项目的要求。

第七章 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

本项目的建设实施是为提高我国在脉冲中子散射应用领域的科研水平，其意义主要体现在具有重大科技价值，此外还具有极大的经济价值和社会影响力。

中国散裂中子源（CSNS）是国家“十一五”期间重点建设的大科学装置，是国际前沿的高科技多学科应用的大型研究平台。装置于2018年8月正式通过国家验收并对用户开放，填补了我国在脉冲中子散射应用领域的空白。2020年2月，CSNS提前一年半达到束流功率100kW设计指标。CSNS的高效稳定运行，为我国材料科学、生命科学、能源科学等方面的基础研究和高新技术发展提供了强大的研究手段，为我国解决众多领域的“卡脖子”问题提供了强有力的科技支撑。

靶材作为散裂中子源（CSNS）的核心部件，直接决定中子产生效率、装置运行安全性与实验数据可靠性。对辐照后靶材开展性能分析，不仅是保障散裂中子源稳定性运行的关键支撑，更在科研突破、产业升级与国家战略层面具有不可替代的意义。

从项目开展的核心意义来看，其一，它是保障大科学装置安全运行的“安全阀”。靶材在长期辐照下会面临原子位移损伤、氦泡析出、力学性能退化等问题，若未及时掌握其性能变化规律，可能导致靶材开裂、冷却系统堵塞等安全隐患，甚至引发装置停机。通过系统的性能分析，可精准识别靶材在不同辐照剂量、温度、应力条件下的失效临界点，为制定靶材更换周期、优化运行参数提供科学依据，从根本上规避装置运行风险，保障科研实验的连续性。其二，它是推动核材料领域基础研究的“突破口”。散裂中子源的辐照环境具有高中子注量率、宽能谱等独特特征，辐照后靶材的微观结构演化与性能衰退机制，是传统实验室难以模拟的前沿科学问题。对其开展研究，能够填补极端辐照条件下材料行为认知的空白，为核材料基础理论体系的完善提供关键实验数据，进而支撑核能、核医学、空间探测等领域的材料研发——例如，研究成果可迁移至核电站堆芯材料、空间辐射防护材料的设计，解决相关领域“卡脖子”的材料难题。其三，它是提升我国在高端科研装备领域话语权的“助推器”。目前全球已建成的散裂中子源不足

10 台,我国东莞散裂中子源是国际领先的脉冲型装置,对其靶材性能的深入研究,可形成具有自主知识产权的靶材评价技术与标准,打破国外在该领域的技术垄断,为我国后续散裂中子源升级、新型靶材研发奠定基础,同时为国际同行提供参考,提升我国在大科学装置与核材料领域的国际影响力。

7.2 代价分析

本项目建设地点位于广东省东莞市大朗镇水平村,不新征用地,不新增建筑物,改造建筑面积约 176m²。项目的建设将消耗一定数量水泥、钢材、木材等建筑材料;同时项目建成后运行过程中还需要消耗到水、电等能源。

在经济方面,建设单位需要付出资金来实施本项目的建设,主要包括建筑场地成本、设备投资成本以及环保投资方面。其中,建设单位需要在辐射防护与环境保护方面投入资金建设环保设施以确保项目建成后运行对环境的影响满足国家标准的要求,主要包括屏蔽防护设施的修建、辐射安全防护设施设备的配备、辐射安全管理制度的建立、辐射监测和防范措施的设置以及对各类放射性和非放射性的治理措施等。

本项目具体的辐射防护设施及环保设施投资情况如表 7.2-1 所示。

表 7.2-1 环保投资情况

场所		辐射防护设施(措施)	数量	金额	备注
甲级非密封放射性物质工作场所	屏蔽设施	大热室	1	/	利旧
		样品处理热室	1	300 万	新增
		样品屏蔽容器	1	10 万	新增
	安全设施	电离辐射警示标志	1	/	利旧
		两区划分标识	1	/	利旧
		出入口门禁系统	3	/	利旧
		双人双锁	1	0.1 万	新增
		视频监控系统	1	10 万	新增
	监测设备	气闸连锁系统	1	1 万	新增
		人员出口污染监测仪	2	62 万	1 个利旧 1 个新增
		固定式辐射监测报警仪	6	/	利旧
		移动式气溶胶取样监测设备	1	25 万	新增
		便携式表面沾污仪	1	/	利旧

场所	辐射防护设施（措施）	数量	金额	备注
	便携式辐射监测仪	1	/	利旧
个人防护用品	个人剂量报警仪	10	/	利旧
	个人剂量计	20	/	利旧
	洁净工作服、一次性口罩、手套	1000	5万	新增
放射性废气处理	通风系统	1	40万	新增
	烟囱	1	/	利旧
放射性废液处理	废液收集系统	1	/	利旧
	废液罐	1	/	利旧
放射性固废处理	固废收集、转运桶	2	40万	新增
	NBW 储存容器	1	10万	新增
	PBW 储存容器	1	/	利旧
	MR 储存容器	1	210万	新增
	靶体储存容器	1	40万	新增
其他	防渗处理	1	/	利旧
	辐射安全规章制度上墙	1	0.1万	新增
	放射性废物暂存间	1	/	利旧
	放射性废液暂存间	1	/	利旧
汇总			753.2万	

在环境影响方面，项目建成之后，运营期间将产生的一定程度的辐射环境影响与非放环境影响，经本次评价的预测分析，本项目建成后运行产生的环境污染因素，经过设计采取的各种防护措施和环保措施的处理后，进入环境的量很少，对环境和公众的影响很小，均低于国家标准中规定的限值，其影响是可接受的。

7.3 正当性分析

靶体是中子产生的“源头”，靶体的可靠性和运行稳定性是散裂中子源高效运行的基础。辐照效应是靶体失效的重要原因，因此分析靶体的辐照效应，找出失效原因、降低靶体故障率、提高靶体运行效率是各大散裂中子源靶面临的首要关键问题。通过本项目的实施，可获取靶关键材料的辐照后性能数据，可为 CSNS 高功率靶材的使用和国内同类型装置材料的选择提供依据。

同时，项目设计了建造完善的辐射安全防护与环保设施来尽量降低对环境与人员的辐射影响，经分析评价，本项目对环境与人员的包括辐射污染在内的影响满足国家相关标准要求，本项目实施对社会所带来的利益（促进相关行业的技术

进步和革新)是大于项目实施付出的代价(经济成本和可能的环境影响)。

综上所述,通过对本项目实施的利益和代价的简要分析,综合考虑社会、经济、环境等各方面的因素之后,认为其利益大于代价,符合 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的“实践的正当性”的辐射防护要求。

第八章 结论与建议

8.1 项目工程概况

为了提高 CSNS 的运行效率，满足国内核材料领域的重大需求，东莞研究部拟对靶站热室进行改造升级，新增 1 个甲级非密封放射性物质工作场所，开展退役部件取样测试相关科学研究。本次改造不新建建筑物，不新增占地面积，仅对布局进行调整并新增部分工艺设备，改造范围约 176m²。

该项目符合国家现行产业政策和当地规划，项目能够带来良好的社会效益与经济效益；在采取了设计的辐射安全防护措施以及三废治理措施后，项目运行所产生的辐射危害是很小的，满足国家相关法律法规及标准要求。该项目具有实践的正当性。

8.2 辐射安全与防护

本项目所有放射性核素均在热室进行操作，热室的屏蔽设计满足相关标准要求，可使对操作人员的辐射影响满足国家标准要求并达较低水平；工作场所合理规划控制区与监督区进行管理，人流与物流路径分离，可尽量限制放射性污染范围。针对运行产生的放射性废气、废水和固体废物，项目设计或依托有完善的收集、处理、排放（或暂存）设施，可使放射性废气和废液能得到较好的净化处理，确保通过流出物途径进入环境的放射性物质尽可能少，对公众的辐射影响满足国家标准要求并达相当低的水平；可使放射性固体废物能得到妥善的整备包装，并安全暂存于废物暂存区中直至最终的安全处置，确保不释入环境产生辐射危害。本项目拟采取的辐射安全与防护措施是可行的。

8.3 环境影响分析

(1) 辐射环境影响分析结论

本项目操作非密封放射性物质，主要是通过放射性流出物途径对公众产生辐射影响。剂量估算结果表明，放射性流出物所致 3km 范围内公众个人有效剂量最大值为 1.55×10^{-5} mSv/a，远低于 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 公众照射剂量限值，也低于本次评价确定的 0.1mSv/a 的公

众剂量约束值。项目运行对公众的辐射影响很小，是可以接收的。

本项目对工作人员的职业照射剂量最大值为 1.69mSv/a，低于 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的职业照射剂量限值，也低于本次评价确定的 10mSv/a 职业照射剂量控制值，项目运行对工作人员的职业照射剂量满足国家标准要求。

(2) 非放环境影响分析结论

本项目工作人员均从东莞研究部现有工作人员中调配，运营期不新增生活污水产生量，生活污水依托园区既有污水处理管网处理；运营期无生产废水产生。运营期不新增生活垃圾产生量，生活垃圾依托园区既有生活垃圾收集设施收集。本项目设备、风机产生的噪声拟采用采取隔声、距离衰减等降噪措施，可达标排放。综上，项目对非放射性环境影响甚微。

8.4 辐射安全管理

项目单位东莞研究部已成立辐射安全与环境保护管理机构——辐射安全与环境保护小组。

本项目辐射工作人员已取得辐射安全培训合格证书，项目单位承诺后续若新增辐射工作人员将组织安排培训，人员持证上岗。在此基础上本项目辐射工作人员的配置满足要求。

本项目已制定《辐射事故应急预案》，预案内容包括：应急响应机构、应急响应程序、应急物资与保障、应急培训与演练等，本项目辐射事故应急预案是可行的。

本项目设置了相应的辐射剂量监测手段并制定了相应的监测制度。工作人员个人剂量监测、工作场所监测、流出物监测和环境监测针对本项目在东莞研究部现有的监测制度进行升版后，可满足本项目要求。

8.5 公众参与

建设单位根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部第 4 号）要求开展了公众参与。建设单位就项目基本情况在网上进行了公示。公示期间，未收到任何反馈信息，无反对意见。

8.6 结论

本项目符合国家产业政策，符合当地城市建设与产业发展规划；综合考虑项目的经济、社会和环境等方面的利益与代价，实施本项目具有正当性；项目设计采取的放射性污染防治措施和非放射性污染防治措施有效合理，可确保项目运行产生的各项污染物达标排放；项目建成后运行对公众和工作人员的辐射影响很小，满足评价标准要求，是可接受的；项目运行产生的噪声等对周围环境影响很小。项目的建设在严格遵守国家有关法律法规要求、严格按照建设项目“三同时”制度要求、贯彻落实本环境影响报告书提出的各项环境保护（包括放射性污染防治）措施和风险防范措施并加强管理的前提下，从环境保护角度而言是可行的。

8.7 承诺

(1)在项目投运前完成对辐射工作人员的辐射安全培训，并保持对工作人员进行安全生产和环境保护（包括辐射防护）方面的持续教育。

(2)在项目投运前完成辐射安全管理规章制度的新增及完善工作，并随国家辐射安全与环境保护方面法律法规的更新，及时组织修订各项辐射安全与防护管理制度。

(3)项目单位应按照原环境保护部令第3号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十二条之规定编写辐射防护安全与防护状况年度评估报告，于每年1月31日前报送辐射安全许可证发证机关。

8.8 项目竣工验收检查内容及要求

8.8.1 项目竣工验收检查内容

表 8.8-1 项目竣工验收检查对照表

类别	名称	内容
辐射防护设施	靶站热室	本次改造在大热室新增2套气帐、2套配套空气净化设备，尾气接入大热室已有的排风系统；新建样品处理热室；新增转运孔及屏蔽补偿；新增卫生通过间（脏衣收集间、更衣间、淋浴间、洗手区），淋浴间、洗手区排水接入地下室既有的专用放射性污水罐。
实体保卫设施	靶站谱仪大厅（B7）	本次改造不改变整个靶站谱仪大厅（B7）的实体保卫设施。

类别	名称	内容
监测设备	靶站热室	本次改造在卫生通过间靠过渡间侧新增 1 台全身剂量 (α 、 β 、 γ) 检测仪；入口房间新增 1 台手脚沾污仪。
三废处置	放射性废气	本项目产生的放射性废气经气帐的过滤器、样品处理热室的过滤器、靶站既有的 SCE 过滤器等过滤后，最终汇总至排风中心，由排风中心 30m 高的烟囱排放。
	放射性废液	异常工况下，放射性废液主要为淋浴和洗手废水，接入地下室既有的专用放射性污水罐暂存，交有资质单位处置。
	放射性固体废物	放射性固体废物分类收集，暂存于地下室的废物暂存区。
	非放射性废水	工作人员均从东莞研究部现有工作人员中调配，运营期不新增生活污水产生量，生活污水依托园区既有污水处理管网处理。
	非放射性固体废物	工作人员均从东莞研究部现有工作人员中调配，运营期不新增生活垃圾产生量，生活垃圾依托园区既有生活垃圾收集设施收集。
规章制度	《高能所东莞研究部放射性“三废”管理制度》、《CSNS 安全防护设施的维护维修制度》、《高能所东莞研究部辐射工作人员培训制度》、《高能所东莞研究部密封放射源使用管理规定》、《高能所东莞研究部非密封放射性物质安全管理规定》《高能所东莞研究部放射源源库安全管理规定》、《高能所东莞研究部辐射事故应急预案》、《中国散裂中子源控制区维修人员剂量控制管理规定》、《高能所东莞研究部来访人员进入辐射工作场所管理规定》、《中国散裂中子源控制区火灾应急处置流程》、《中国散裂中子源控制区物品管理规定》、《中国散裂中子源实验样品管理规定》、《中国散裂中子源用户实验辐射安全管理规定》、《高能物理研究所东莞研究部加速器隧道火灾应急处置流程》、《高能所东莞研究部密封放射源与射线装置台账规定》、《高能所东莞研究部放射源库管理人员职责》、《高能所东莞研究部放射源库安全管理规定》、《高能所东莞研究部安全防护设施维护维修制度》、《高能所东莞研究部辐射剂量监测制度》、《高能所东莞研究部个人剂量监测规定》、《高能所东莞研究部辐射监测人员职责》、《高能所东莞研究部豁免放射源管理规定》、《高能所东莞研究部辐射防护大纲》、《高能所东莞研究部放射性废弃物暂存场所管理规定》、《高能所东莞研究部刻度装置放射源安装维护管理规定》、《CSNS 特殊控制区管理规定》、《高能所东莞研究部园区内放射性物质运输管理规定》等。	

8.8.2 项目竣工验收检查要求

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）以及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的要求，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收监测报告等文件，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性

和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

验收报告分为验收监测报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

验收的程序和内容：建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告等文件。

公示：除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

（一）建设项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

（二）对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

（三）验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

验收期限：验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，环境保护主管部门对上述信息予以公开。

建设单位应当将验收报告以及其他档案资料存档备查。

建设项目环境影响评价报告审批基础信息表



填表单位(盖章): 中国科学院高能物理研究所

填表人(签字): 陈守

项目经办人(签字): 陈守

Table with multiple sections: 建设项目 (Project), 建设单位 (Unit), 污染物排放量 (Pollutant Emissions), and 项目涉及法律法规 (Laws and Regulations). It contains detailed information about the project location, scale, and environmental impact assessment.

