

核技术利用建设项目

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司

新建 1 台 D-D 中子发生器项目

环境影响报告表

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司

2025 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司

新建 1 台 D-D 中子发生器项目

环境影响报告表

建设单位名称: 中南兰信(南京)辐射技术研究院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址: 南京市高淳区经济开发区古檀大道 3 号 A11 幢 6 楼

邮政编码: 211316 联系人:

电子邮箱: / 联系电话

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	7
表 3 非密封放射性物质	7
表 4 射线装置	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	30
表 11 环境影响分析	36
表 12 辐射安全管理	43
表 13 结论与建议	48
表 14 审批	51
附表	52

附图：

附图 1 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼地理位置示意图

附图 2 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼周围环境示意图

附图 3 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼 1 楼平面布置

附图 4 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼 2 楼平面布置

附图 5 本项目与江苏省生态空间管控区域位置关系示意图

附图 6 本项目与江苏省生态环境分区管控区域位置关系图（江苏省生态环境分区管控综合服务网站截图）

附件：

附件 1 委托书

附件 2 射线装置使用承诺书

附件 3 本项目中子发生器产额测试报告

附件 4 建设单位辐射安全许可证

附件 5 本项目辐射环境本底检测报告及检测单位资质

附件 6 近一年辐射工作人员个人剂量检测报告

附件 7 本项目中子发生器设计与开发合同

附件 8 本项目房屋租赁协议

附件 9 项目立项审批

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司新建 1 台 D-D 中子发生器项目			
建设单位		中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司			
法人代表		黑大千	联系人		联系电话
注册地址		南京市高淳区经济开发区古檀大道 3 号 A11 幢 6 楼			
项目建设地点		中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司中子实验室 （原高淳经济开发区檀溪路 2 号南京三强节能工程有限公司销售楼内）			
立项审批部门		南京市高淳区政务服务管理 办公室		批准文号	2503-320118-04-01-496928
建设项目总投资 （万元）			项目环保投资 （万元）		投资比例 （环保投资/总投资）
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）
应用 类型	放射 源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密 封放 射性 物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线 装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	项目概述 一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来 1、建设单位基本情况 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司成立于 2021 年 08 月 13 日，注册地位于南京市高淳区经济开发区古檀大道 3 号 A11 幢 6 楼。中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司是由兰州大学中子应用技术教育部工程研究中心发起，联合江苏高淳高新区、北京中合宏信科技有限公司共同成立的新型辐射技术研发机构，于 2021 年 8 月正式落户高淳。产业研究院的技术团队包括兰州大学、北京中合宏信科技有限公司、南京航空航天大学核分析技术研究所、中国科学技术大学、苏州大学等单位。公司主要从事				

2、项目建设规模

(1) 项目概况

因公司辐射技术研发需要，公司拟在研发实验楼 1 楼西南部新建 1 间中子实验室，中子实验室内设有 1 个聚乙烯屏蔽间，并配备 1 台 D-D 中子发生器，用于开展辐射探测器的调试。研发实验楼及中子实验室平面布局图见附图 3~附图 4。

本项目中子发生器为中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司委托兰州大学研发的高性能紧凑型中子发生器，（见附件 7），设备研发活动位于兰州大学内，研发完成后运至中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司的中子实验室内。项目基本情况见表 1-1。

表 1-1 本项目基本情况一览表

序号	射线装置名称	数量	最大管电压(kV)	最大靶电流(mA)	中子强度(n/s)	射线装置类别	活动种类范围	工作场所	环评情况
1	D-D 中子发生器	1	160	4	1×10^8	II	使用	研发实验楼 1 楼中子实验室	本次环评（新建）

(2) 人员配置及工作制度

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，均为已有辐射工作人员调配，每天工作 8 小时，年工作天数为 250 天。中子发生器每天运行时间最长为 2h，全年运行时间最长为 500h。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染。根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，本项目需要进行环境影响评价。

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号），中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司拟配置的中子发生器属于 II 类射线装置，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“172-核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置”范畴，**应编制环境影响报告表。**

受中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司的委托，江苏清全科技有限公司承担该公司新建 1 台 D-D 中子发生器项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场勘察、初步分析，并委托南京宁亿达环保科技有限公司对项目拟建场址及周围环境进行了辐射环境本底监测，在此基础上编制了本项目环境影响报告表。

二、项目周边保护目标及项目选址情况

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司位于南京市高淳区经济开发区古檀大道3号A11幢6楼，公司拟租用高淳经济开发区檀溪路2号南京三强节能工程有限公司的销售楼作为研发实验楼，并拟在研发实验楼1楼西南部新建1间中子实验室，用于开展辐射探测器的调试。公司研发实验楼地理位置示意图见附图1。

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼东北侧为南京三强节能工程有限公司厂房、江苏佰翊冷冻副食品有限公司，东南侧为檀溪路2号门卫室、西南侧为檀溪路，西北侧为檀溪路6号内厂房（闲置）。公司研发实验楼周围环境示意图见附图2。

本项目拟建中子实验室位于公司研发实验楼1楼西南部。其东北侧50m范围内依次为研发实验楼（展厅、控制室、办公室、杂物间、洗手间）、厂区道路、檀溪路6号内厂房（闲置）、南京三强节能工程有限公司厂房、江苏佰翊冷冻副食品有限公司；东南侧50m范围内依次为厂区道路、檀溪路2号南京三强节能工程有限公司门卫室；西南侧50m范围内依次为厂区道路、檀溪路、南京皓泰纸业有限公司门卫室及空地；西北侧50m范围内依次为研发实验楼过道、厂区道路、檀溪路6号内厂房（闲置）；正下方为土层，正上方暂为研发实验楼闲置房间（远期将作为库房，不作为办公用房）。本项目中子实验室平面布置图及周边环境见附图2、附图3。

本项目50m评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员及评价范围内的公众。

三、“三线一单”符合性分析

本项目拟建址位于高淳区级产业集聚区，属于南京市重点管控单元，对照南京市重点管控单元生态环境准入清单，本项目不涉及违背生态环境准入清单的问题。根据现场监测与环评预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降，本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。本项目与江苏省生态空间管控区域位置关系图见附图5、附图6。

四、产业政策符合性分析

本项目为使用中子发生器开展辐射探测器的调试工作，根据国家发展和改革委员会令第7号《产业结构调整指导目录（2024年本）》相关规定，属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

五、实践正当性评价

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加中子实验室周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设和运行可提升中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司科研水平，有利于产业发展，其建设和运行对企业或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

六、现有核技术利用项目许可情况

1、现有核技术利用项目环保手续履行情况

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司目前持有的辐射安全许可证证书编号为苏环辐证[A8016]，许可种类和范围：销售Ⅱ类射线装置；使用Ⅲ类射线装置。有效期至2027年12月21日，公司现有辐射安全许可证见附件4。

公司现有核技术利用项目及环保手续履行情况见表1-2。

表1-2 公司现有核技术利用项目情况一览表

序号	射线装置名称	数量	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	活动种类	类别	工作场所名称	环评情况	许可情况	验收情况
1	中子发生器	10	/		销售	Ⅱ	/	已环评	已许可	/
2	XRT选矿仪（定制）	1	160	6	使用	Ⅲ	X射线实验室：江苏省南京市高淳区古柏街道双高路86号17#栋标准厂房东南部1楼	已环评	已许可	/

2、公司辐射安全管理情况

（1）公司已成立了辐射防护管理领导小组，并制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《辐射防护安全管理机构及职责》《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》《人员培训计划制度》《射线装置使用登记、台账管理制度》《个人剂量与辐射环境监测制度》及《辐射事故应急预案》等。

公司现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足公司从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

本项目建成后，可依托公司现有比较健全的管理组织机构，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前公司的管理人员也能满足配置要求。

（2）公司目前在职辐射工作人员共计 3 人，主要从事公司已许可Ⅲ类射线装置的调试工作。公司已为每一名辐射工作人员配备个人剂量计，并严格按照规范佩戴，定期送检。已建立有个人剂量健康档案并终生存档保存，个人剂量计最长不超过 3 个月送检一次。根据建设单位提供的现有辐射工作人员近一年个人剂量检测报告（2024 年第二季度~2025 年第一季度）可知，现有辐射工作人员全年个人剂量累计值最大为 0.065mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员剂量限值要求。在运行过程中企业根据员工流动情况，及时委托有资质的单位对新入职的员工进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

（3）在职辐射工作人员均已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并通过辐射安全考核取得了考核成绩报告单，公司严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）和《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），及时组织辐射工作人员参加生态环境部在线平台的辐射防护与安全培训并考核合格，并明确在合格成绩单五年到期后重新考试。

（4）公司在职辐射工作人员均严格按照要求对所有辐射工作人员开展岗前、在岗期间和离岗职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据公司提供的职业健康体检报告，在岗的所有辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

（5）企业现有辐射工作场的电离辐射警示牌、报警装置、门机联锁装置、紧急按钮、视频监控和工作状态指示灯等安全措施运行良好。运行以来未发生辐射事故及人员超剂量照射事故。

（6）公司每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，根据建设单位所提供的年度监测报告，辐射工作场所周围的 X- γ 辐射剂量当量率均能够满足标准要求。

（7）辐射应急演练和年度评估

公司已制定有《辐射事故应急预案》，经与企业核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故，且公司每年进行辐射应急演练。公司执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至原辐射安全许可证发证机关。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存 方式	数量	
1	D-D 中子发生器	Ⅱ类	1	自研	160	4000	1×10^8	辐射探测器调试	研发实验楼 1 楼中子实验室	/	/	/	兰州大学设计与研发
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废靶	固态	/	/	/	/	/	不暂存	经监测表面辐射剂量率和表面污染符合清洁解控水平后，可作为一般工业固体废物处置；如果不符合要求，委托有资质的单位进行合理处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日起施行 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日起施行 (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行 (4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行 (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行 (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行 (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 (9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环境保护总局文件，环发[2006] 145 号，2006 年 9 月 26 日起施行 (10) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行 (11) 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知，环办[2013]103 号，2014 年 1 月 1 日起施行 (12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行 (13) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行 (14) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日发布 (15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态
------	---

	环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （16）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行 （17）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修订版），江苏省人大常委会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行 （18）《江苏省辐射事故应急预案》（2020 年修订版）（苏政办函[2020] 26 号） （19）《江苏省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办[2021] 187 号） （20）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发[2018] 74 号） （21）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发[2020] 1 号） （22）《江苏省人民政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（苏政发[2020] 49 号） （23）江苏省自然资源厅关于南京市高淳区 2022 年度生态空间管控区域调整方案的复函（苏自然资函〔2022〕1496 号）
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） （5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） （6）《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024） （7）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）（参考）

其他	建设项目设计文件 附图： 附图 1 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼地理位置示意图 附图 2 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼周围环境示意图 附图 3 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼 1 楼平面布置 附图 4 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼 2 楼平面布置 附图 5 本项目与江苏省生态空间管控区域位置关系示意图 附图 6 本项目与江苏省生态环境分区管控区域位置关系图（江苏省生态环境分区管控综合服务网站截图） 附件： 附件 1 委托书 附件 2 射线装置使用承诺书 附件 3 本项目中子发生器产额测试报告 附件 4 建设单位辐射安全许可证 附件 5 本项目辐射环境本底检测报告及检测单位资质 附件 6 近一年辐射工作人员个人剂量检测报告 附件 7 本项目中子发生器设计与开发合同 附件 8 本项目房屋租赁协议 附件 9 项目立项协议
----	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为使用 II 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的要求，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。本项目评价范围应以中子实验室为边界，外延 50m 的范围。本项目评价范围示意图见图 7-1。



图 7-1 本项目评价范围示意图

保护目标

根据公司提供的资料、现场调查及附图 2、附图 3 可知，本项目 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及法定生态保护区、重要生境以及其他具有重要生态

功能、对保护生物多样性具有重要意义的区域等生态敏感区，不涉及重要物种以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员及评价范围内的公众。本项目环境保护目标详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标分布情况

名称	场所		环境保护目标	方位	距中子实验室最近距离	规模	环境保护要求
本项目辐射工作人员	控制室		辐射工作人员	东北侧	1.6m	共 2 名	职业人员年剂量约束值为 5mSv/a
评价范围内公众	公司研发实验楼	展厅	研发实验楼工作人员及参展人员	东北侧	相邻	流动人员	公众年剂量约束值为 0.1mSv/a
		办公室	研发实验楼工作人员		5.8m	约 3~4 人	
		杂物间	厂区工作人员		8.2m	流动人员	
		洗手间	研发实验楼工作人员		10.8	流动人员	
	厂区道路		厂区工作人员	东北侧	12.8m	流动人员	
	檀溪路 6 号内厂房（闲置）		檀溪路 6 号工作人员		23m	流动人员	
	南京三强节能工程有限公司厂房		厂区工作人员		33.7m	流动人员	
	江苏佰翊冷冻食品有限公司		江苏佰翊冷冻食品有限公司工作人员		25.1m	约 15~20 人	
	厂区道路		厂区工作人员	东南侧	相邻	流动人员	
	檀溪路 2 号门卫室		厂区工作人员		20.6m	约 1~2 人	
	厂区道路		厂区工作人员	西南侧	相邻	流动人员	
	檀溪路		行人		8m	流动人员	
	南京皓泰纸业有限公司门卫室		南京皓泰纸业有限公司工作人员		28m	约 1~2 人	
	南京皓泰纸业有限公司空地		南京皓泰纸业有限公司工作人员		28m	流动人员	
	研发实验楼过道		研发实验楼工作人员	西北侧	相邻	流动人员	
	厂区道路		厂区工作人员		3.1m	流动人员	
	檀溪路 6 号内厂房（闲置）		檀溪路 6 号工作人员		13.4m	流动人员	
	研发实验楼 2 楼闲置房间		研发实验楼工作人员	正上方	相邻	流动人员	

注：1、图中距离均为 CAD 图中测量，具体数值以实测为准；

- 2、研发实验楼 1 楼层高约为 3.4m，中子发生器屏蔽间高 1.4m，距正上方 2 楼距离约为 2m；
3、表中所述“厂区”为檀溪路 2 号内。

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

（1）剂量限值

本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值，见表 7-2：

表 7-2 照射剂量限值

	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

（2）辐射管理分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把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，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

2、《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）

3、辐射剂量约束限值

综合考虑以上评价标准，本项目管理目标为：

①**辐射剂量率控制水平**：中子实验室外人员可达区域表面 30cm 处周围剂量当量率不能超过 2.5μSv/h；

②**年有效剂量约束限值**：职业人员年有效剂量不超过 **5mSv**，公众年有效剂量不超

过 **0.1mSv**。

4、参考资料

- (1) 《辐射防护导论》，方杰主编；
- (2) 《中子发生器及其应用》，刘茂林主编
- (3) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

江苏省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

类别	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：测量值已扣除宇宙射线响应值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状 1、项目地理和场所位置 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司位于南京市高淳区经济开发区古檀大道 3 号 A11 幢 6 楼，公司拟租用高淳经济开发区檀溪路 2 号南京三强节能工程有限公司的销售楼作为研发实验楼，并拟在研发实验楼 1 楼西南部新建 1 间中子实验室，用于开展辐射探测器的调试。公司研发实验楼地理位置示意图见附图 1。 中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司研发实验楼东北侧为南京三强节能工程有限公司厂房、江苏佰翊冷冻副食品有限公司，东南侧为檀溪路 2 号门卫室、西南侧为檀溪路，西北侧为檀溪路 6 号内厂房（闲置）。公司研发实验楼周围环境示意图见附图 2。 本项目拟建中子实验室位于公司研发实验楼 1 楼西南部。其东北侧 50m 范围内依次为研发实验楼（展厅、控制室、办公室、杂物间、洗手间）、厂区道路、檀溪路 6 号内厂房（闲置）、南京三强节能工程有限公司厂房、江苏佰翊冷冻副食品有限公司；东南侧 50m 范围内依次为厂区道路、檀溪路 2 号南京三强节能工程有限公司门卫室；西南侧 50m 范围内依次为厂区道路、檀溪路、南京皓泰纸业有限公司门卫室及空地；西北侧 50m 范围内依次为研发实验楼过道、厂区道路、檀溪路 6 号内厂房（闲置）；正下方为土层，正上方暂为研发实验楼闲置房间。本项目中子实验室平面布置图及周边环境见附图 2、附图 3。 研发实验楼及中子实验室拟建址周围环境现状见图 8-1。	
中子实验室拟建址及周围环境	
	
中子实验室拟建址处	中子实验室东北侧



控制室

中子实验室东北侧



厂区道路

中子实验室东南侧



厂区道路

中子实验室西南侧



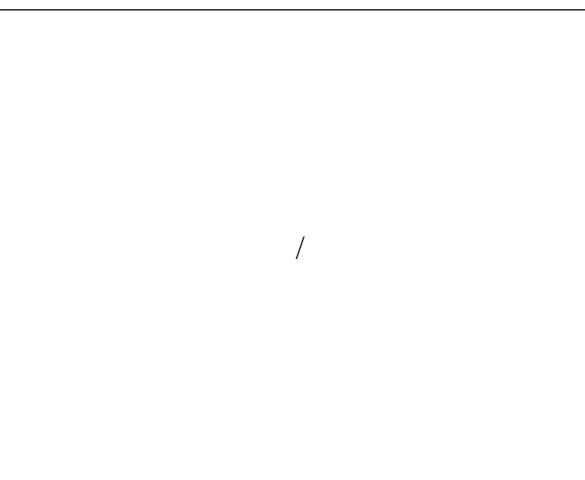
过道

中子实验室西北侧



闲置房间

中子实验室上方（2楼）



/



图 8-1 研发实验楼及中子实验室周围环境现状图

二、环境现状检测

本项目中子发生器位于研发实验楼 1 楼西南部，项目在进行现状调查时，主要调查本项目中子实验室拟建址及周围环境的辐射水平。

1、检测因子、检测方法

检测因子：X- γ 辐射剂量率、中子周围剂量当量率

检测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量

技术规范》（HJ 1157-2021）、辐射防护仪器中子周围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019）

2、检测点位布设

本项目共计布点 13 个，重点调查本项目中子实验室拟建址及周围环境的 X-γ辐射剂量率及中子周围剂量当量率，具体点位见图 8-2。

4、检测单位、检测时间和检测仪器

表 8-1 检测信息表

检测因子	X-γ辐射剂量率	中子周围剂量当量率
检测单位	南京宁亿达环保科技有限公司	南京瑞森辐射技术有限公司
检测时间	2025 年 4 月 15 日	2025 年 6 月 12 日
天气状况	晴	阴
检测仪器	AT1120 型辐射剂量率仪 (编号: 12116)	FH40G+FHT762 中子周围剂量当量率 仪 (编号: NJRS-022)
能量响应范围	20keV~7MeV	0.025eV~5GeV
测量范围	0.01μSv/h~150μSv/h	1nSv/h~100mSv/h
检定证书编号	Y2024-0108984	DLjs2025-00522
检定有效期	2024.10.29~2025.10.28	2020.03.03~2026.03.02
校准参考辐射源	¹³⁷ Cs	/

4、质量保证措施

①委托的检测机构已通过资质认定（南京宁亿达环保科技有限公司证书编号：241012340290，南京瑞森辐射技术有限公司证书编号：221020340350，证书见附件 5），具备有相应的检测资质和检测能力；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测仪器在使用前、后进行性能检查；

⑥检测报告实行三级审核。

5、检测结果及评价

本项目中子实验室拟建址及周围环境的辐射水平检测结果见表 8-2，检测点位见图 8-2，详细检测结果见附件 5。

表 8-2 本项目中子实验室拟建址及周围环境辐射剂量率及中子周围剂量当量率检测结果

序号	检测点位	测量结果		备注
		X-γ辐射剂量率 (μGy/h) ^[1]	中子周围剂量当量率 (nGy/h) ^[2]	
1	中子实验室拟建址处	0.118	0	楼房
2	中子实验室拟建址东北侧	0.127	0	
3	中子实验室拟建址东南侧	0.102	0	道路
4	中子实验室拟建址西南侧	0.089	0	
5	中子实验室拟建址西北侧	0.098	0	楼房
6	拟建控制室处	0.107	0	
7	中子实验室拟建址上方	0.125	0	
8	檀溪路 6 号内厂房东南侧 (研发实验楼西北侧)	0.085	0	道路
9	檀溪路 6 号内厂房西南侧 (研发实验楼东北侧)	0.097	0	
10	南京三强节能工程有限公司厂 房西南侧	0.076	0	
11	南京三强节能工程有限公司门 卫室东北侧	0.071	0	
12	南京佰翊源冷冻副食品有限公 司厂房西北侧	0.090	0	
13	南京皓泰纸业有限公司门卫室 东侧	0.058	0	

注：[1]测量结果已扣除仪器宇宙射线响应值（0.010μGy/h），并进行建筑物修正（其中楼房取 0.8，道路取 1）；

[2]测量结果未扣除本底值。

根据检测结果可知，本项目中子实验室拟建址及周围环境辐射水平在0.058μGy/h～0.127μGy/h范围内。

其中室内环境 γ 辐射剂量率在98nGy/h～125nGy/h，对照江苏省环境天然γ辐射剂量率调查结果，本项目中子实验室拟建址及周围室内环境辐射剂量率处于江苏省室内环境天然γ辐射水平涨落范围；

道路环境 γ 辐射剂量率在58nGy/h～102nGy/h，对照江苏省环境天然γ辐射剂量率调查结果，本项目中子实验室拟建址周围道路环境辐射剂量率处于江苏省道路环境天然γ辐射水平涨落范围。

根据检测结果可知，本项目中子实验室拟建址及周围未检出中子周围剂量当量率。

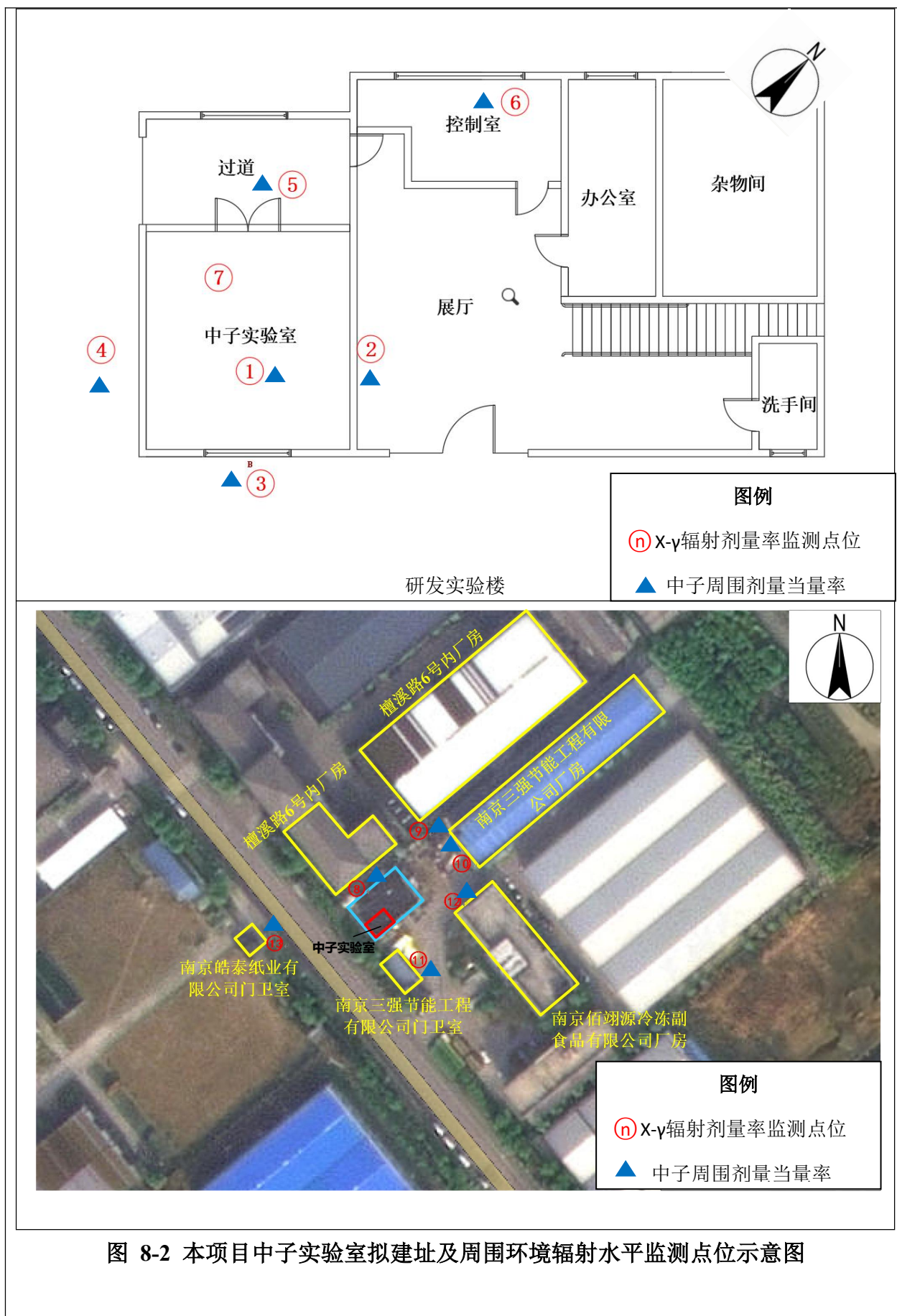


表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析	
一、工程设备	
因公司辐射技术研发需要，公司拟在研发实验楼 1 楼西南部新建 1 间中子实验室，并配备 1 台 D-D 中子发生器，用于开展辐射剂量探测器的调试。本项目中子发生器技术参数见表 9-1。	
表 9-1 本项目中子发生器主要技术参数	
指标	
名称、型号	
生产厂家	
最大管电压	
靶上 D 束流最大强度	
靶上 D 束斑直径	
中子额定产额	
单靶寿命	
注：中子发生器主要技术参数由设备厂商提供。	
1、总体结构	
研制的 DD 小型中子发生器由中子发生器主体、电源及控制集成柜、冷却循环机和工控机等四部分组成。中子发生器主体外形为圆筒状，直径 234mm，长小于 1000mm。由一台高压电源通过高压电缆和高压接头为中子发生器 D 离子加速提供高压加速电场；由三台直流电源（离子源电源）为产生 D 离子束的离子源供电；由一套真空机组将中子发生器主体腔抽成高真空，同时采用一套真空计实现腔内真空度的监测；由一台冷却循环机提供绝缘冷却液，实现对中子发生器靶及离子源的冷却；采用一套 EJ-410 快中子探测器系统，实现对 DD 快中子产额的实时监测。高压电源、离子源电源、真空机组控制器、真空计电源及控制器、控制电路板、计算机控制用串口设备联网服务器等被集成安装在电源及控制集成柜中，所有部件的控制和监测信号经串口设备联网服务器并通过一根网线与工控机相连，实现计算机控制和关键参数和数据的采集，采集的运行参数及数据可保存在数据库中。 本项目高产额紧凑型 DD 小型中子发生器作为一种电可控中子源相较于同位素中子源具有以下优势：（1）中子产额可控；（2）伴生γ射线极低；（3）中子单色性好；（4）中子产额高；（5）断电后无辐射，便于维护，辐射安全性好；（6）单靶寿命长，灯丝维护更换简便，产品维修性好。本项目中子发生器外观图见图 9-1，总体结构	

示意图见图 9-2。

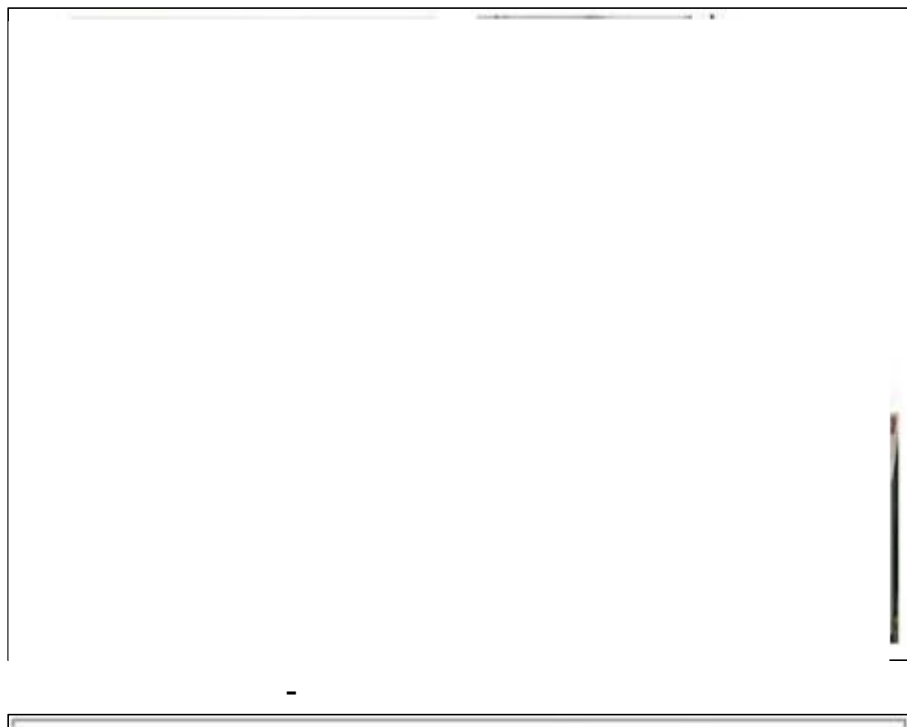


图 9-2 本项目中子发生器总体结构示意图

2、主体结构

中子发生器主体为圆筒状，外形尺寸长约 940mm，外径为 $\Phi 234\text{mm}$ ，由离子源系统、离子束引出加速电极及靶系统、高压接头、真空腔和真空泵等部分装配而成，各部分通过“O”圈实现真空密封。D 离子束引出加速电极、靶系统、高压接头等被封装在由不锈钢加工而成圆筒型真空腔中，圆筒型真空腔体外径 234mm，内径 228mm。引出加速电极及安装法兰由不锈钢加工而成，束流传输孔径 22mm，来自于高压电源的负高压通过高压接头和高压电缆馈入到引出加速电极和靶系统上，在引出加速电极和离子源阳极之间建立高压加速电场，引出加速电极和离子源阳极之间的间隙为 55mm。靶位于

引出加速电极圆筒内，悬浮于负高压端。高压接头由陶瓷绝缘环、高压电缆、冷却管道以及两端的不锈钢法兰通过“O”圈密封装配而成，在其内部密封空腔内充入变压器油，以保证高压接头内部具有良好的高压绝缘性能。真空腔体处于地电位。采用一组分子泵机组抽气，以保证腔内静态真空度好于 $2 \times 10^{-4} \text{Pa}$ 。两端法兰可打开，以方便更换靶片，提高中子发生器的使用寿命，降低使用成本。另外，该中子发生采用了自注入靶工作模式，具有很长的单靶使用寿命。本项目中子发生器主体结构见图 9-3。

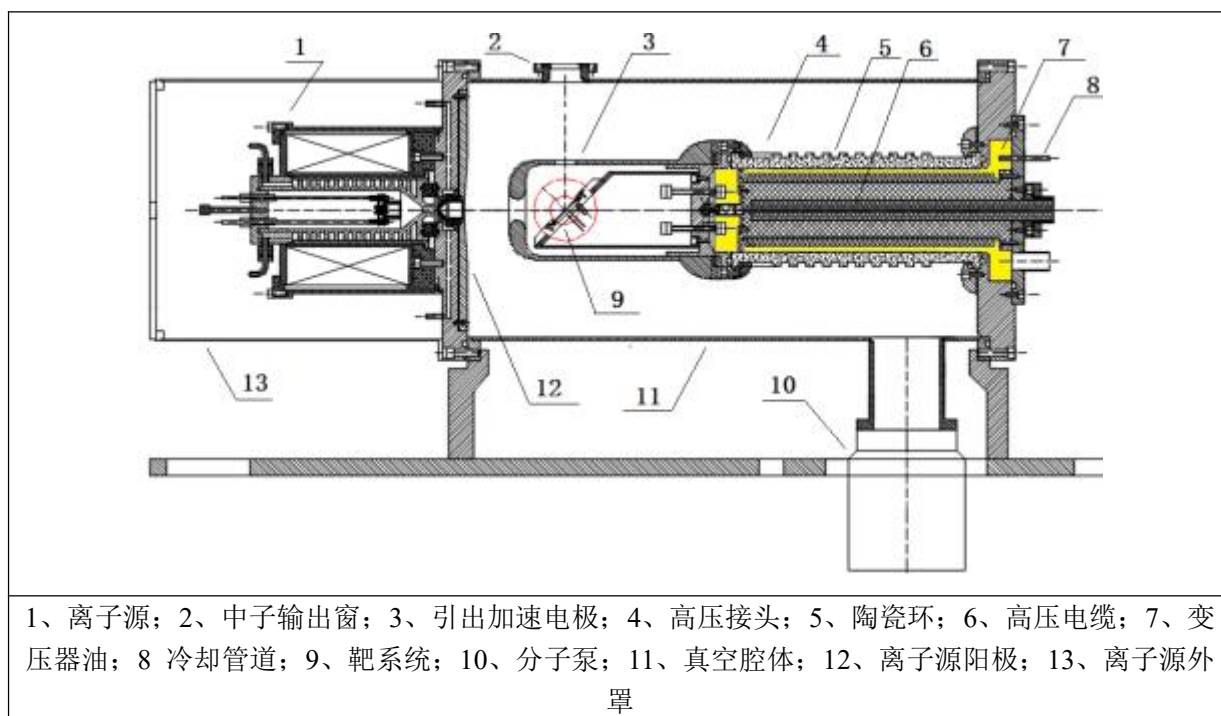


图 9-3 本项目中子发生器主体结构示意图

二、工作原理

双等离子源产生等离子体，由加速电极和离子源阳极之间的高压电场引出、加速氘（D）离子并轰击在靶上，发生 DD（采用自注入氘靶）聚变核反应，释放出 2.45MeV 的快中子，快中子额定产额约为 $1 \times 10^8 \text{n/s}$ 。

本项目 D-D 中子发生器设置了 1 套中子检测系统，对中子产额进行实时检测，检测数据实时显示于控制室显示器上。将待调试辐射剂量探测器放入中子实验室屏蔽间内的工作台上（中子发生器靶正下方）后，辐射工作人员于控制室内设置中子发生器管电压、靶电流等运行参数，待产额稳定后读取待测剂量探测器的计数，读取多个点后即可测试中子产额与中子剂量仪示数之间的线性关系。调试工作示意图见图 9-4。



图 9-4 辐射探测器调试工作示意图

三、工作流程及产污环节

本项目 D-D 中子发生器由兰州大学研发组装完成后，整机运往公司中子实验室，在公司中子实验室内完成调试和试运行后，装置即处于正常可用状态，通过开启离子源即可提供氘离子束流，通过氘离子（D⁺）打靶可以产生中子，关闭中子发生器则整个装置区无氘离子束流无中子产生。

根据建设单位计划，D-D 中子发生器每天运行时间最长为 2h，单次最长运行时间约 1h，每次实验结束后，至少停机 30min，全年运行时间最长为 500h。D-D 中子发生器主要用于辐射剂量探测器的调试，主要的工艺流程阐述如下：

调试期间，工作人员针对设备的运行、束流调整、靶体控制等操作全部在控制室内完成。运行期间，工作人员不在中子实验室内，在对探测器进行放置时，辐射工作人员短暂停留，每次操作时间不超过 1 分钟。装置维护时，工作人员在停止出束并进行充分通风换气后进入相关场所进行操作。操作流程具体如下：

1、准备工作：辐射工作人员对各项辐射安全设施进行检查，将待测试剂量仪等探测器通过中子实验室防盗门送入，打开中子发生器屏蔽间可移动屏蔽防护门，将探测器放置在屏蔽间内的工作台上，关闭屏蔽防护门；

2、巡检：中子发生器启动前进行巡检，确认实验室内无人后退出实验室，关闭防护门，前往控制室；

3、参数设置：辐射工作人员于控制室内根据调试研究需要设置电压、电流等技术

参数；

4、开机检测：操作中子发生器开机，中子发生器处于持续工作状态，待中子发生器产额稳定后，读取剂量仪计数；

5、依次调整中子发生器高压、电流等参数改变中子产额，待产额稳定后读取剂量仪计数，读取多个点后即可测试中子产额与中子剂量仪示数之间的线性关系；

6、检测结束后，关闭电源，中子发生器停止出束，关闭中子发生器，通过固定式辐射报警仪确认设备状态。人员进入实验室将测试探测器拿出，并关闭屏蔽间移动防护门。

本项目在开机过程中主要的辐射污染为中子及中子俘获产生的 γ 射线。本项目工艺流程和主要产污环节如图 9-5 所示。

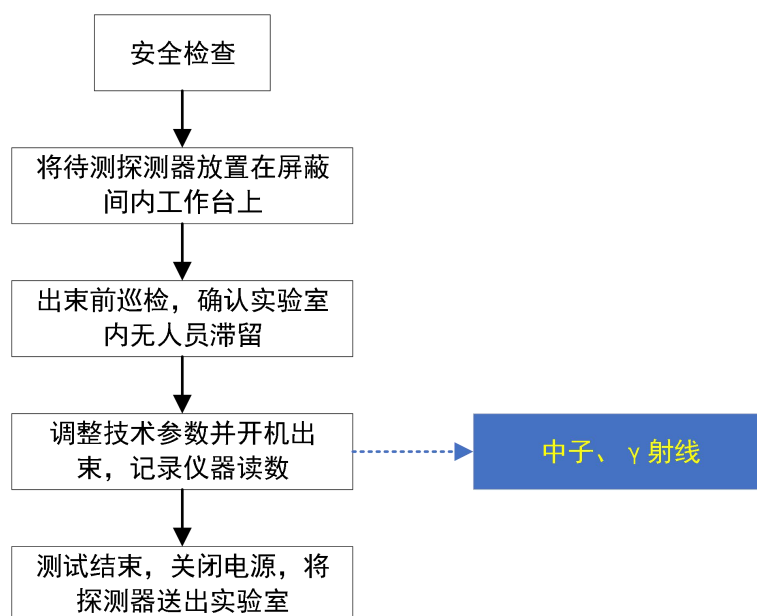


图 9-5 本项目工艺流程及产污环节示意图

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，均为已有辐射工作人员调配，每天工作 8 小时，年工作天数为 250 天。中子发生器每天运行时间最长为 2h，全年运行时间最长为 500h。

污染源项描述

1、放射性污染

①中子贯穿辐射

氘离子经离子引出加速系统加速后打在靶上，产生 2.45MeV 的 $D(d,n)^3He$ 聚变反应中子，可对周围环境产生中子辐射影响。本项目 DD 中子发生器产生的 D+轰击氘化钼靶产生的中子能谱详见图 9-6。

图 9-6 中的横坐标为中子出射角度，纵坐标为中子产额。对于本项目 DD 中子发生器，在 0°角出射的中子能量最高，数量最多，从 90°角出射的中子，数量最少。

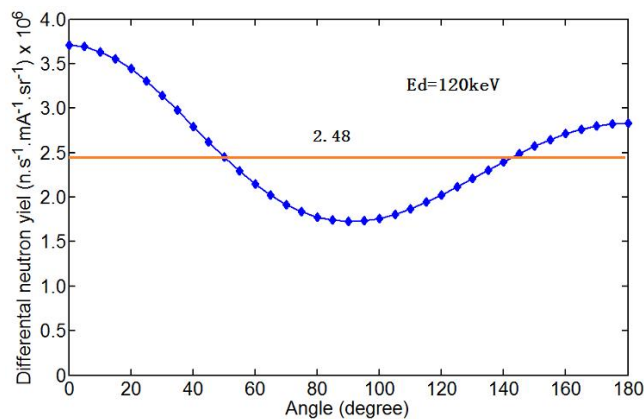


图 9-6 本项目 D 束流能量 120keV 下 DD 中子源中子角分布

②γ射线

γ射线产生途径包括中子发生器产生的快中子流被作用的核素发生非弹性散射 (n, n')，可伴随产生非弹性散射γ射线；热中子被吸收发生 (n, γ) 反应产生俘获γ射线；中子与周围物质相互作用，通过活化反应产生放射性核素，产生γ射线影响。

2、非放射性污染

(1) 废水

辐射工作人员产生的生活污水依托已有化粪池处理后，纳入市政污水管网。

(2) 固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾，由环卫部门统一清运处理。

本项目 DD 中子发生器靶体为自注入式钼靶，氘离子轰击后生成的 3He 是一种稳定的核素，不具有放射性；对于氘化钼靶的钼金属基底，最常见的反应为 ^{98}Mo （天然丰度最高）在中子辐照下发生 (n, γ) 反应生成的 ^{99}Mo ，半衰期为 65.94h。DD 中子发生器氘化钼靶的设计寿命大于 8000 小时，建设单位计划中子发生器全年运行时间最长为

500h，则正常情况下，靶体可至少运行 16 年不更换。因此，本项目 DD 中子发生器运行周期内，靶体最多更换一次，废靶经监测表面辐射剂量率和表面污染符合清洁解控水平后，可作为一般工业固体废物处置；如果不符合要求，委托有资质的单位进行合理处置。

（3）废气

放射性废气主要为中子与空气中的成分发生反应产生的活化气体。空气中的主要成分为 C、N、O、Ar 元素。主要反应有 $N-14(n, p)C-14$ ， $O-16(n, p)N-16$ ， $Ar-40(n, p)Cl-40$ 。产生的 C-14、N-16、Cl-40 均为放射性同位素。由于 O-16 与 Ar-40 的活化存在反应阈值，在 6MeV 以上才会发生活化反应，本项目 DD 中子发生器产生的中子能量为 2.5MeV，因此不考虑 O-16 和 Ar-40 的活化。C-14 的半衰期较长，但 2.5MeV 时的中子反应截面仅为 0.016286b，反应概率及其低，可以忽略不计。

本项目中子发生器在工作状态时，热中子被吸收发生 (n, γ) 反应产生俘获的 γ 射线会使实验室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目中子实验室内拟设机械排风装置，产生的少量臭氧和氮氧化物能够通过排风系统及时排出实验室，臭氧在空气中可自动分解为氧气，对环境影响很小。

（4）噪声

本项目中子发生器运行期间，噪声源主要来自冷却循环机、风机等。公司在对上述设备采取安装减震及实体隔离等措施后，其对外界的噪声影响较小，不会对周围环境产生明显影响，因此噪声不作为本项目的主要污染评价因子。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局与分区

1、工作场所布局

本项目中子发生器位于中子实验室中央，电源及控制集成柜、冷却循环机设置于中子实验室内，中子实验室位于研发楼 1 楼西南部，控制室位于中子实验室东北侧。

工作时，操作人员在 1 楼控制室内负责设置并监控中子发生器运行参数，并通过监控视频等观察实验室内外及周边情况，其中一人为运行值班长，掌控主机钥匙。

因此本项目工作场所布局合理。本项目中子实验室平面图见附图 3。

2、工作场所分区

控制区：把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，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

公司拟将中子实验室作为辐射防护控制区，以其外墙为控制区边界，中子发生器工作时，控制区内无人停留。

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的区域。

公司拟将控制室作为监督区。公司拟在边界处设置电离辐射警示标识以及中文警示说明，并在监督区入口处设立表明监督区的标识牌。中子发生器工作时，除本项目辐射工作人员外，其余工作人员均不允许进入监督区。

表 10-1 本项目两区划分与管理要求

现场探伤	控制区	监督区
两区划分范围	中子实验室	控制室
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，中子发生器工作过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录F规定的警告标志。	中子发生器工作时，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b）在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目辐射防护分区示意图见图 10-1。

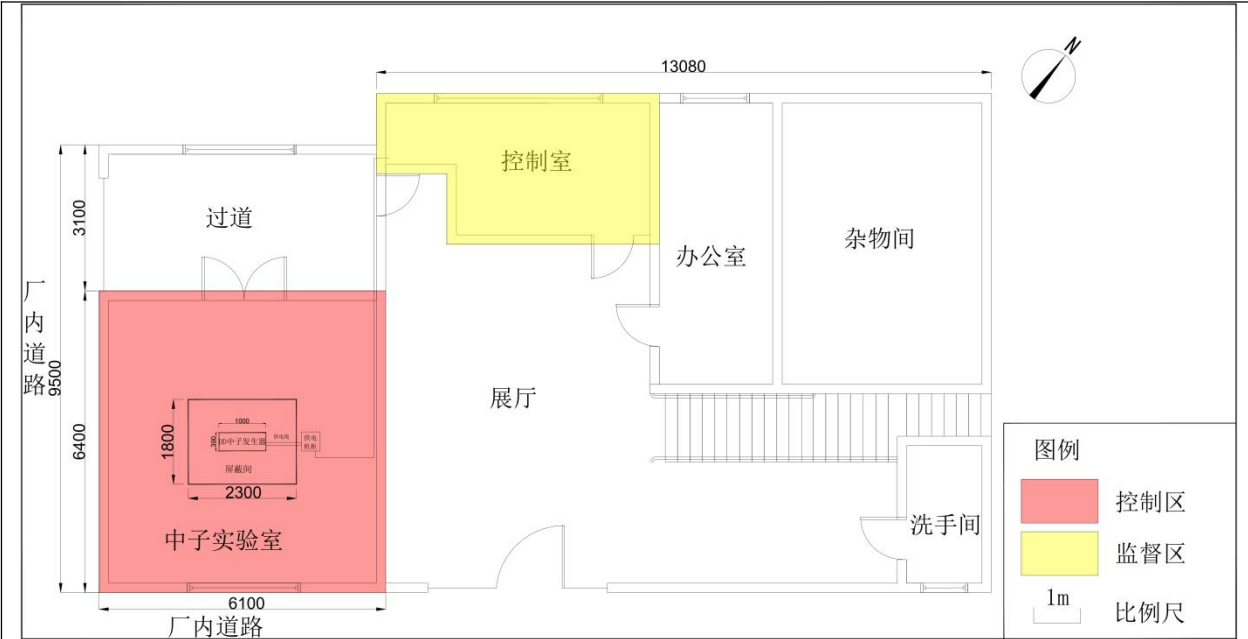


图 10-1 本项目控制区和监督区划分示意图

二、辐射防护屏蔽设计

本项目采用聚乙烯+砖/混凝土进行防护。中子发生器外部设计有一个聚乙烯屏蔽间，屏蔽间材料主要为高密度聚乙烯（HDPE）、含硼聚乙烯（BPE）的双层屏蔽设计结构，屏蔽间位于中子实验室内部，中子实验室采用砖和混凝土防护。许多物质吸收热中子后，常伴有高能的俘获 γ 辐射，因此本项目采用含硼聚乙烯，硼吸收热中子的截面特别大（3837b），硼吸收热中子后伴有的 γ 辐射能量很低，易于屏蔽。屏蔽结构及尺寸示意图见图 10-2。屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 本项目屏蔽防护设计一览表

屏蔽系统位置			屏蔽防护设计
中子实验室	屏蔽间防护	四周、顶部	
		可移动防护门 (轨道式移动推拉门)	
		底部	
	实验室防护	四周	
		顶部	
		底部	
		防护门	

注：中子实验室顶部正上方为研发楼 2 楼闲置房间，底部无建筑。

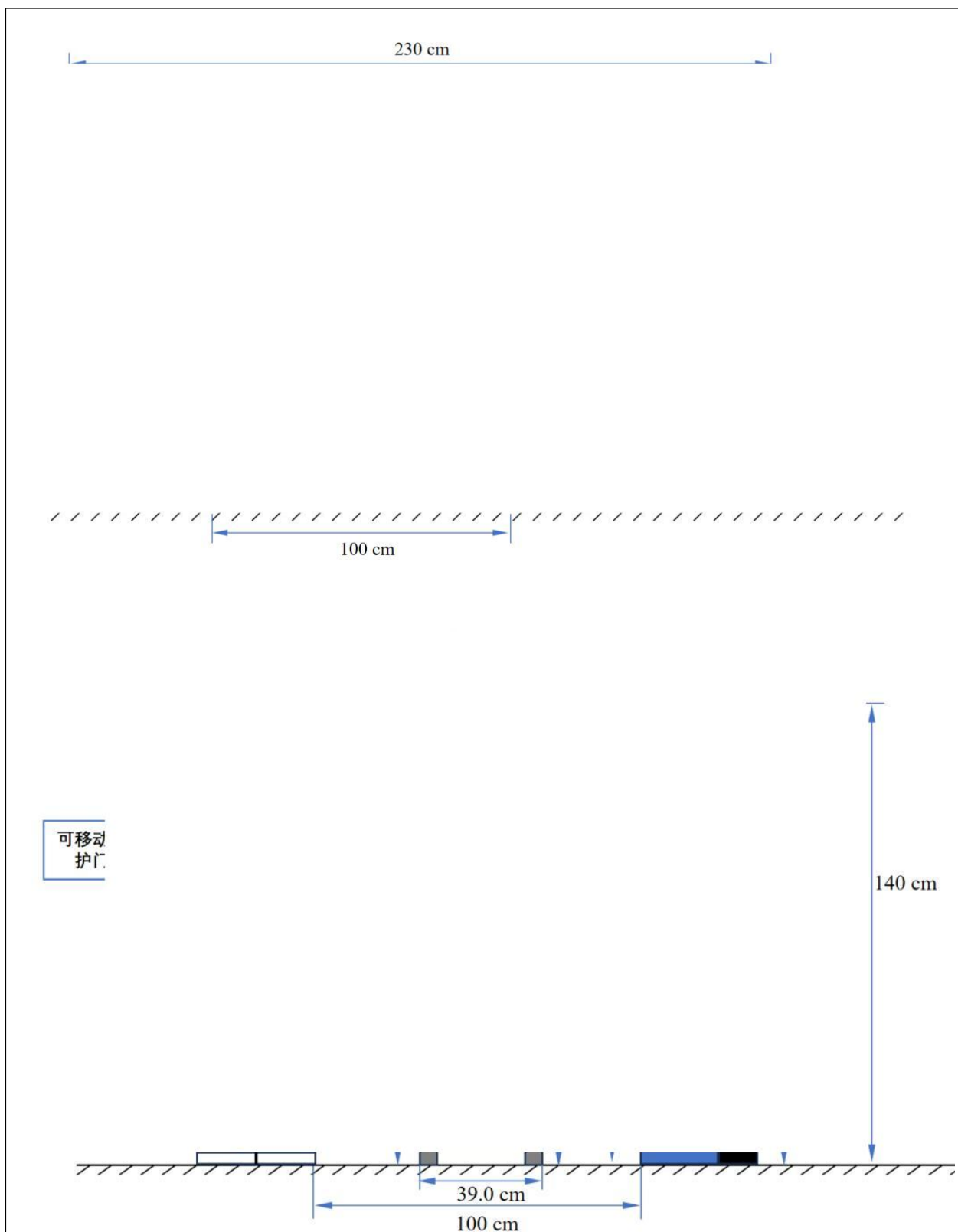


图 10-2 中子发生器屏蔽间结构及尺寸示意图

三、辐射安全和防护措施分析

本项目拟设置以下相应的辐射安全装置和防护措施：

- (1) 钥匙控制。控制室操作台上设有钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人

员方可使用，只有在打开钥匙开关后，中子发生器各项功能才能启动，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。且中子发生器控制电脑设置有密码，未经单位辐射安全管理人员允许不得修改。

(2) 门机联锁。本项目中子实验室防护门（普通防盗门）及中子发生器屏蔽间可移动防护门均拟与中子发生器高压联锁。中子实验室防护门及屏蔽间防护门任一门打开时，均不能开机。中子发生器运行中任一防护门被打开则中子发生器自动断开高压，停止出束。

(3) 信号警示装置。中子实验室防护门拟安装工作状态指示灯和声音报警装置，且工作状态指示灯与中子发生器、防护门联锁。

(4) 急停装置。拟在控制室的控制台上设置 1 个急停按钮，在中子实验室内四周设置 4 个急停按钮，中子发生器屏蔽间外部设置 1 个急停按钮；中子实验室内有人滞留，可按下急停按钮，中子发生器高压立即切断。所有急停按钮旁拟设置清晰的文字说明。

(5) 巡检装置。本项目拟在中子发生器屏蔽间外侧及中子实验室内四周各设置 1 个巡检按钮（共 5 个），并与控制台联锁。中子发生器开机前，辐射工作人员进入中子实验室内按序按动“巡检按钮”，最后从实验室防护门离开，并关闭出入口防护门，完成巡检。所有巡检按钮旁均拟设置清晰的文字说明。

(6) 开门按钮。本项目中子实验室防护门内侧设置了开门按钮，发生事故时，按下开门按钮人员能够逃离事故现场。

(7) 剂量报警。本项目拟在中子实验室内设置 1 个固定式中子剂量监测仪，系统数字显示装置安装在控制室内，当监测点处的剂量率超过设定的阈值时，固定式剂量监测系统会报警，并将信号传送到控制系统。

(8) 视频监控。本项目拟在中子实验室内、中子实验室出入口处各设置 1 个视频监控装置，以实时监控实验室内外的情况。监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到实验室内人员活动和设备运行情况，如发生意外情况可及时处理。

(9) 警告标志。中子实验室出入口、控制室及周围醒目处设置醒目的、符合 GB 18871-2002 规定的“当心电离辐射”警告标志，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

(10) 中子实验室设有门禁系统，禁止非辐射工作人员进入中子实验室。

本项目辐射安全措施、设施布置示意图见图 10-3。

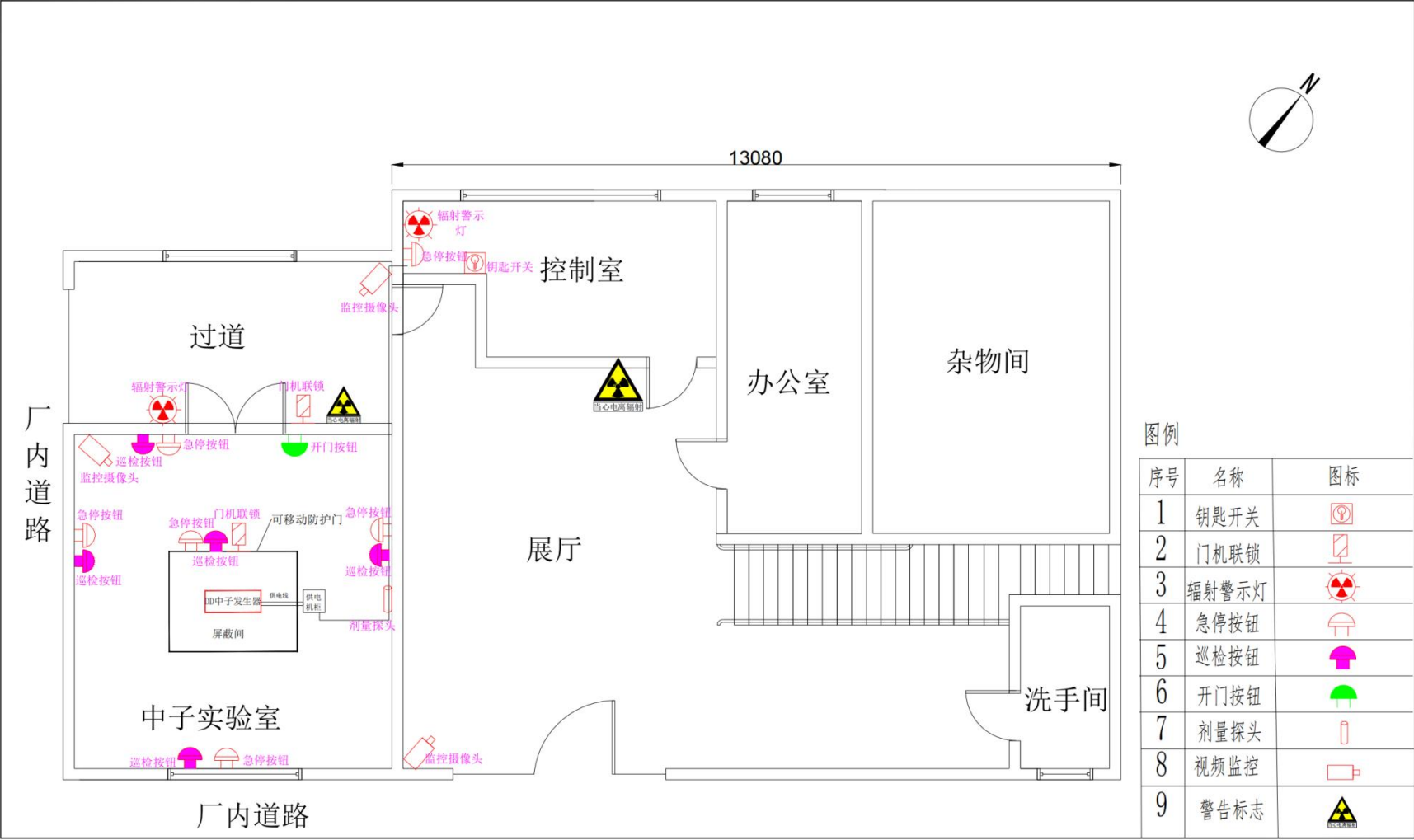


图 10-3 辐射安全措施、设施布置示意图

三废的治理

1、废水

辐射工作人员产生的生活污水依托已有化粪池处理后，纳入市政污水管网。

2、固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾，由环卫部门统一清运处理。

本项目 DD 中子发生器靶体为自注入式钼靶，氘离子轰击后生成的 ^3He 是一种稳定的核素，不具有放射性；对于氘化钼靶的钼金属基底，最常见的反应为 ^{98}Mo （天然丰度最高）在中子辐照下发生 (n, γ) 反应生成的 ^{99}Mo ，半衰期为 65.94h。DD 中子发生器氘化钼靶的设计寿命大于 8000 小时，建设单位计划中子发生器全年运行时间最长为 500h，则正常情况下，靶体可至少运行 16 年不更换。因此，本项目 DD 中子发生器运行周期内，靶体最多更换一次，废靶经监测表面辐射剂量率和表面污染符合清洁解控水平后，可作为一般工业固体废物处置；如果不符合要求，委托有资质的单位进行合理处置。

3、废气

放射性废气主要为中子与空气中的成分发生反应产生的活化气体。空气中的主要成分为 C、N、O、Ar 元素。主要反应有 $\text{N-14}(n, p)\text{C-14}$ ， $\text{O-16}(n, p)\text{N-16}$ ， $\text{Ar-40}(n, p)\text{Cl-40}$ 。产生的 C-14、N-16、Cl-40 均为放射性同位素。由于 O-16 与 Ar-40 的活化存在反应阈值，在 6MeV 以上才会发生活化反应，本项目 DD 中子发生器产生的中子能量为 2.5MeV，因此不考虑 O-16 和 Ar-40 的活化。C-14 的半衰期较长，但 2.5MeV 时的中子反应截面仅为 0.016286b，反应概率及其低，可以忽略不计。

本项目中子发生器在工作状态时，热中子被吸收发生 (n, γ) 反应产生俘获的 γ 射线会使实验室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目中子实验室内拟设机械排风装置，产生的少量臭氧和氮氧化物能够通过排风系统及时排出实验室，臭氧在空气中可自动分解为氧气，对环境影响很小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 D-D 中子发生器由兰州大学研发组装完成后，整机运往公司中子实验室，发生器外部的聚乙烯屏蔽间为定制产品，厂家根据定制需求制作完成后运至现场。本项目位于公司研发实验楼，该研发实验楼原为南京三强节能工程有限公司的销售楼，该楼主体工程已建成，本项目中子实验室利用已有建筑进行辐射防护改造，施工期仅涉及实验室内辐射安全防护设施、防护门及设备安装等，施工期较短，施工量不大，对周围环境影响较小，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

本项目密封中子管产生的单能 2.45MeV 中子属于快中子。由于弹性散射中，与中子相碰撞的原子核越轻，中子转移给反冲核的能量就越多，所以一般使用轻元素材料（如含氢多的材料）来慢化中子，如水、石蜡、聚乙烯、硼酸等，都具有良好的中子慢化能力。

本项目辐射污染，主要是密封中子管工作时发射的中子对周围环境产生的外照射，其可能对辐射工作人员和公众产生一定的影响。因此本项目选取中子实验室各侧人员可达最近处（墙外 30cm 处）作为关注点，本项目关注点示意图见图 11-1，各关注点中子产额方向示意图见图 11-2。

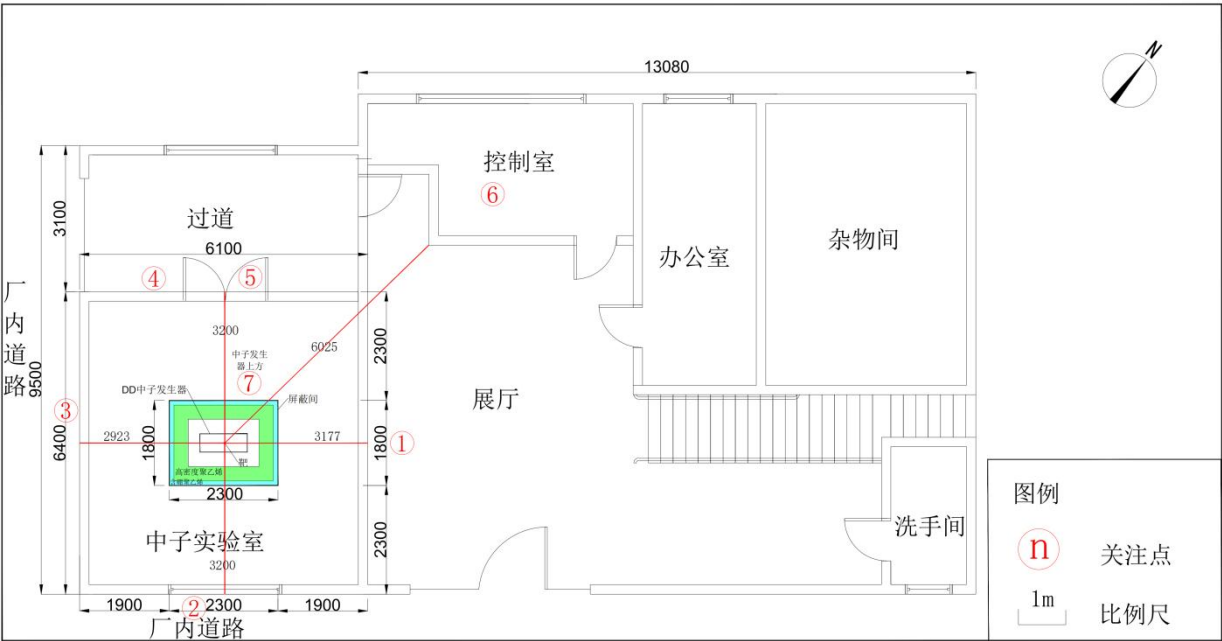


图 11-1 关注点示意图（一层平面图）

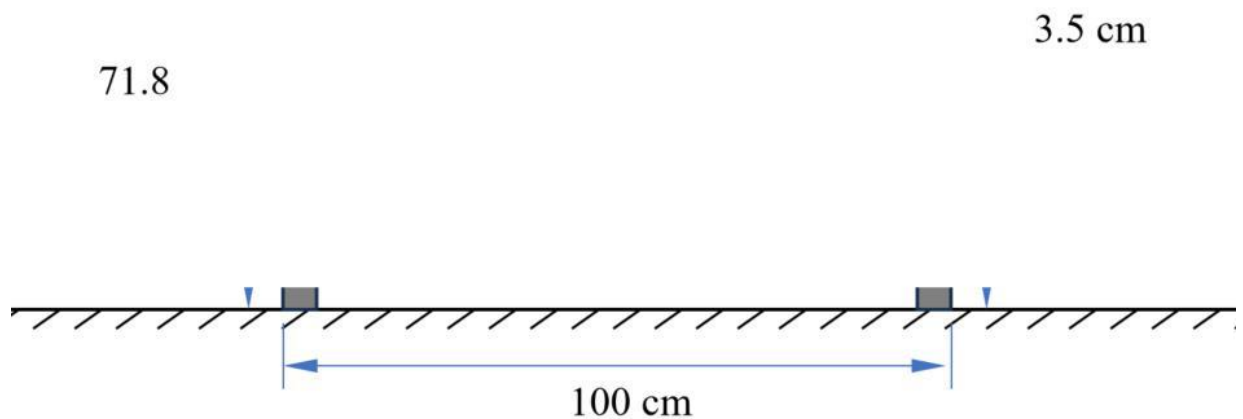


图 11-2 中子产额方向示意图

1 、实验室四周屏蔽体、顶部辐射影响评价

1.1 预测模式

D-D 中子发生器仅在通电刻度时有中子产生，断电时无中子产生，进行调试时，释放出能量为 2.45MeV 的中子，中子产额为 $1 \times 10^8 \text{ n.s}^{-1}$ 。D-D 中子发生器的照射方式为 4π 立体角，因而屏蔽计算按 4π 立体角发射的各向同性点源计算。本项目中子屏蔽采用高密度聚乙烯和含硼聚乙烯作为慢化体，兼做防护体。

采用《辐射防护导论》（方杰编）中单能中子辐射场的剂量当量指数率计算公式 11-1，计算考察点处中子剂量当量指数率 $\dot{H}_L$ ：

$$\dot{H}_L = \phi_n f_{H_L, n} \quad \dots\dots \text{公式 (11-1)}$$

式中， $\dot{H}_L$ 为计算出的考察点中子剂量当量指数率，Sv/h；

ϕ_n 是关注点处中子注量率， $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

$f_{H_L, n}$ 是中子剂量当量指数因子， $\text{Sv} \cdot \text{m}^2$ ，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）可知，D（d，n） ^3He 反应产生的 2.45MeV 单能中子，在照射几何条件为各向同性（ISO）时，其中子注量到有效剂量的转换系数 E/Φ 为 221.45 pSv.cm^2

(约相当于 $2.2145 \times 10^{-10} \text{Sv} \cdot \text{cm}^2$)。

D-D 中子管在 0° 和 90° 方向上离源 $r \text{ m}$ 处的中子注量率，见公式 11-2。

$$\varphi(0^\circ \text{或 } 90^\circ) = I \times y_{\text{sr}}(0^\circ \text{或 } 90^\circ) \times 10^{-4} / r^2 \quad \dots\dots \text{公式 (11-2)}$$

已知本项目中子 4π 方向的总产额 $y=1 \times 10^8 \text{n/s}$ ，由《辐射防护导论》P144 表 5.3 知，D-D 反应产生的中子，其 0° 方向单位立体角的中子产额占总产额的 0.35，其 90° 方向单位立体角的中子产额与 0° 方向产额比为 0.15。即 $y_{\text{sr}}(0^\circ) = 0.35y = 0.35 \times 1 \times 10^8 \text{n} \cdot \text{s}^{-1} = 3.5 \times 10^7 \text{n} \cdot \text{s}^{-1}$ ； $y_{\text{sr}}(90^\circ) = 0.15y_{\text{sr}}(0^\circ) = 0.15 \times 3.5 \times 10^7 \text{n} \cdot \text{s}^{-1} = 5.25 \times 10^6 \text{n} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

当屏蔽层足够厚时，对于中子的屏蔽减弱，可以采用《辐射防护导论》分出截面法公式 11-3，计算中子在屏蔽体中的减弱。

$$\dot{H}_I = \dot{H}_{I0} e^{-\Sigma_R d} \quad \dots\dots \text{公式 (11-3)}$$

式中， $\dot{H}_{I0}$ 、 $\dot{H}_I$ 为设置屏蔽层前、后在辐射场中离源 r 处的剂量当量指数率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

Σ_R 是屏蔽材料对中子的宏观分出截面， cm^{-1} ，对于单能中子源多层屏蔽材料的情况，总宏观分出截面数值为各层材料分出截面之和。查《辐射防护导论》表 5.9 各常见中子屏蔽材料的宏观分出截面，对应聚乙烯为 0.123，对应普通混凝土为 0.089，对应粘土砖近似按土取值 0.041；

d 是屏蔽层厚度， cm 。

以上计算结果代入公式 11-3，则 2.45MeV 密封中子管经过各层屏蔽材料慢化吸收后，在 0° 和 90° 方向上距靶 $r \text{ m}$ 处考察点的中子剂量当量指数率 $\dot{H}_I$ 见表 11-1。

表 11-1 中子实验室外关注点处的中子剂量当量指数率 $\dot{H}_I$ 计算结果

屏蔽体 参数	东北墙外 ①	东南墙外 ②	西南墙外 ③	西北墙外 ④	中子实验 室门外⑤	控制室 内⑥	顶部⑦
屏蔽间慢化体 材料及尺寸 (cm)							
实验室屏蔽墙 材料及尺寸 (cm)							
方位							
关注点距离 r (m)							
关注点处中子 注量率(屏蔽 前, $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)							

总的宏观分出 截面 $\Sigma_R d$	
$e^{-\Sigma_R d}$	
关注点处中子剂 量当量指数率 H_L (屏蔽后， $\mu\text{Sv/h}$)	

根据预测结果，本项目中子 实验室的各侧墙体外 30cm 处中子最大 量率 0.733 $\mu\text{Sv/h}$ ，符合本项目辐射剂量率约束限值要求。

2、中子俘获 γ 射线

在快中子的非弹性散射和热中子被吸收的过程中，都会产生次级 γ 辐射。在实际的屏蔽设计中，为慢化快中子已使用了不少中等重量以上的材料，它们对次级 γ 辐射已具有相当的屏蔽能力，因此，屏蔽体在防护中子的过程中往往也足以减弱或屏蔽掉这些次级 γ 辐射。

根据东北师范大学刘茂林教授编著的《中子发生器及其应用》P159，由实际的经验可知中子的危害和射线的危害相比，中子是主要的。因此，主要考虑中子的屏蔽。如果屏蔽层对中子是足够的话，必然满足对 γ 射线的安全屏蔽要求。

3、电缆进出口辐射防护影响分析

本项目设备电缆采用地下“U”字形穿过屏蔽间和中子实验室，且地下沟槽采用迷宫式，利用散射降低管道口的辐射水平。因此本项目管道设计可以满足辐射防护要求。

二、辐射工作人员和公众剂量估算及评价

辐射工作人员和公众年有效剂量的年有效剂量由公式（11-4）进行估算：

$$E = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot U \dots\dots (11-4)$$

式中： $\dot{H}$ —参考点处辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —年照射时间，单位 h ；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子；

U —装置向关注点方向照射的使用因子，本项目 U 取 1。

本项目辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测点位图见图 11-3。

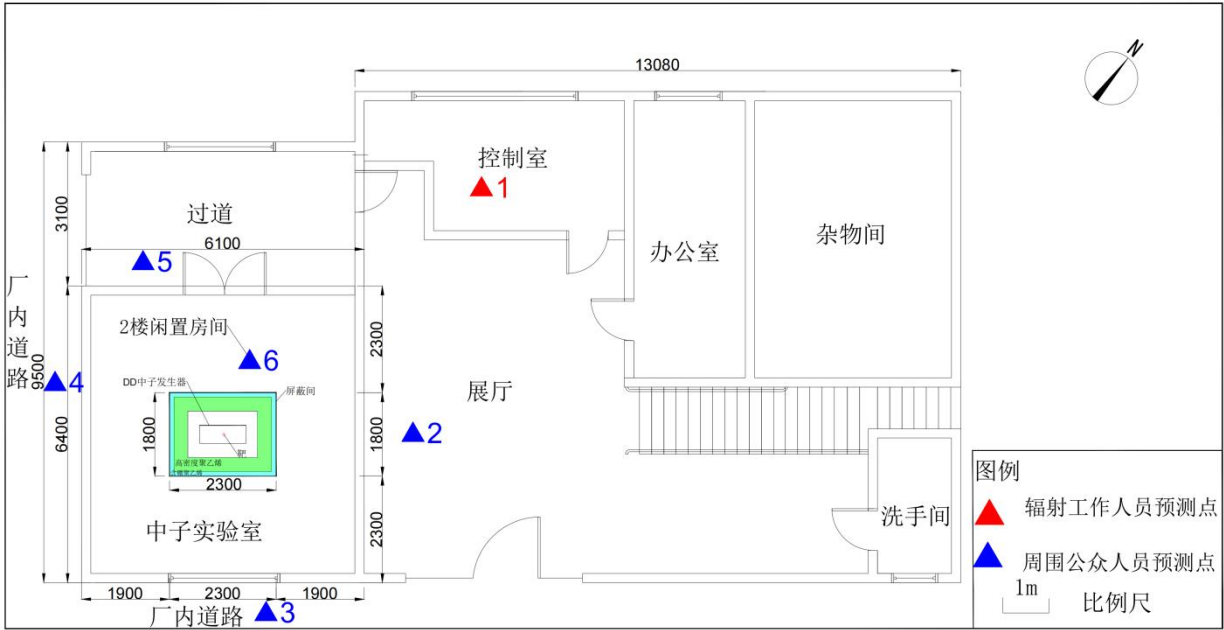


图 11-3 年有效剂量预测点位图（一层）

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，均为已有辐射工作人员调配，每天工作 8 小时，年工作天数为 250 天。中子发生器每天运行时间最长为 2h，全年运行时间最长为 500h。

表 11-2 本项目辐射工作人员及公众年有效剂量

位置	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	使用因 子 U	居留因 子 T	年有效剂量 率 (mSv/a)	管理目标 (mSv/a)	评价 结果
1 楼控制室▲1						满足
展厅▲2 (实验室东北侧)						满足
厂区道路▲3 (实验室东南侧)						满足
厂区通道▲4 (实验室西南侧)						满足
厂区道路▲5						满足

(实验室西北侧)						
2 楼闲置房间▲6 (实验室顶部)						满足

注：关注点剂量率保守取该方向最大值；“厂区”指檀溪路 2 号内道路。

根据理论估算结果可知，本项目中子发生器运行后，辐射工作人员受到的年有效剂量最大值为 0.048mSv，周围公众受到的年有效剂量最大值为 0.036mSv，评价范围内的其他公众在经距离和其他屏蔽体的进一步衰减后收到的年有效剂量将更小，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

根据建设单位提供的现有辐射工作人员近一年个人剂量检测报告（附件 6）可知，现有辐射工作人员全年个人剂量累计值最大为 0.065mSv，本项目辐射工作人员为现有人员调配，保守叠加本项目理论计算结果后，仍然能够满足职业人员年剂量不超过 5mSv 的要求，能够继续从事此项工作。

综上所述，本项目辐射工作人员及周围公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

事故影响分析

1、潜在事故分析

本项目中子发生器只有在开机工作时才产生中子，因此，其潜在事故多为开机误照射事故，主要为：

（1）开机工作前未按照要求进行巡检，导致人员误留在中子实验室内，发生工作人员超剂量照射事故；

（2）工作人员误操作或设备安全联锁装置失灵，造成工作人员或公众误入或滞留在中子实验室内，发生人员超剂量照射事故；

（3）由于设备故障，密封中子管仍处于发射中子状态，而此时实验室内有人停留，人员有可能受到超剂量的中子束照射；

（4）中子屏蔽防护间为聚乙烯材质，由于气温变化而收缩、干裂，使得对中子的慢化能力下降。

2、辐射事故预防措施

（1）在每次工作前检查各项安全联锁装置的有效性，每次开启中子发生器前严格对实

验室内进行巡查，定期监测实验室周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。

(2) 定期认真地对本公司中子发生器的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(3) 凡涉及对中子发生器进行操作，必须有明确的操作规程，作业时至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(4) 定期对中子发生器进行维护保养，发现异常情况必须及时采取改正措施。

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

3、辐射事故处置方法

本项目拟使用的中子发生器属于Ⅱ类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。在发生事故后：

(1) 事故情况下立即切断高压控制开关的电源，组织人员保护现场，迅速报告公司安全和保卫部门进行事故处理，在 1 小时内上报生态环境、公安等有关管理部门，并做好辐射事故档案记录；

(2) 发生人员受照事故时，迅速安排受照人员接受医学检查和救治，建立并保存相应的医疗档案；

(3) 辐射事故发生后，积极配合生态环境、公安等管理机关做好事故调查和善后处理；

(4) 对发生事故的中子发生器装置，请有关供货单位或相关的检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，提出改进意见，并保存记录。

当发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》等法律法规要求，使用射线装置、放射性同位素的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核。

公司已按上述规定成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员管理职责。

本项目运行后，将配备2名辐射工作人员，为满足本项目要求（中子发生器，II类射线装置），拟配备的辐射工作人员及辐射管理人员应当及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加辐射安全和防护专业知识培训，自主学习并报名参加与本项目相关的考核，通过考核后，方能从事辐射工作。本项目管理人员需报考“辐射安全管理”，辐射工作人员报考类别为“科研、生产及其他”。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关要求，使用射线装置的单位要“有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。公司应针对本次核技术利用项目制定辐射安全管理制度，主要有《辐射防护和安全保卫制度》《中子发生器操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《监测方案》《台账管理制度》及《辐射事故应急预案》。公司制定的辐射安全管理规章制度应具有一定的针对性和可操作性，满足本次核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求，同时在实际工作中还应不断对其进行补充和完善。

现对公司各项管理制度提出如下建议：

辐射防护和安全保卫制度：结合公司的具体情况制定中子发生器辐射防护和安全保卫制度，重点是中子发生器的运行和维修时辐射安全管理，并在中子发生器工作场所周围显著位置设置电离辐射警告标志。

操作规程：明确中子发生器辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及具体操作步骤。重点是：

①确保开展辐射工作时所有辐射安全措施均已到位，严格按照操作流程操作，防止发生辐射事故；

②从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。本项目拟为 2 名辐射工作人员各配备 1 枚个人剂量计（能够分别测量中子剂量和光子剂量的鉴别式个人剂量计），个人剂量计定期送有资质部门进行监测。

岗位职责：明确中子发生器操作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

设备检修维护制度：明确中子发生器以及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保中子发生器以及辐射监测设备等仪器设备保持良好工作状态。

台账登记制度：建立中子发生器使用登记台账，重点是：中子发生器的使用情况等由专人负责登记、专人形成台账、每月核对，确保使用情况与登记相符，并做好存档记录。

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

监测方案：明确监测频次和监测项目，主要包括个人剂量监测和工作场所监测，其中工作场所监测方式由企业自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，定期上报生态环境行政主管部门。发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。此外，根据 18 号令，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

辐射事故应急预案：成立辐射事故应急指挥小组，明确各小组成员的职责与分工，以及应急事故处理相关的联系方式。在演练过程中发现问题能够及时解决，并在日常工作中对职工进行辐射防护知识的培训和安全意识教育，不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生。制定应急人员的组织、培训和应急方案，辐射事故分

类与应急响应的措施。当发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康行政部门报告。同时，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。

监测异常报告制度：明确按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测；当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康行政部门调查处理。

辐射监测

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

公司拟配备 1 台便携式辐射巡测仪、1 台中子剂量率仪及 2 台个人剂量报警仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警，配备后将能够满足辐射监测仪器配置要求。

2、监测方案

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司应根据辐射管理要求，制定如下监测方案：

（1）请有资质单位定期对辐射工作场所周围环境辐射水平进行监测，每年 1~2 次；

（2）定期请有资质的单位对产生辐射的仪器设备进行防护监测，包括仪器设备防护性能的检测，每年 1~2 次；

（3）辐射工作人员佩戴个人剂量计（分别测量中子剂量和光子剂量的鉴别式个人剂量计）监测累积剂量，定期（不少于 1 次/三个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案；

（4）所有辐射工作人员上岗前进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案；

（5）利用自配备的辐射监测仪器对公司的辐射工作场所定期进行自主监测，并记

录档案。

公司应对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交了上一年度的评估报告。

本项目监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目监测计划一览表

监测项目	监测类型	监测因子	监测点位和监测频次	监测点位
工作场所监测	竣工环保验收监测	中子剂量当量率、X- γ 辐射剂量率	请有资质单位监测，项目建设后试运行 3 个月内	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②中子实验室四周墙外、防护门外、电缆口处
	年度监测	中子剂量当量率、X- γ 辐射剂量率	请有资质单位监测，不少于 1 次/年	
	日常监测	中子剂量当量率、X- γ 辐射剂量率	请有资质单位监测或自主监测，建议不少于 1 次/季度	
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质部门进行监测，不少于 1 次/3 个月	/

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可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。本项目事故多为开机误照射事故，通常情况下属于一般辐射事故。

针对可能发生的事故风险，公司拟针对中子发生器项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容主要包括：

- (1) 应急机构、组成人员以及职责分工；
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (3) 应急人员的组织、培训及联系方式；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 应急演练计划。

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司拟根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，明确人员职责分工，加强应急人员的组织、培训，并拟在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，确保辐射工作安全有效运转。

发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康行政部门报告。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

因公司辐射技术研发需要，公司拟在研发实验楼 1 楼西南部新建 1 间中子实验室，并配备 1 台 D-D 中子发生器，用于开展辐射探测器的调试。本项目中子发生器为 II 类射线装置。

2、产业政策符合性分析

本项目为使用中子发生器开展辐射探测器的调试工作，根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

3、实践正当性评价

本项目的建设和运行可提升中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司科研水平，有利于产业发展，其建设和运行对企业或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

4、选址、布局合理性评价

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司拟租用高淳经济开发区檀溪路 2 号南京三强节能工程有限公司的销售楼作为研发实验楼，并拟在研发实验楼 1 楼西南部新建 1 间中子实验室，用于开展辐射探测器的调试。中子实验室 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员及评价范围内的公众。

公司拟将中子实验室作为辐射防护控制区，以其外墙为控制区边界，中子发生器工作时，控制区内无人停留。

公司拟将控制室作为监督区。公司拟在边界处设置电离辐射警示标识以及中文警示说明，并在监督区入口处设立表明监督区的标识牌。中子发生器工作时，除本项目辐射工作人员外，其余工作人员均不允许进入监督区。本项目中子发生器工作场所布局合理。

5、辐射防护措施评价

本项目采取的是实体屏蔽方式，聚乙烯+砖/混凝土。中子发生器外部设计有一个

聚乙烯屏蔽间，屏蔽间材料主要为高密度聚乙烯（HDPE）、含硼聚乙烯（BPE）的双层屏蔽设计结构，屏蔽间位于中子实验室内，中子实验室采用砖和混凝土防护。根据理论预测可知，本项目中子发生器屏蔽间的屏蔽厚度能满足防护要求；电缆进出通道设置合理可行，未破坏屏蔽间的整体屏蔽防护效果，该公司拟采取的辐射防护措施满足当前的管理要求。

6、辐射安全措施评价

本项目中子实验室拟设置相应的辐射安全装置和保护措施，主要包括：钥匙控制、门机联锁、信号警示装置、巡检装置、急停装置、开门按钮、剂量报警、警告标志、监控系统等。本项目拟设置的辐射安全装置和保护措施符合要求，项目设计安全可行。

在落实以上措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全防护要求。

7、保护目标剂量评价

根据理论估算，本项目投入运行后，辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目剂量约束值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

8、辐射防护监测仪器

公司拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪、1 台中子剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警，配备后将能够满足辐射监测仪器配置要求。

9、辐射安全管理评价

中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。公司辐射安全专职管理人员和拟为本项目配备的辐射工作人员均应参加并通过辐射安全和防护的培训及考核。

本项目拟为 2 名辐射工作人员各配备 1 枚个人剂量计（能够分别测量中子剂量和光子剂量的鉴别式个人剂量计）并定期送检，定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，建立个人剂量档案及职业健康档案。公司还应根据本项目具体情况制定各项管理制度，同时在工作中将其落到实处，确保辐射工作的安全。采取上述措施后，将满足生态环境保护管理要求。

总结论：

综上所述，中南兰信（南京）辐射技术研究院有限公司新建 1 台 D-D 中子发生器项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议与承诺

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

（2）公司应定期或不定期针对中子发生器的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保仪器的完好和有效。

（3）公司应认真保管好中子发生器的各种档案资料以及定期的测试报告，做到各种数据有据可查。

（4）本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，在 3 个月内对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入使用。

本项目竣工环保验收“三同时”检查内容见附表。

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素和射线装置的单位需设置辐射安全与环境保护管理机构，或者指定专职人员负责辐射安全与环境保护管理工作的要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施： 本项目辐射屏蔽措施为：屏蔽间防护：10cm 含硼聚乙烯（BPE）+30cm 高密度聚乙烯（HDPE）。 实验室防护：东北墙：200mm 混凝土；东南墙：20cm 混凝土；西南墙 24cm 砖；西北墙：24cm 砖；顶部：20cm 混凝土；底部：混凝土+土层。	中子实验周围参考点的辐射剂量率均能够满足人员可达区域外表面 30cm 处周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h 的要求，辐射工作人员和周围公众年受照剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。	43
	安全措施： 主要包括钥匙控制、门机联锁、信号警示装置、巡检按钮、急停装置、开门按钮、剂量报警、警告标志、监控系统等。	满足要求。	
人员配备	辐射防护与安全培训： 本项目拟配备 2 名辐射工作人员，辐射工作人员及管理人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，通过考核后才能上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的管理要求。	1.0
	个人剂量监测： 本项目拟为 2 名辐射工作人员配备个人剂量计（能分别测量中子剂量和光子剂量的鉴别式个人剂量计），每 3 个月定期送检，并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测的管理要求。	2.0
	人员职业健康监护： 本项目辐射工作人员均定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展职业健康体检的管理要求。	2.0
监测仪器和防护用品	拟配备 1 台辐射巡测仪、1 台中子剂量率仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器配备要求。	2.0
	拟配备 2 台个人剂量报警仪。		

辐射安全管理制度	拟针对本次项目制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施、监测异常报告制度等辐射安全管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素和射线装置的单位需具备健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/
----------	--	--	---

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。