

核技术利用建设项目

新奥科技发展有限公司等离子体实验装置
升级改造项目

环境影响报告表
(送审稿)



新奥科技发展有限公司

2025年10月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新奥科技发展有限公司等离子体实验装置
升级改造项目

环境影响报告表

(送审稿)

建设单位名称：新奥科技发展有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：王玉锁

通讯地址：廊坊开发区华祥路新奥科技园

邮政编码：065001

联系人：赵岳

电子邮箱：zhaoyues@enn.cn

联系电话：18134932196



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer



本证书由中华人民共和国人力资源
和社会保障部、生态环境部批准颁发，
表明持证人通过国家统一组织的考试，
具有环境影响评价工程师的职业水平和
能力。

姓名：杨笑宇
证件号码：130133198801060037
性别：男
出生年月：1988年01月
批准日期：2020年11月15日
管理号：20201103513000000005

仅限新奥科技发展有限公司等离子体实验装置升级改造项目使用



中华人民共和国 中华人民共和国
人力资源和社会保障部 生态环境部





河北省人力资源和社会保障厅统一制式



13990020250925012709

社会保险单位参保证明

险种：企业职工基本养老保险

经办机构代码：139900

兹证明

参保单位名称：	中核第四研究设计工程有限公司	社会信用代码：	911301001043361316
单位社保编号：	13400100001	经办机构名称：	河北省省本级
单位参保日期：	2001年01月01日	单位参保状态：	参保缴费
参保缴费人数：	434	单位参保险种：	企业职工基本养老保险
单位有无欠费：	无	单位参保类型：	企业

该单位参保人员明细（部分/全部）

序号	姓名	社会保障号码	本单位参保日期	缴费状态	个人缴费基数	本单位缴费起止年月
1	宋旺旺	130428199102100044	2015-07-13	缴费	15328.75	201507至202508
2	杨笑宇	130133198801060037	2016-07-11	缴费	10716.00	201607至202508

证明机构签章：



证明日期：2025年09月25日

1. 证明开具后6个月内有效。本证明加盖印章为电子签章，黑色签章与红色签章效力相同。
2. 对上述信息有疑义的，可向查询地经办机构咨询，服务电话：12333。



验证码：0-19248927255715841

承诺书

我公司郑重承诺《新奥科技发展有限公司等离子体实验装置升级改造
项目环境影响报告表》中内容、附图、附件均真实有效，本单位愿意承担
相应责任。环评报告表内容不涉及国家机密、商业秘密和个人隐私，同意
环评报告表全本公开。

特此承诺

新奥科技发展有限公司

2025年9月25日



目 录

一、建设项目基本情况.....	- 1 -
二、建设项目工程分析.....	- 4 -
三、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准.....	- 32 -
四、主要环境影响和保护措施.....	- 46 -
五、环境保护措施监督检查清单.....	- 71 -
六、结论和建议.....	- 72 -
附图.....	- 78 -
附件.....	- 89 -

一、建设项目基本情况

建设项目名称	新奥科技发展有限公司等离子体实验装置升级改造项目		
项目代码	/		
营运单位联系人	赵岳	联系方式	18134932196
建设地点	河北省廊坊经济技术开发区华祥路 106 号		
地理坐标	(经度 116 度 46 分 0.761 秒, 纬度 39 度 33 分 10.832 秒)		
国民经济行业类别	M7320	建设项目行业类别	172 核技术利用建设项目
建设性质	<input type="checkbox"/> 新建（迁建） <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造	建设项目申报情形	<input checked="" type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 重大变动重新报批项目
项目审批（核准/备案）部门	/	项目审批（核准/备案）文号	/
总投资（万元）	15000	环保投资（万元）	200
环保投资占比	1.33%	施工工期	1 年
是否开工建设	<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是	用地（用海）面积（m ² ）	4200
专项评价设置情况	无		
规划情况	《关于发布河北省生态环境分区管控更新成果（2023 版）的公告》（河北省生态环境厅，2024 年 12 月 18 日发布）		
规划环境影响评价情况	无		
规划及规划环境影响评价符合性分析	/		
其他符合性分析	<p>1.产业政策符合性分析</p> <p>根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 10 条 科技创新平台建设：“国家级工程（技术）研究中心、国家产业创新中心、国际农业高新技术产业示范、国际农业科技园区、国家认定的企业技术中心、国家实验室、全国重点实验</p>		

室、国家重大科技基础设施、科技企业孵化器、众创空间、绿色技术创新基地平台、新产品开发设计中心、科教基础设施、产业集群综合公共服务平台、中试基地、实验基地建设、国家技术创新中心建设”中所列项目，符合国家产业政策。

本项目不属于《廊坊市广阳区、永清县、固安县和涿州市新增产业的禁止和限制目录》（2024年6月3日，河北省人民政府）规定禁止/限制目录。

综上所述，项目建设符合国家和地方产业政策。

2.与廊坊经济技术开发区生态环境分区管控符合性

根据《关于发布河北省生态环境分区管控更新成果（2023版）的公告》（河北省生态环境厅，2024年12月18日发布），本项目评价场址位于廊坊经济技术开发区重点管控单元（编码ZH13107120088），项目与河北省生态环境管控单元位置关系详见图1-1。本项目与所处管控单元的管控要求对比情况如下：

表 1-1 与所处重点管控单元的管控要求符合性对比表

管控纬度	管控要求	项目符合性
空间布局约束	新建项目一律不得违规占用河道管理范围，留足河道管理和保护范围。	本项目位于廊坊市经济技术开发区华祥路106号，不涉及占用河道管理范围，与最近的风河直线距离>5km，与永定河等直线距离>25km，留有足量的河道管理和保护范围。
污染物排放管控	1.加强橡胶、塑料、涂料等行业 VOCs 治理力度。推动 VOCs 排放工序密闭化改造，加强无组织排放收集。 2.锅炉大气污染物排放执行《锅炉大气污染物排放标准》（DB13/5161）。 3.廊坊开发区供水中心提标改造，水污染物排放执行《城镇污水处理厂水污染物排放标准》（DB11/890）中 B 标准；廊坊开发区供水中心适时扩容。	1.本项目不属于橡胶、塑料、涂料等行业，不涉及 VOCs 排放。 2.本项目不设锅炉。 3.项目废水全部收集排入新奥科技北园污水管网，并统一送至廊坊经济技术开发区污水处理厂进行处理，满足《城镇污水处理厂水污染物排放标准》（DB11/890）中 B 标准要求。
资源利用效率	城市建成区落实深层地下水禁采要求。	本项目统一由廊坊经济技术开发区供水中心进行供水，不涉及深层地下水开采。

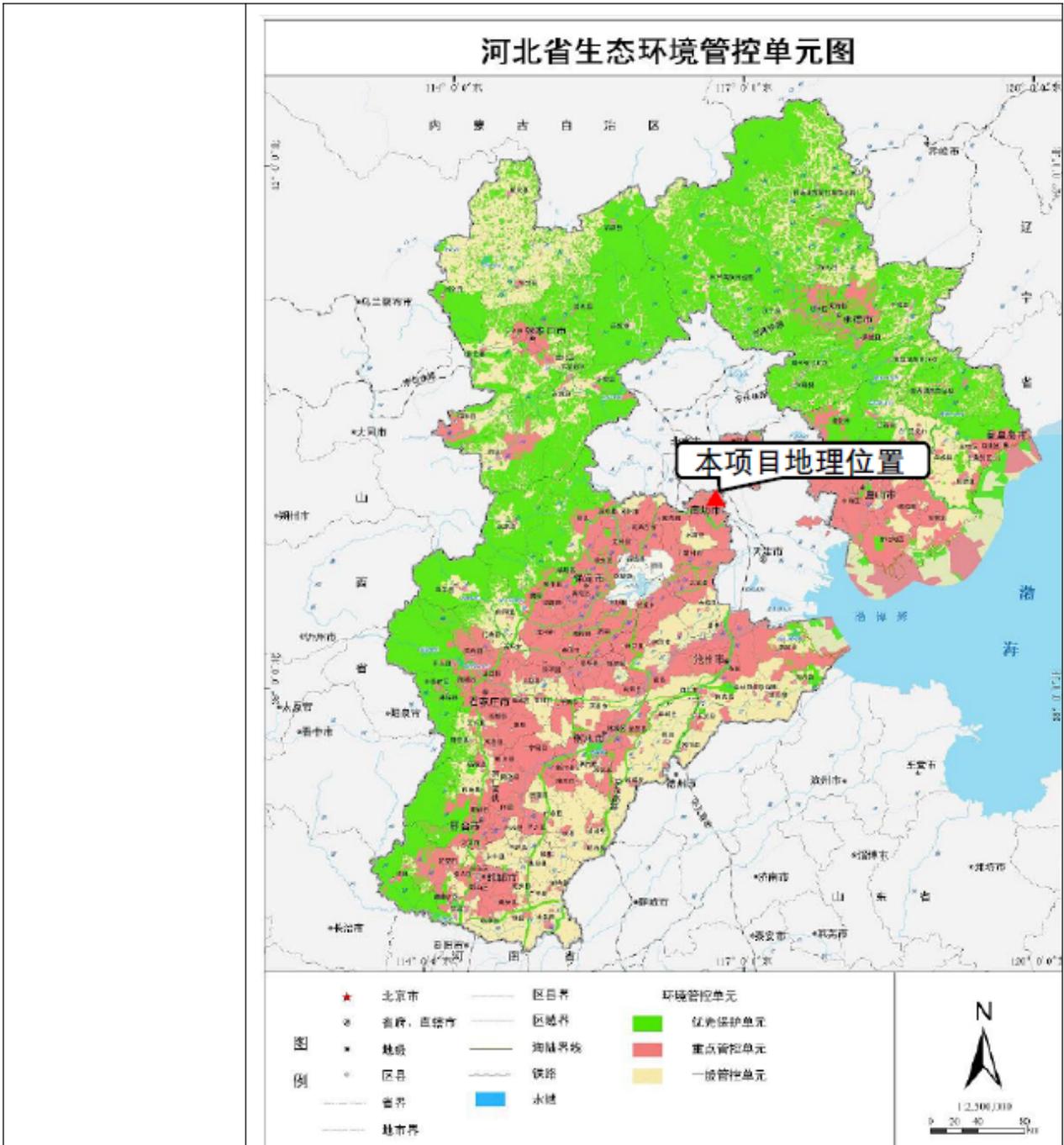


图 1-1 项目与河北省生态环境管控单元位置关系图

由表 1-1 可见，本项目与河北省重点管控单元中的廊坊经济技术开发区重点管控单元的管控要求相符合。

二、建设项目工程分析

建设内容

1.项目概况

1) 建设单位情况

新奥科技发展有限公司位于河北省廊坊市经济技术开发区华祥路 106 号新奥科技园北院，公司成立于 2006 年，隶属新奥集团，致力于清洁能源前瞻技术创新。公司目前已在低碳能源技术领域实现了一系列引领突破，先后承担国家 973/863 计划、国家科技支撑项目、国际科技合作项目、国家重点研发计划等 30 多项；累计形成专利成果 2400 余项，其中发明专利 1300 余项；拥有海外高层次人才创新创业基地、国际科技合作基地、河北省紧凑型聚变重点实验室等科研平台。公司拥有 300 余人的国际化聚变研发团队，具备物理基础研究-装置设计-工程建设和验证的一体化能力，并与国内外数十家研究院与知名高校建立了技术联盟合作关系。

2) 项目背景

受控核聚变能被公认是解决人类能源危机的最佳途径。聚变燃料最常见的是氘氚，此外还有氘氘、氘氦、氢硼等。作为目前国际上主流的聚变实验装置之一，托卡马克装置就以氘氚聚变为主。氘氚聚变在技术上相对容易实现，但是氘的来源极其有限，自然界仅微量存在，并不能通过开采获得，而且价格昂贵。氚本身具有放射性，氘氚聚变过程中释放出的高能中子可能引发的再生放射性也较高。同理，氘氘聚变反应也会产生高能中子，氘氦聚变中的氦稀缺，均存在商业化落地制约。

经过全球调研与探索论证，新奥科技发展有限公司选择了聚变反应无中子、无放射性的氢硼聚变技术路线，采用球形环实验装置设计，以提升实验效率。氢硼聚变所用燃料氢和硼储量丰富易获取，反应可以直接发电，且聚变反应不会产生高能中子。

2019 年新奥科技发展有限公司建成国内首座中等规模球形环等离子体实验装置“玄龙-50”，2020 年 4 月 10 日河北省生态环境厅下发《关于新奥科技发展有限公司等离子体实验项目辐射安全监管有关问题的复函》（冀环辐射函[2020]345 号），详见附件 1，明确“玄龙-50”属于 III 类射线装置，填写环境影响登记表并履行备案手续。新奥科技发展有限公司于 2020 年 4 月 20 日完成建设项目环境影响登记表填写备案。同时向生态环境部提交辐射安全许可证申请，同年 11 月 28 日获得生态环境部辐射安全许可证，有效期至 2025 年 12 月 31 日。新奥科技发展有限公司现有辐射

安全许可证见附件 2。

截止到 2023 年 6 月 30 日，等离子体实验研究结束一阶段研发运营，根据研发进展，拟开展装置升级工作。2024 年 4 月 22 日，新奥科技发展有限公司向生态环境部辐射源安全监管司提交了《关于新奥“玄龙-50”聚变装置升级情况的报告》，并于 2024 年 7 月 15 日，取得由生态环境部颁发的《关于同意新奥科技发展有限公司“玄龙-50”聚变装置升级改造的复函》（辐射函[2024]19 号），“玄龙-50”聚变装置升级为“玄龙-50U”聚变装置，并开启第二阶段的研发实验。复函中明确，本次升级改造项目辐射安全和防护措施可行，对环境和辐射工作人员的辐射影响可以接受，未超出已许可的活动种类和范围，详见附件 3。

3) 项目由来

根据研发需要，新奥科技发展有限公司计划将“玄龙-50U”等离子体实验装置的等离子体电流由 500kA 提升到 1.5MA，并拟在中性束实验室新增 4 台中性束离子源装置，包括 1 台 25keV 离子源装置、1 台 50keV 离子源装置、1 台 80keV 离子源装置和 1 台 50keV 射频负离子源装置。

根据中华人民共和国生态环境部《关于聚变装置辐射安全管理有关事项的通知》（环办辐射函[2025]128 号，2025 年 4 月 7 日发布）中关于等离子体物理实验装置的要求，“无聚变中子产生，且等离子体电流大于等于 600kA 的托卡马克装置”应参照 II 类射线装置进行监管，“玄龙-50U”装置等离子体电流由 500kA 升级到 1.5MA，属于 II 类射线装置。根据《射线装置分类》（2017）的规定，中性束离子源装置属于 III 类射线装置中的离子注入装置。基于《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年 1 月 1 日施行）的要求，2025 年 5 月，新奥科技发展有限公司委托中核第四研究设计工程有限公司对本项目开展环境影响评价工作，环境影响评价委托书见附件 4。中核第四研究设计工程有限公司在接收委托后按照《环境影响评价技术导则 磁约束聚变装置》（征求意见稿），对本项目开展了环境影响报告表编制工作。

4) 项目建设工程概述

本项目现有“玄龙-50U”等离子体实验装置位于聚变中心大楼的装置大厅，本次仅涉及升级改造，主要是对装置配套的加热系统和诊断系统进行改造，主体工程、辅助工程、公用工程和环保工程均保持不变。升级改造后，“玄龙-50U”装置的等离

子体电流由 500kA 提升为 1.5MA，由 III 类射线装置升级为 II 类射线装置。该装置主要用于研究等离子体的约束控制及改善，限于其参数能力，“玄龙-50U”装置目前及本次升级改造后都无法实现聚变产生能量。

此外，本项目拟新增 4 台 III 类射线装置包括 1 台 25keV 离子源装置、1 台 50keV 离子源装置和 1 台 50keV 射频负离子源装置，位于聚变中心大楼的中性束实验室 1，1 台 80keV 离子源装置位于聚变中心大楼的中性束实验室 2。

5) 项目选址及周边环境

本项目“玄龙-50U”等离子体实验装置及新增 4 台中性束离子源装置均位于河北省廊坊经济技术开发区华祥路 106 号新奥科技发展有限公司的聚变中心大楼。公司厂址东西长约 255m，南北长约 345m，厂区北侧与新奥科技园研发工作室隔百合道相望，南侧与新奥博为技术有限公司隔新源道相望，西侧隔在建百合道为廊坊开发区第一中学（规划），东侧隔厂区内道路为新奥科技园绿地。项目周围 50m 评价范围内无国家、省、市规定的重点文物保护单位、风景名胜区、革命历史古迹、集中式水源地等。项目地理位置详见附图 1，项目周边关系详见附图 2。

本项目“玄龙-50U”等离子体实验装置位于聚变中心大楼的装置大厅，装置大厅北侧为 B 区和 A 区工作区，东侧为中性束动力车间，再向东隔新奥科技园北院内部道路为大片绿化带。南侧为新奥科技园北院内部道路，再向南为新奥科技园北院绿化带及新源道，西侧为新奥科技园北院内部道路，隔路相望为新奥科技发展有限公司的发电机房。

新增 4 台 III 类离子源装置中，1 台 25keV 离子源装置、1 台 50keV 离子源装置和 1 台 50keV 射频负离子源装置，位于聚变中心大楼的中性束实验室 1，1 台 80keV 离子源装置位于聚变中心大楼的中性束实验室 2。中性束实验室北侧为备用的电子回旋调试实验室，东侧为研发物资区，南侧为磁体实验室，西侧为新奥科技北院内部道路，隔路相望为科技园的大片空地。

新奥科技发展有限公司厂区平面布置见图 2-1，详见附图 3。



图 2-1 厂区平面布置图

2.项目特征

1) 本项目建设内容与规模

新奥科技发展有限公司拟将现有 1 台 III 类射线装置“玄龙-50U”等离子体实验装置的等离子体电流由 500kA 提升为 1500kA，升级为 II 类射线装置，并计划新增 4 台 III 类射线装置。

本次“玄龙-50U”装置主要是对“玄龙-50U”装置配套的加热系统和诊断系统进行改造。其中，加热系统升级改造旨在提高等离子体温度，并辅助提高等离子体电流；诊断系统改造旨在更加精准高效地探测等离子体相关参数及分布，为等离子体位形优化等提供重要依据。本次“玄龙-50U”装置升级改造系统均位于聚变中心大楼一层装置大厅内部，主体工程、辅助工程、公用工程和环保工程均保持不变。“玄龙-50U”等离子体实验装置升级改造前后系统变化情况见表 2-1，各系统布置见图 2-

2, 升级改造前后装置物理参数变化情况详见表 2-2。

表 2-1 “玄龙-50U”装置升级改造情况汇总表

序号	系统	现状		改造后情况	
		当前数量	参数现状	改造后数量	改造后参数
加热系统					
1	低杂波加热	1	2.45GHz, 400kW	0	
2	中性束加热 (NBI)	1	50keV/1MW	3	1# 50keV/1.5MW 2# 25keV/1MW 3# 80keV/4MW
3	电子回旋加热 (ECRH)	4	3套 28GHz, 600kW 1套 50GHz, 300kW	5	3套 28GHz, 400kW 2套 50GHz, 500kW
4	离子回旋加热 (ICRH)	1	26MHz, 100kW	1	22-50MHz, 1MW
诊断系统					
1	弯晶谱仪诊断	0		1	用于测量等离子体芯部离子温度、电子温度及速度
2	静电探针系统	0		1	用于测电子温度和密度、离子饱和流等
3	偏滤器滤光成像系统	0		1	相机传输速度可达 8GB/s

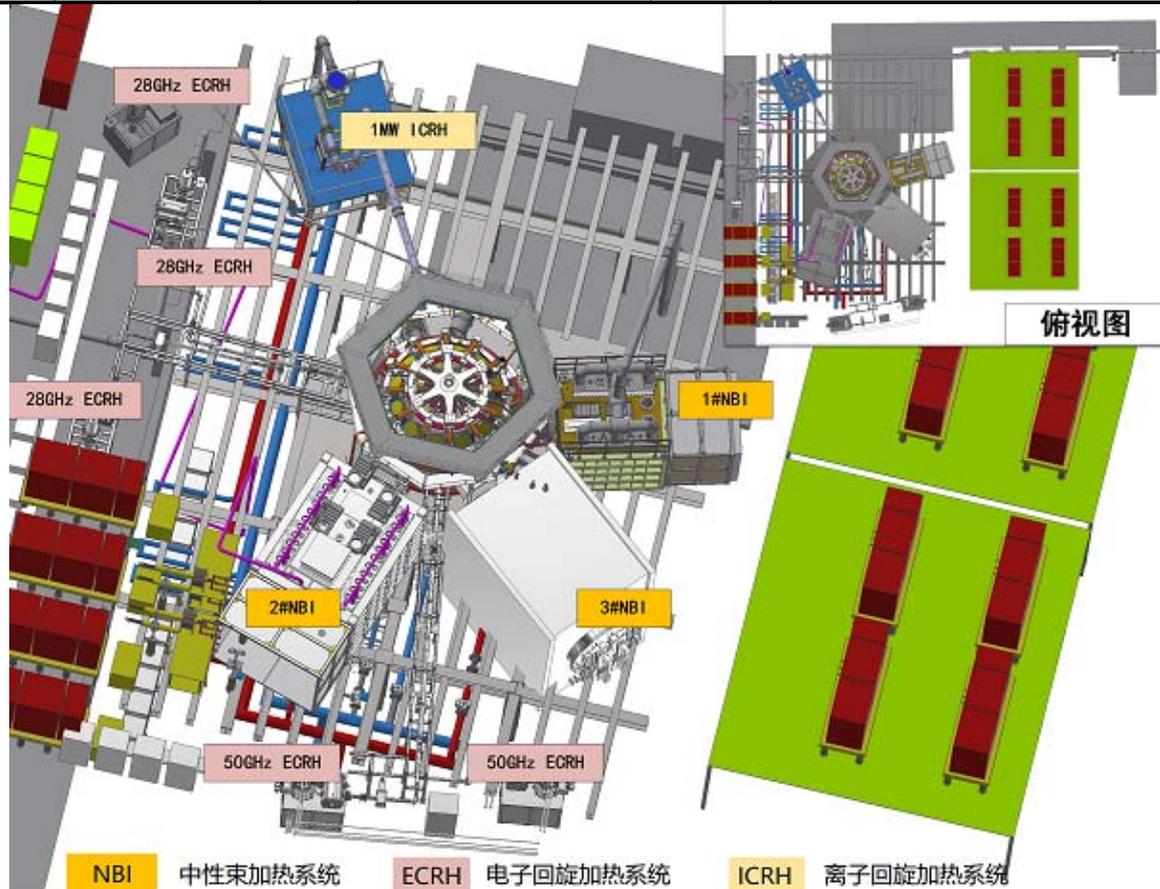


图 2-2 “玄龙-50U”装置系统布置图

表 2-2 “玄龙-50U”装置升级改造物理参数变化情况一览表

物理参数	升级前	升级后
真空室尺寸, mm	外径 3310, 高度 3885	外径 3310, 高度 3885
等离子体等效大半径 R, m	0.8	0.8
等离子体等效小半径 a, m	0.5	0.5
等离子体体积, m ³	7.67	7.67
环向场 Bt, T	1.2	1.2
等离子体电流 I, MA	0.5	1.5
等离子体密度 n _e , m ⁻³	8×10 ¹⁹	8×10 ¹⁹
等离子体温度 T _i , keV	4.2	7.0
脉冲时间, s	3	3

此外, 本项目拟新增 4 台 III 类射线装置用于离子源稳定性测试, 包括 1 台 25keV 离子源装置、1 台 50keV 离子源装置和 1 台 50keV 射频负离子源装置, 位于聚变中心大楼的中性束实验室 1, 1 台 80keV 离子源装置位于聚变中心大楼的中性束实验室 2。新增 4 台 III 类射线装置的布置情况见图 2-3。

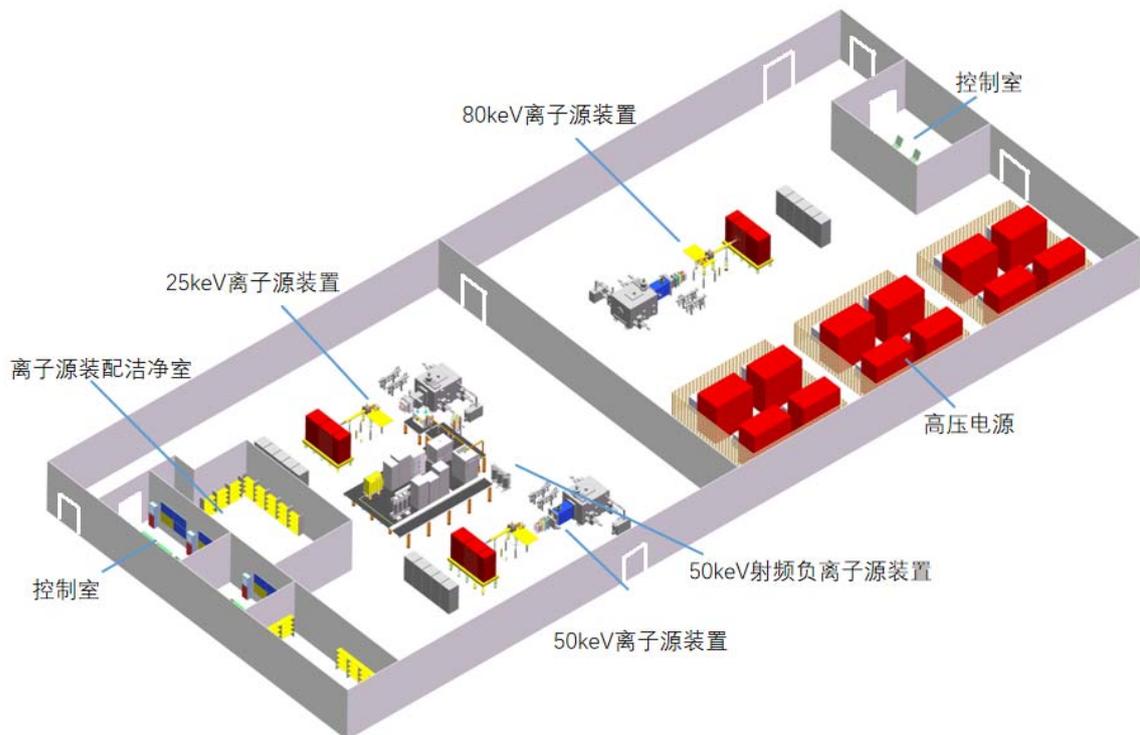


图 2-3 本项目新增 4 台 III 类射线装置布置图

本项目使用的射线装置总清单见表 2-3, 依托及建设内容一览表见表 2-4。

表 2-3 本项目射线装置清单

装置名称	数量	射线装置等级	使用场所	主要技术参数	备注
“玄龙-50U”等离子体实验装置	1	II类	装置大厅	等离子体电流 1.5MA,脉冲时间 3s(上升 1s,平顶段 1s,下降段 1s),等离子体体积 7.67m ³ ,等离子体密度 8×10 ¹⁹ /m ³ ,等离子体温度 7keV。	改建
25keV 离子源装置	1	III类	中性束实验室`	束能量 25keV,引出电流 15~20A,束脉宽 1s	新增
50keV 离子源装置	1	III类	中性束实验室`	束能量 50keV,引出电流 40A,束脉宽 5s	新增
50keV 射频负离子源装置	1	III类	中性束实验室`	束能量 50keV,引出电流 2A,束脉宽 3s	新增
80keV 离子源装置	1	III类	中性束实验室 2	束能量 80keV,引出电流 45A,束脉宽 1s	新增

表 2-4 本项目依托及建设内容一览表

工程组成	依托内容		建设内容
主体工程	装置大厅 (东西 81.5m×南北 29.1m×高 18.8m)	“玄龙-50U”装置及其配套加热系统、诊断系统、真空系统和电源系统等。	对“玄龙-50U”装置的加热系统和诊断系统升级改造。升级改造后,“玄龙-50U”装置的等离子体电流由 500kA 提升为 1.5MA,由 III 类射线装置升级为 II 类射线装置。
	中性束实验室 1 (南北 28.8m×东西 28.0m×高 5.5m)	现有主功能房间,包括中性束实验室 1 及控制室等。	新增 3 台 III 类射线装置: 1 台 25keV 离子源装置、1 台 50keV 离子源装置和 1 台 50keV 射频负离子源装置。
	中性束实验室 2 (南北 38.2m×东西 28.0m×高 5.5m)	现有主功能房间,包括中性束实验室 2 及控制室等。	新增 1 台 III 类射线装置: 1 台 80keV 离子源装置。
辅助工程	B07 离子回旋控制室	现有主功能房间及设备,用于“玄龙-50U”装置运行控制及诊断。	/
	A01~A07 办公室		
	中性束动力车间	现有主功能房间及设备,用于为装置大厅的中性束加热系统提供低温介质	
	发电机房	1#、2#发电机房及控制室、值班室、维修间。用于“玄龙-50U”供电。	
	制冷、供暖	制冷利用公司现有独立空调,供暖利用公司现有小锅炉房。	
公用工程	给水	新奥科技北园现有供水系统,由廊坊经济技术开发区供水中心提供。	/
	排水	新奥科技北园现有污水管网,集中收集至化粪池,处理达标后排至廊坊经济技术开发区污水处理厂。	
	供电	新奥科技北园现有供电系统供给,由化营变电站提供。	
环保工程	危废暂存间	公司现有危废暂存间,占地面积 50 m ² ,高 2.5m,贮存能力 3t。	/

2) 本项目射线装置运行计划

“玄龙-50U”装置面向氢-硼聚变的关键科学与工程问题开展实验研究，装置升级改造后，等离子体放电脉冲约 3s，平顶段大约 1s，等离子体电流 1.5MA，放电脉冲间隔时间约 10~20min。每天最多 48 炮，年运行 200 天，年最多 9600 炮。

新增III类射线装置年最多调试 300 天，每天最多 100 炮。

3) “玄龙-50U”等离子体实验装置系统组成

“玄龙-50U”装置主要用于研究球形环装置的能量约束时间、keV 量级离子温度的运行模式、电流驱动及氢硼等离子体物理。装置整体由主机、真空系统、电源系统、加热系统、诊断与运行控制系统等部分组成。

(1) “玄龙-50U”装置主机

“玄龙-50U”装置主机总高 6m，直径 4m，由真空室、磁体及支撑部件组成。

①真空室

真空室采用镍基合金 Inconel 625 及无磁的 316L 不锈钢材料，外部结构高约 3.9m，直径约 3.3m。真空室上设计约 80 个接管法兰，用于各系统连接通道。

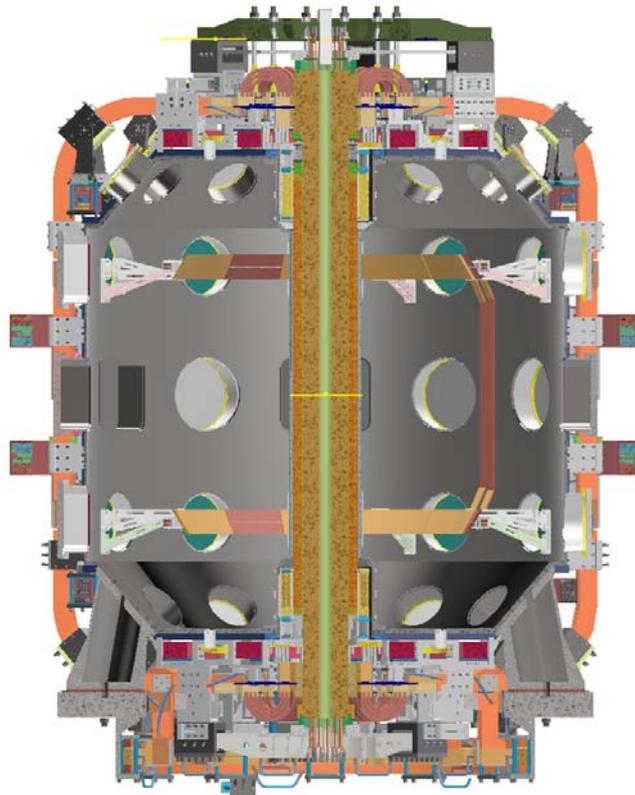


图 2-4 “玄龙-50U”装置主机示意图

②磁体线圈

磁体线圈由环向场（TF）线圈和极向场（PF）线圈组成。

TF 线圈的作用是产生环向磁场，约束等离子体。TF 线圈均分为 12 组近似 D 形线圈，以串联方式供电。设计最大工作电流约 150kA，设计运行时间为 2.5s，对应等离子体大半径（ $R=0.8\text{m}$ ）最大磁场为 1.2T。

PF 线圈由 15 个线圈构成，作用有：击穿、爬坡、建立、维持和软着陆等离子体电流；维持等离子体位置平衡，即提供平衡所需要的垂直磁场和水平磁场；控制等离子体截面形状；产生偏滤器位形。

PF 线圈按功能分类，可分为五类：

欧姆线圈(CS)：设计电流 40kA，匝数为 300 匝，运行时间 3s。形状为圆柱，尺寸半径 0.16-0.225 米，高度 3 米。

内偏滤器线圈（PF1-PF6）：PF1/2 线圈设计电流 12kA，48 匝，运行时间 3s，圆柱形，半径 0.24-0.305 米，高 0.25 米。PF3/4 线圈设计电流 12kA，22 匝，运行时间 3s，圆环形，半径 0.45-0.625 米，高 0.12 米。PF5/6 线圈设计电流 12kA，22 匝，运行时间 3s，圆环形，半径 0.96-1.13 米，高 0.12 米。

外极向场线圈（PF7-PF10）：PF7/8 线圈设计电流 12kA，22 匝，运行时间 3s，圆环形，半径 1.62-1.76 米，高 0.12 米。PF9/10 线圈设计电流 16kA，22 匝，运行时间 5s，圆环形，半径 2.03-2.18 米，高 0.24 米。

垂直位移（VDE）控制线圈（PF11-PF12）：PF11/12 线圈设计电流 5kA，4 匝，运行时间 1s，圆环形，线圈中心处于装置径向尺寸 1.4 米，轴向高度 $\pm 0.9\text{m}$ 。线圈厚度 0.05 米。

被动线圈（PF13-PF14）。PF13/14 线圈设计电流 100kA，1 匝，圆环形，线圈中心处于装置径向尺寸 1.36 米，轴向高度 $\pm 0.86\text{m}$ 。本体宽 0.02 米，高 0.2m。

“玄龙-50U”装置磁体线圈示意图详见图 2-5。

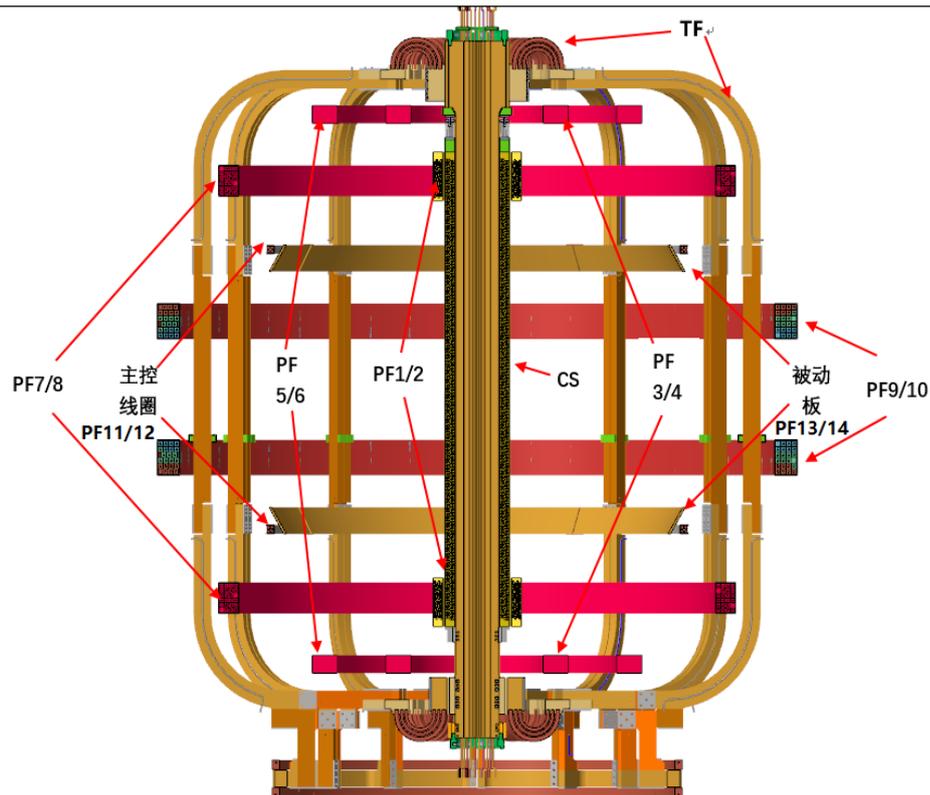


图 2-5 “玄龙-50U”装置磁体线圈示意图

(2) “玄龙-50U”装置辅助系统

辅助系统由真空系统、电源系统、加热系统、诊断系统和数据采集控制系统组成。本次升级改造主要是对加热系统进行和诊断系统进行升级改造。

①“玄龙-50U”装置真空系统

真空系统主要包括真空抽气系统、送气系统和壁处理系统。

A.真空抽气系统

真空抽气系统用于获得、维持和测量真空度，为聚变反应提供超高真空 ($\leq 10^{-6}$ Pa) 的基础环境以减少杂质对等离子体的影响。

抽气系统设计为三级抽气，前级泵抽气由两套机组并联组成，每套机组由两台 IH1800+两台 PHMB2400 罗茨泵组成，有效抽速 8400L/s；三组分子泵由选用阿尔卡特 ATH1600、中科科仪 CXF-320/3002S、Leybold YURBOVAC 1450iR 三种型号共计 12 台分子泵，抽速分别为 1600L/s(N₂)、3260L/s (N₂)、1380L/s(N₂)；低温抽气系统由 5 台博开 DZB400 型低温泵和 1 台 ULVAC CRYO-U16 低温泵组成，抽速分别为 6000L/s (N₂)。

“玄龙-50U”装置真空抽气系统示意图详见图 2-6。

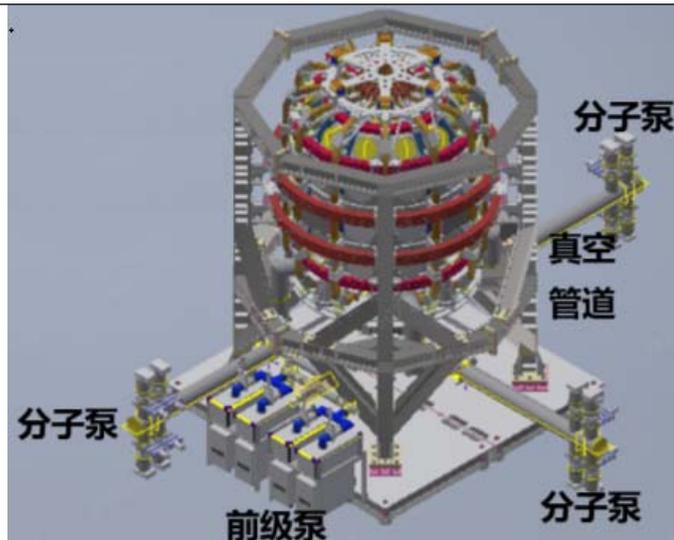


图 2-6 “玄龙-50U”装置真空抽气系统示意图

B.送气系统

为等离子体放电提供原料，负责向真空室内注入特定气体并调控其状态，为等离子体的形成与维持提供基础条件。该系统与真空系统、磁约束系统等紧密协同，确保聚变反应的稳定环境。

送气系统的核心组件为气体注入单元，主要包括气体储运与调控模块及环境真空室注入端口。气体储运与调控模块包含高压气罐、精密流量控制器及气体混合装置，用于存储氢同位素或其他工作气体，通过精确阀门调控注入真空室的气体种类、流量和压力。气体经特殊设计的管道和多点注入端口，均匀送入真空室。这些端口需具备抗高温等离子体辐照和磁场干扰能力，确保气体在强磁场环境下按预定路径扩散。

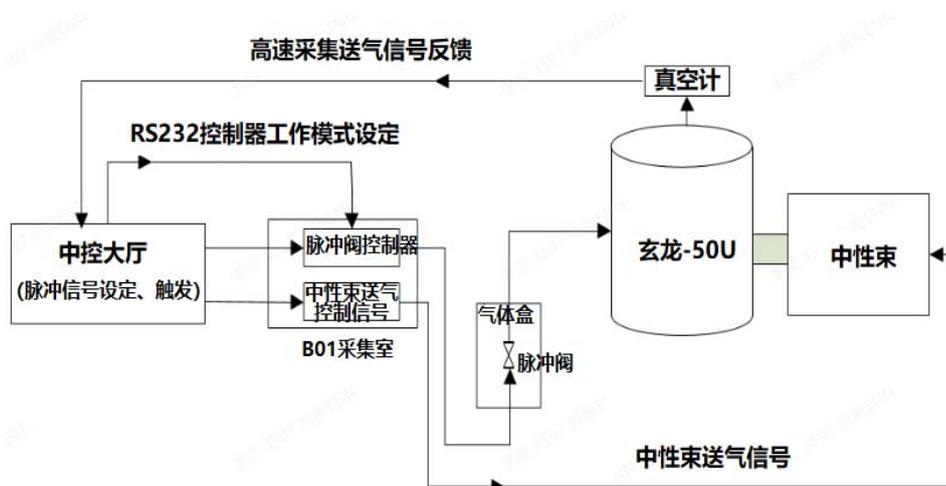


图 2-7 “玄龙-50U”装置送气系统控制原理图

C.壁处理系统

直流辉光放电清洗是壁处理的一个主要手段，利用直流辉光电极，产生低温等离子体轰击第一壁表面，使壁上的杂质及滞留的燃料离子解析并抽走，实现壁清洗。主要由电机、直流电源及控制系统组成。

②“玄龙-50U”装置电源系统

电源系统主要由磁体电源和高压电源组成，均为大功率脉冲电源，由交流脉冲发电机组为其供电。

A.交流脉冲发电机组系统

将在一段时间内储存的机械能转换成电能，在几秒内释放出去，为“玄龙-50U”系统负载提供短时、大电功率。

“玄龙-50U”装置配有2套卧式脉冲发电机组，1#机组装机总容量100MVA，储能约400MJ，单次释能最大可达169MJ，脉冲平顶时间5s；2#机组装机总容量125MVA，储能约350MJ，单次释能最大可达90MJ，脉冲平顶时间5s。

脉冲发电机组均主要包括脉冲发电机、飞轮、拖动机、润滑油循环系统、循环水冷却系统、综合保护系统、控制系统和接地系统等。1#和2#交流脉冲发电机组主设备分别见图2-8和图2-9。



图 2-8 1#脉冲发电机主设备



图 2-9 2#脉冲发电机主设备

B.磁体电源系统

磁体电源在球形环装置中发挥着不可或缺的作用，主要是为磁体线圈提供大电流产生磁场，进而实现等离子体的约束与控制。

磁体电源系统主要分为环向场磁体电源（以下简称为 TF 电源）、极向场磁体电源（以下简称为 PF 电源）和欧姆线圈电源（以下简称为 CS 电源）。

TF 电源主产生环向磁场，约束等离子体。

PF 电源产生极向磁场，建立和控制等离子体位形。

CS 电源提供建立和维持等离子体电流需求的伏秒数。

“玄龙-50U”中的磁体电源采用晶闸管整流方案。磁体电源由脉冲发电机供电，经开关柜、隔离变压器，进入整流柜中。由同步信号补偿系统、中控系统、磁体电源控制系统三部分协同工作，实现磁体电源电流的实时控制。整流柜输出的电流经平衡电抗器、母线刀开关，送到磁体线圈中，产生磁场。

C.高压电源系统

是实现离子加速、加热和控制的关键技术。为电子回旋共振加热、中性束加热及离子回旋共振加热等各加热系统提供电力，产生高能的微波或粒子，为装置加热使用。

PSM 高压电源方案本质上是一种级联多电平方案，运行灵活、控制多样，输出

电压可在大范围内连续可调；配合适当的控制策略，可以实现微秒级别的动态响应，可脉冲运行也可稳态运行，而且输出电压精度高、纹波小，已在世界聚变领域内得到了广泛的应用；鉴于输出电压越高，需要的电源模块越多，最适宜电压范围为百千伏及以下。

③“玄龙-50U”装置加热系统

A.欧姆加热系统

欧姆加热系统使用欧姆线圈（形状为圆柱，位于真空室中心柱内，尺寸半径0.132-0.135米，高度2.16米）完成初始等离子体形成与加热。设计电流40kA，300匝，运行时间3s，最大伏秒数1.2Wb。

在放电实验启动阶段，利用变压器原理在真空室内感应产生强大的环向电场，击穿气体形成等离子体（欧姆启动），并通过等离子体自身的电阻（欧姆效应）对其进行初始加热，使等离子体达到一定的基础温度。

在维持和驱动等离子体电流阶段，是产生和维持稳态或长脉冲等离子体环向电流的主要手段。



图 2-10 “玄龙-50U”装置欧姆线圈

B.中性束加热系统（NBI）及本次升级改造

NBI是“玄龙-50U”装置波加热的主要手段，除加热离子外，中性束还具有加料、无感电流驱动、改善等离子体约束和辅助诊断等离子体参数的作用。

中性束注入系统基本原理：由离子源产生和引出高能离子束，经中性化器和偏转磁体后变成高能中性粒子束，高能粒子束注入到等离子体中，通过与背景等离子体的碰撞进行电荷交换，将能量传递给电子和离子，最终加热等离子体。

依据“玄龙-50U”后期研究物理参数对中性束要求，结合装置窗口及现场周边的空间条件等因素，拟将NBI数量由1套增加为3套。现有中性束加热系统参数为50keV，注入功率1MW，升级改造后第1条束线能量50keV，注入功率1.5MW；第2条束线能量25keV，注入功率共1MW；第3条束线能量80keV，注入功率共4MW，总注入功率6.5MW。升级改造后中性束加热系统布置见下图。

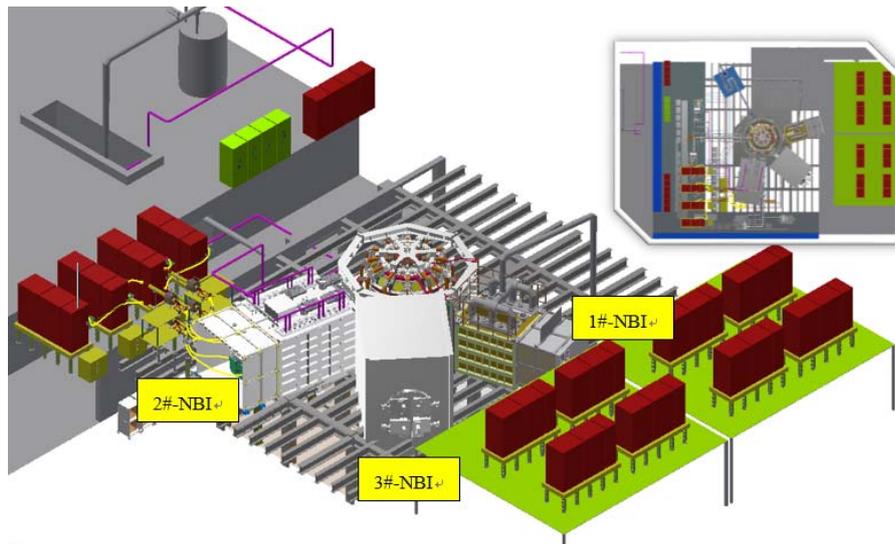


图 2-11 “玄龙-50U”装置 3 套中性束加热系统布置图及俯视图

C.电子回旋加热系统（ECRH）及其升级改造

电子回旋共振加热系统（ECRH）主要功能是预电离、局域加热和电流驱动，抑制等离子体不稳定性。主要包括以下子系统：微波源、传输线、发射天线、监控保护和辅助设施（冷却、真空等），系统组成见图 2-12。

微波源用于产生微波能量，由大功率回旋管和回旋管运行所必需的制冷机型超导磁体，低温，以及各类辅助电源等附属设备组成。

高压电源为回旋管提供所需的直流高压电能。回旋管输出的大功率微波能量由

封闭的波导传输线传输至与装置真空室相连的发射天线，由其发射至目标等离子体区域。

冷却及真空等附属设施为系统各组成设备提供必要的冷却及真空处理条件，以保障 ECRH 系统长脉冲可靠运行。

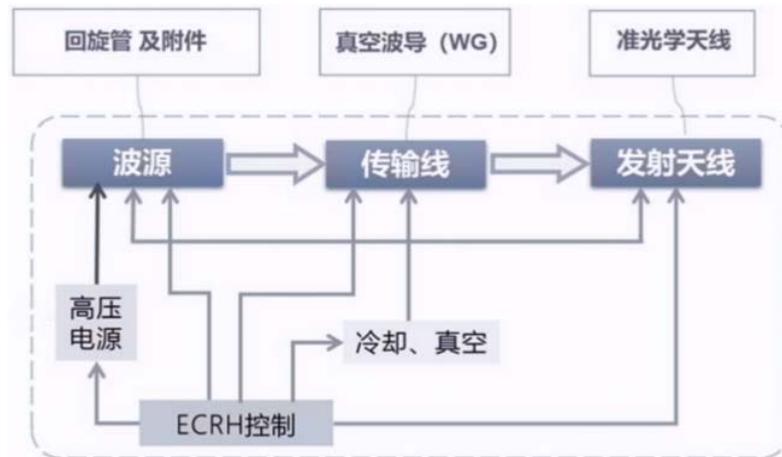


图 2-12 “玄龙-50U”装置 ECRH 系统组成

“玄龙-50U”装置电子回旋加热系统目前共 4 套子系统，28GHz 共计 3 套，每套 600kW，50GHz 共计 1 套，每套 300kW。升级改造后，由 4 套改为 5 套，其中 28GHz 共计 3 套，每套 400kW，50GHz 共计 2 套，每套 500kW。本项目升级改造后 5 套电子回旋加热系统布置情况见下图。

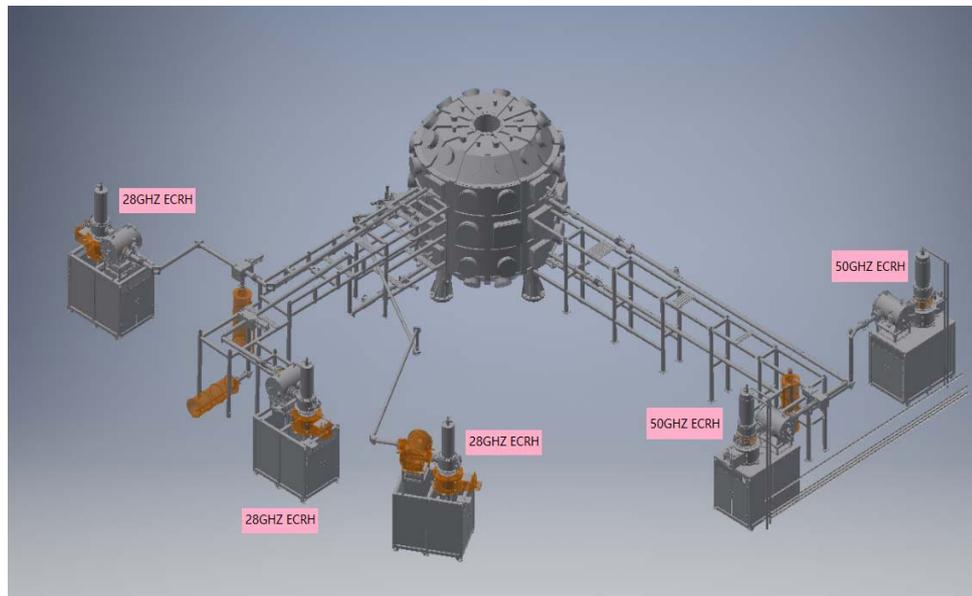


图 2-13 “玄龙-50U”装置 5 套电子回旋加热系统示意图

D. 离子回旋加热系统及其升级改造

离子回旋加热系统主要功能是实现热等离子体的离子加热和与中性束协同加热

产生快离子高能尾。目前仅 1 套系统，参数 26MHz/100kW。升级改造后，仍为 1 套，参数 22-50MHz/1MW。

离子回旋系统主要包括高功率射频发射机、定向耦合器、高功率通量同轴传输线、匹配系统、离子回旋加热天线和相应的控制系统。

高功率发射机用来产生高功率离子回旋频率的电磁波，通过三级放大，最终发射兆瓦级离子回旋频率电磁波。定向耦合器则是一个四端口网络器件，两个耦合端口可将射频功率的入射频率和反射频率耦合出来，输出入射功率与反射功率电压信号。兆瓦级离子回旋共振加热系统传输线为九英寸同轴传输线，特性阻抗为 50 欧姆。匹配系统由三个并联的可变电容器组成，通过调节这三个并联电容的容值，可以将天线的阻抗调整为 50 欧姆。离子回旋加热天线系统包括电流带、真空馈口，限制器等，最核心的部件是电流带，材料一般是不锈钢，为保证加热效果，双条电流带一般采取 180 度反相位馈电。真空馈口的作用是隔绝真空的同时可以将兆瓦级离子回旋波馈入天线。限制器的作用为保护天线，避免等离子体的轰击造成伤害。控制系统主要是发射机低电平控制系统和匹配控制系统。低电平控制系统的主要作用是进行射频波的调制和相应的过反射过流过压保护。匹配系统的控制则是通过定向耦合器输出信号，控制电容的转动，达到匹配的结果。

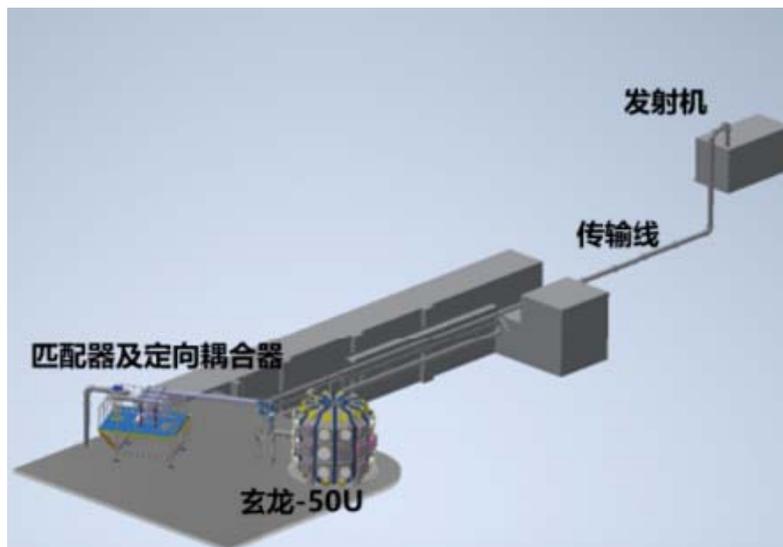


图 2-14 “玄龙-50U”装置离子回旋加热系统组成示意图

④诊断系统

诊断系统主要包括磁测量、静电探针、偏滤器滤光成像诊断和相机系统，各类光

谱和辐射功率诊断、微波/激光诊断等。其中，本项目拟新增弯晶谱仪诊断、静电探针、偏滤器滤光成像各 1 套。

A.磁测量系统

在真空室内环向 11 个角度均匀布置了磁探针等关键传感器，构成了一套完整的电磁测量系统。经多角度同步测量，可精确获取等离子体磁场分布、等离子体总电流和总的磁通量，为等离子体位形优化等研究提供了重要实验依据，更为装置实时反馈控制系统的运行提供了关键数据支持。该系统本次不涉及升级改造。

B.偏滤器静电探针系统

本项目拟增偏滤器静电探针系统由探针头、探针安装组件、传输线、处理电路、电源及后端数据采集系统组成。静电探针阵列安装在偏滤器或限制器上，用于测量等离子体电子温度，电子密度，离子饱和流等参数，辅助等离子体放电运行和物理分析；提供偏滤器位置及弱场侧限制器附近的等离子体参数；提供偏滤器位形的特征参数，用于先进等离子体位形的实时控制。

C.偏滤器滤光成像诊断与相机诊断

本项目拟增偏滤器静电探针系统包括如下子系统：成像光路、中继光路、分束光路、相机与交换机、工控机，该系统的整体布局图如下所示。该系统首先通过前端成像光路进行偏滤器光束收集，经过中继光路传输，再通过分束光路+滤光片，筛选出对应的杂质谱线传输到相机上进行二维成像。该系统的相机传输速度可达 8GB/s，为后续光学边界的实时反馈提供硬件基础。

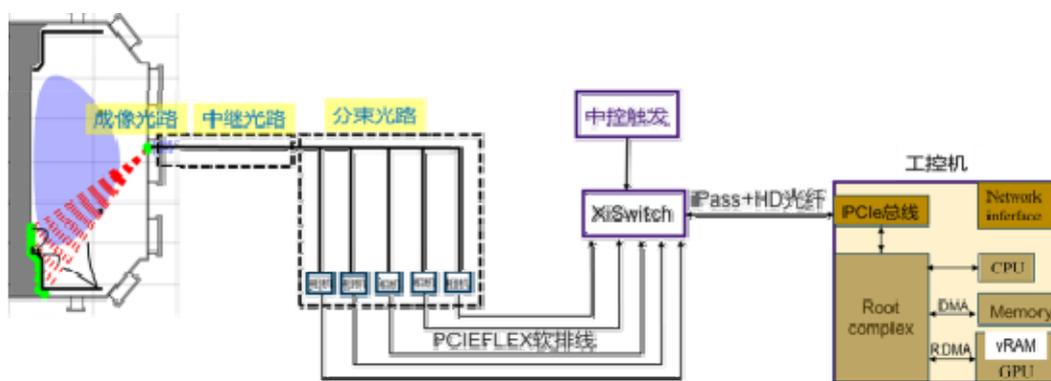


图 2-15 “玄龙-50U”装置偏滤器滤光成像诊断示意图

D.弯晶谱仪诊断系统

本项目拟增弯晶谱仪诊断系统由用于各个诊断集成的真空梯形腔体，插板阀，真空管道，真空泵，铍窗，晶体及探测器构成。在等离子体放电实验中，在真空室中注入少量氩气，高电离态的氩离子发出的 X 射线从前端梯形腔体进入后，通过真空管道和铍窗，然后通过晶体衍射分光，最后进入到探测器中；通过对 ArXVII 离子光谱进行分析，可以得到等离子体芯部的离子温度、电子温度及旋转速度。

E.光谱和辐射功率类诊断系统

监测杂质离子种类、含量和径向分布，杂质离子温度、旋转速度，电子温度、密度和速率分布，等离子体辐射功率以及边界粒子再循环强度等。

F.微波反射仪诊断系统

微波从低场侧打入等离子体中，微波在等离子体中的折射率（色散关系）会随着空间位置的不同而变化，折射率为 0 时微波被反射，该位置即为此频率微波的截止层。通过测量微波在等离子体中反射之后产生的相位延迟来获得等离子体密度的信息。

G.汤姆逊散射（TS）诊断系统

“玄龙-50U”装置汤姆逊散射（Thomson Scattering,TS）是磁约束聚变装置中的核心诊断工具之一，用以精确测量等离子体局域电子温度（ T_e ）与电子密度（ n_e ）的剖面分布及其时间演化。汤姆逊散射诊断的物理原理：当入射激光与等离子体中的电子相互作用时，会发生散射。电子自身的热运动引起的多普勒效应，使得散射光谱相对于入射激光光谱产生展宽。因此，通过精确分析散射光谱的展宽程度，即可推算出电子温度；而通过测量散射光的绝对强度，则可确定电子密度。

⑤数据采集和控制系统

中央控制系统是一个集成多子系统的高复杂度管理平台，其核心功能可归纳为以下六大模块：

A.时序协同管理

- ▶多系统联动控制：通过精确时序算法协调电源、电机、主机等系统放电序列
- ▶事件驱动执行：基于预设时间轴触发关键操作，精度达毫秒级
- ▶全流程自动化：实现从系统启动到关闭的完整生命周期管理

B.智能反馈调节

- ▶动态参数优化：实时分析放电数据，自动生成下一周期控制参数
- ▶自适应调整：根据诊断系统反馈动态修正控制策略
- ▶闭环控制机制：形成"采集-分析-调整"的完整控制回路

C.高速数据中枢

- ▶多速率采集：支持 10K/30K/100K 等多档采样率配置
- ▶分布式采集网络：覆盖加热、电源、诊断等关键系统信号
- ▶实时数据管道：建立采集-传输-存储的低延迟通道

D.数据治理体系

- ▶智能数据加工：自动完成格式转换、系数校正、数据校验
- ▶分级存储策略：按数据重要性实施差异化存储方案
- ▶容灾备份机制：具备实时热备+冷备的多级数据保护

E.实时控制矩阵

- ▶基础设施监控：真空/水冷/阀门等系统状态管理
- ▶运动控制：精密诊断设备定位控制
- ▶稳态维持：磁体线圈等长周期参数调节
- ▶紧急保护：快联锁系统实现微秒级故障隔离
- ▶脉冲控制：基于 FPGA 的电源快速启停管理
- ▶瞬时调节：加热系统快速功率调整

F.系统安全架构

- ▶多级逻辑保护：硬件级+软件级的双重保护机制
- ▶实时健康监测：关键参数阈值动态监控
- ▶故障诊断系统：从现象到根源快速定位，集中监控，分布管理，快速定位。

4) 中性束离子源装置的设备组成

(1) 25keV 离子源装置

①放电室系统

利用热阴极发射电子，通过电弧放电使 H₂ 电离，产生高密度等离子体。

②引出及加速系统

采用三电极系统（等离子体电极、抑制电极和接地电极），实现离子束的高效引出和 25keV 能量加速，形成准直且稳定电流。引出电极将电流完全剥离后，质子在正离子中占比达 70%以上。

（2）50keV 离子源装置

50keV 离子源放电室提供较高密度的低温等离子体，通过三电极加速器引出正氢离子束流，可产生 50keV 高能、40A 强流氢离子束，质子在正离子中占比达 80%以上，并实现 5s 长脉冲稳定运行。系统通过优化的会切磁场配置和 3900Gs 表面场强，确保放电室内等离子体均匀稳定。

（3）80keV 离子源装置

80keV 离子源放电室提供较高密度的低温等离子体，通过四电极加速器引出正氢离子束流，可产生 80keV 高能、45A 强流氢离子束，质子在正离子中占比达 70%以上，并实现 1s 脉冲稳定运行。系统通过优化的会切磁场配置和放电室结构，确保放电室内等离子体均匀稳定。

（4）50keV 射频负离子源装置

射频负离子源由激励器、扩展腔、引出及加速器三部分组成：激励器主要作用是进行等离子体的激发与维持，高频功率通过高频线圈馈送到激励器中，从而激发电子和氢气碰撞产生等离子体。扩展腔主要是运输等离子体。引出区主要是负离子的产生和引出，是负离子源的主要部分。

此外，上述中性束离子源装置还需搭配真空室、真空室抽气系统、控制保护系统、测量采集系统及水冷水冷系统等配套设施。

5)工作原理

“玄龙-50U”装置目前主要用于研究等离子体的约束控制，包括：等离子体启动、平衡与稳定、波加热和电流驱动、湍流和约束以及等离子体与壁的相互作用。使用光学、微波干涉、磁探针、静电探针等诊断设备测量等离子体的各种参数，分析其随时间与空间的变化，从而研究等离子体的各种性质以及约束改善的情况。限于装置的参数能力，“玄龙-50U”目前以及本次升级改造后都无法实现聚变反应。

中性束离子源是聚变加热的关键手段中性束注入系统（NBI）的核心部件，是面向聚变能开发需求，解决离子束稳定约束与高效能量传输的关键技术问题。本项目25keV和50keV离子源装置通过放电使工作气体（H₂）电离，产生高密度等离子体后，通过引出电极提供正电场，使负电子完全剥离并通过接地电极接地，形成仅含H⁺、H²⁺、H³⁺的正离子。50keV射频负离子源装置则主要是进行负离子的产生和引出，主要为H⁻、H²⁻等。

1. 工作流程及产污节点

“玄龙-50U”装置主要通过欧姆线圈产生等离子体，使用电子回旋加热共振、离子回旋加热共振、中性束加热系统实现等离子体的启动、加热和电流驱动，同时利用通电线圈产生磁场进行约束，并使用诊断系统测量等离子体的各种参数，分析其随时间与空间的变化。本项目“玄龙-50U”装置工作流程示意图及产污节点详见图2-16，中性束离子源装置工作流程示意图及产物节点详见图2-17，项目相关污染物产物情况详见表2-5。

工艺流程和产排污环节



图 2-16 “玄龙-50U”装置工作流程示意图

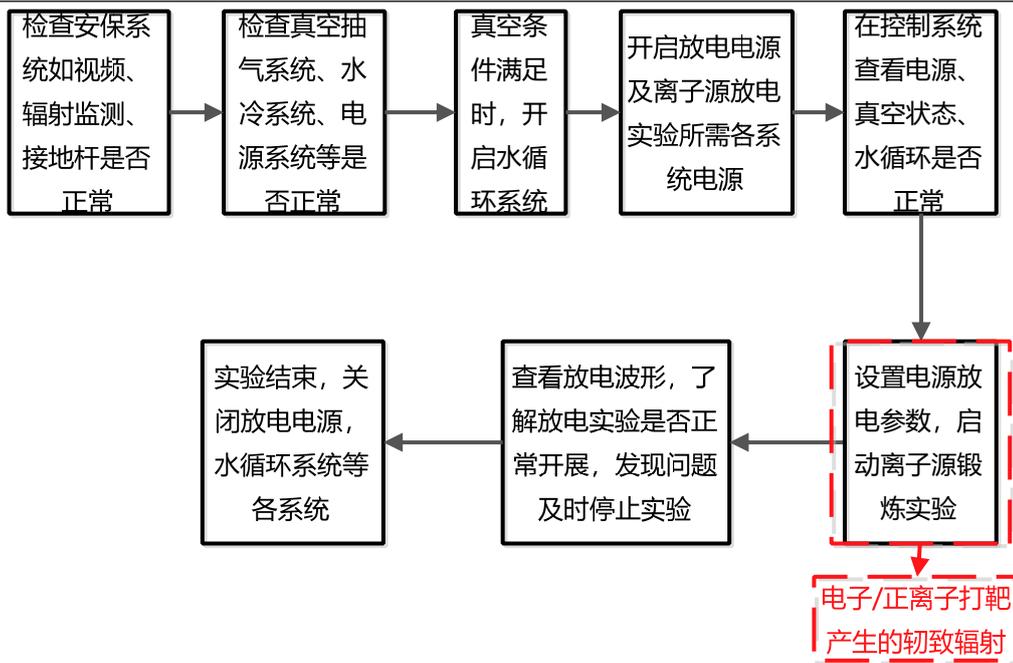


图 2-17 中性束离子源装置工作流程示意图

表 2-5 “玄龙-50U”装置产污节点一览表

污染项目	产污节点
正常运行工况下的韧致辐射及回旋辐射；特殊运行工况等离子体破裂时，能量可高达 10MeV 以上的韧致辐射（X 射线）及通过（p,n）反应产生的少量中子	真空室
电磁辐射	电子回旋加热系统、离子回旋加热系统
噪声	1#和 2#脉冲发电机组
危险废物-废油、废清洁剂、废包装物	设备维修更换下来的废润滑油、机油等，设备维修擦拭内部构件时产生的废清洗剂及盛放清洗剂的包装物

2.污染源项分析

1) 电离辐射源项

(1) “玄龙-50U”装置

正常运行工况下，等离子体稳态运行，处于热力学平衡状态的等离子体温度平均值为 7keV，此时的主要辐射来自带电粒子在电磁场中的加速、减速，这包括韧致辐射、回旋辐射等。韧致辐射主要是电子与离子的库仑场相互作用的碰撞过程产生的辐射；回旋或者同步辐射则是在磁场中，带电粒子圆周运动产生的辐射。

特殊运行工况下，部分电子能量高于某阈值时，受到环电压加速形成逃逸电子，等离子体稳定约束状态失效，称为等离子体破裂现象，逃逸电子被加速后能量可高达 10MeV 以上，这部分高能逃逸电子与器壁结构材料作用，会产生连续韧致辐射（X

射线), 超过 10EeV 的高能 X 射线还可与真空室壁面材料发生光核反应, 产生少量中子。本项目“玄龙-50U”装置的源项信息详见表 2-6。

表 2-6 “玄龙-50U”辐射源参数

物理参数	参数水平	单位
等离子体等效大半径 R	0.8	m
等离子体等效小半径 R	0.5	m
等离子体体积	7.67	m ³
环向场 Bt	1.2	T
等离子体电流 I	1.5	MA
等离子体密度 n _e	8×10 ¹⁹	m ⁻³
等离子体温度 T _i	7	keV
脉冲时间	3	s
脉冲间隔时间	10~20	min

(2) 中性束离子源装置

中性束离子源装置的主要辐射来自带电粒子经加速后撞击真空室内靶材时, 因带电粒子突然减速所产生的轫致辐射。其中, 25keV 离子源装置、50keV 离子源装置及 80keV 离子装置均形成仅含 H⁺、H²⁺、H³⁺的正离子, 轫致辐射影响基本可以忽略不计。而 50keV 射频负离子源装置则主要产生和引出 H⁻、H²⁻等负源, 负离子进入真空室前, 加速过程中可能发生“掉电子”现象, 电子随负离子一起进入真空室打靶, 因电子质量小, 在打靶时会产生较明显的轫致辐射。本项目 50keV 射频负离子源的源项信息详见表 2-7。

表 2-7 50keV 负离子源相关参数

物理参数	参数水平	单位
能量	50	keV
束流	2	A
靶材 (碳)	60 长×80 宽×0.5 厚	cm
打靶光斑尺寸	28×42	cm
真空室尺寸	150 长×150 宽×220 高	cm
真空室材质	2cm 厚 304 不锈钢	
掉电子份额	保守按不超过 10%考虑	

2) 电磁辐射源项

“玄龙-50U”装置升级改造后产生电磁辐射的系统主要为电子回旋共振加热系统和离子回旋共振加热系统。产生高频电磁辐射的设备分别是回旋管、速调管和电子管。电子回旋管工作频率为3只28GHz，2只50GHz；离子回旋共振加热系统的电子管发射机运行频率为22~50MHz，共1套。微波源产生微波功率，由传输设备传输至发射天线，由发射天线馈入等离子体。微波通过天线辐射至装置内部的等离子体中，都在波导管内辐射。

表 2-8 “玄龙-50U”装置电磁辐射系统及参数

电子回旋加热	3套 28GHz, 400kW 2套 50GHz, 500kW
离子回旋加热	1套 22-50MHz, 1MW

3) 非放射性污染源项分析

(1) 危险废物

本项目装置运行期间，因发电机组或设备检修，可能会产生废油、废清洗剂（乙醇、异丙醇）和盛放废清洗剂的包装物等危险废物，本项目“玄龙-50U”装置升级改造前后，危险废物产生情况基本不变，详见表 2-9。

表 2-9 本项目危险废物产生情况

序号	危险废物名称	产生工序	危险特性鉴别方法	危险特性	危险废物代码	年产生量, t/a
1	废油	发电机组、机泵检修过程中更换下来的润滑油、机油等	《国家危险废物名录》 (2025 年本)	T, I	HW08 900-217-08	0.2
2	废清洗剂	设备维修、改造过程中擦拭内部构件时产生		T/C/I/R	HW49 900-047-49	0.1
3	废包装物	盛装清洗剂的包装物		T/C/I/R	HW49 900-047-49	0.05

新奥科技发展有限公司建有符合要求的危险废物暂存间，产生的危废在收集后在危险废物暂存间暂存，定期由有资质单位处理

(2) 噪声源

调查已有声源种类、数量、各声源的空间位置、声源的作用时间等，得出本项目的噪声源情况见表 2-10，本次升级改造不产生新的噪声源。

表 2-10 本项目噪声源

序号	声源	声功率	位置	声源控制措施	运行时段
----	----	-----	----	--------	------

1	1#脉冲发电机	最大噪音 100dB	1#发电机房	飞轮抽真空, 降低损耗和噪音, 减振、隔声门窗、墙体隔声等	8:00-20:00
2	2#脉冲发电机	最大噪音 100dB	2#发电机房		

3.人流物流路径

“玄龙-50U”装置运行人员到岗后, 告知物理实验和运行维护人员, 准备开展等离子体放电实验。各系统维护工作人员由中央控制室的主控台分别取得总控联锁钥匙, 进入装置大厅, 对各自负责的系系统如联锁系统、倒计时系统、采集系统、真空系统等进行巡检, 确认功能正常无误后, 复位紧急停止按钮, 关闭小铅门, 返回中央控制室, 并将总控联锁钥匙全部归位。根据新奥科技发展有限公司设置的钥匙联锁功能, 20 把钥匙全部插入主控台钥匙端后, 装置方可通电运行。

装置升级改造时, 相关设备通过装置大厅南墙处的大铅门运送至装置大厅内进行安装或更换, 人流及物流路径见附图 8。

1.现有辐射安全许可证情况

新奥科技发展有限公司现持有证书编号为“国环辐证[00507]”的辐射安全许可证, 许可种类和范围和使用III类射线装置, 有效期至 2025 年 12 月 31 日, 辐射安全许可证及其副本内容见附件 2, 射线装置许可情况见表 2-11。

表 2-11 新奥科技发展有限公司射线装置许可情况

序号	装置名称	类别	装置数量	使用场所
1	等离子体实验装置 玄龙-50	III类	1	新奥科技发展有限公司 装置大厅: 东侧

新奥科技发展有限公司根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规规定, 在许可的种类和范围内从事射线装置使用工作。严格执行辐射安全管理的各项规章制度, 于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度评估报告, 到目前无辐射安全事故发生。2024 年度评估报告于 2024 年 12 月 31 日编制完成并提交至生态环境主管部门。

2.辐射安全与环境保护管理机构

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》, 新奥科技发展有限公司已成立了辐射安全管理机构, 以公司领导刘敏胜为负责人, 下设辐射安全管理小组, 具体负责研究院辐射安全的日常管理工作。符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中“使用I类、II类射线装置

与项目有关的环境污染问题

的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作”的要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。

3.辐射工作人员个人剂量、体检、培训等情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家生态环境部令第 47 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（生态环境部第 18 号令）及《放射工作人员职业健康管理办法》的要求，新奥科技发展有限公司对辐射工作人员所受剂量进行控制，委托相应资质的单位对辐射工作人员进行个人剂量检测及职业病健康体检，并按计划进行相应的培训，做到持证上岗。

2024 年度新奥科技发展有限公司委托中国辐射防护研究院放射诊疗质控与防护检测中心，对所有在岗辐射工作人员每季度进行 X、 γ 个人剂量监测。监测结果显示，所有辐射工作人员接受的剂量均处于较低水平，近一年的最大值为 0.4mSv/a，未出现超限值情况。

新奥科技发展有限公司至少每 2 年开展一次辐射人员职业健康体检，2025 年 5 月委托廊坊市美年健康管理有限公司永建路体检中心对本单位辐射人员进行职业病健康体检，结果显示均可从事放射性工作。

公司为“玄龙-50U”共配有辐射工作人员 28 人，上述辐射工作人员均已获得核技术利用辐射安全与防护考核的合格证书。此外，公司拟为新增 4 台 III 类射线装置配备 19 名辐射工作人员，并定期对上述人员开展辐射安全与防护培训。

4.辐射安全管理制度

新奥科技发展有限公司目前已制定一系列辐射安全管理制度，涵盖了辐射工作人员培训、职业健康管理、辐射监测、设备维修等相关规定，主要包括如下：

- (1) 《辐射安全管理规定》；
- (2) 《辐射防护与安全保卫制度》；
- (3) 《辐射工作人员培训管理规定》；
- (4) 《辐射工作人员职业健康管理规定》；
- (5) 《辐射工作人员个人剂量监测管理规定》；

- (6) 《辐射工作场所监测管理规定》;
- (7) 《辐射仪表操作规程》;
- (8) 《EXL-50U 供配电系统日常维护保养指导书》;
- (9) 《EXL-50U 中性束加热系统安全运行规程》。

5.辐射事故应急预案

针对使用射线装置过程中可能发生的辐射事故，新奥科技发展有限公司已经制定了《辐射安全事故应急预案》，并定期进行应急演练。

6.自行监测与年度评估报告

定期对辐射工作场所及其周围环境辐射剂量率水平进行监测，并将监测数据记录存档保存。每年依据相关法律法规对全院辐射工作的安全和防护状况进行年度评估，基于实际情况，编写年度评估报告，并按时提交至生态环境部和河北省生态环境厅。综上所述，新奥科技发展有限公司目前辐射安全管理情况良好。

三、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准

区域环境质量现状

根据本项目基本信息，对项目厂址及周围环境的 X/γ 辐射空气吸收剂量率、中子剂量当量率、电磁辐射环境质量及厂址周边连续等效 A 声级开展了相关监测。

委托河北冀辐源环保科技有限公司（CMA 资质编号：240312341856）于 2025 年 7 月 3 日对项目场址及周围环境的 X/γ 辐射空气吸收剂量率、低射频电磁场（100kHz~6GHz）及厂界周边连续等效 A 声级开展了相关监测，检测报告编号为冀辐源环检（2025）第 117 号，见附件 5；委托河北三永检验检测技术有限公司（CMA 编号：200303343173）于 2025 年 7 月 31 日对项目厂址的 X/γ 辐射空气吸收剂量率和中子剂量当量率水平开展现场监测，检测报告编号为 SY2025HJ019，见附件 6；委托中国电子工程设计院股份有限公司（CMA 编号：220020349273）于 2025 年 7 月 31 日对项目厂址的高射频电磁场（100MHz-60GHz）开展现场监测，检测报告编号为 DZY-253159-Z-(058)EDC，见附件 7。

1. 辐射环境现状调查与评价

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）及《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的相关要求，结合本项目主要辐射污染因子的类别和特征，本次辐射环境现状调查选取的监测对象为 X/γ 辐射剂量率和中子剂量当量率。监测点位布置方面，对本次进行升级改造的“玄龙-50U”装置，主要选取装置大厅四周墙外距装置最近的点位、两个铅门外及周边常有人员居留的办公场所进行了本底和开机状态监测。对本次新增的 4 台 III 类射线装置，选取了所处工作场所的中心进行了本底监测。

1) 辐射环境监测方案

本项目辐射环境监测方案见表 3-1，监测点布置情况详见图 3-1 和图 3-2。

表 3-1 辐射环境监测方案

序号	检测介质	监测因子	监测点	备注
----	------	------	-----	----

1	空气	X/γ辐射剂量率	1) 装置大厅周围：一层 10 个点、二层 1 个点，共 11 个检测点。 2) 中性束实验室 1 的中心，共 1 个点。	2025.7.3 河北冀辐源环保科技有限公司监测， 点位 1~12
2	空气	X/γ辐射剂量率、 中子剂量当量率	装置大厅周围,共 6 个检测点。	2025.7.31 河北三永检验检测技术有限公司监测， 点位 1~6

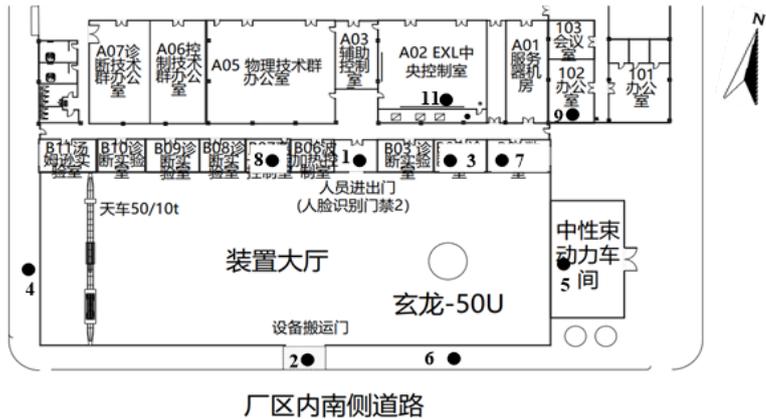


图 3-1 一层 X/γ辐射监测点位布置示意图

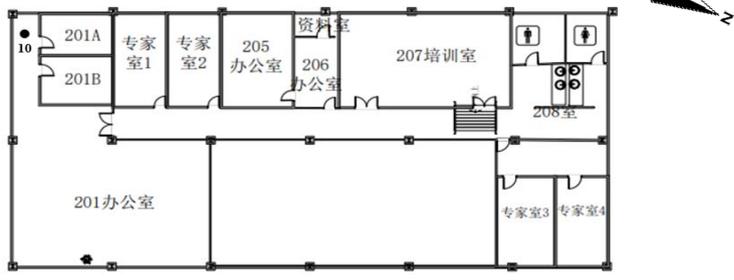


图 3-2 二层 X/γ辐射监测点位布置示意图

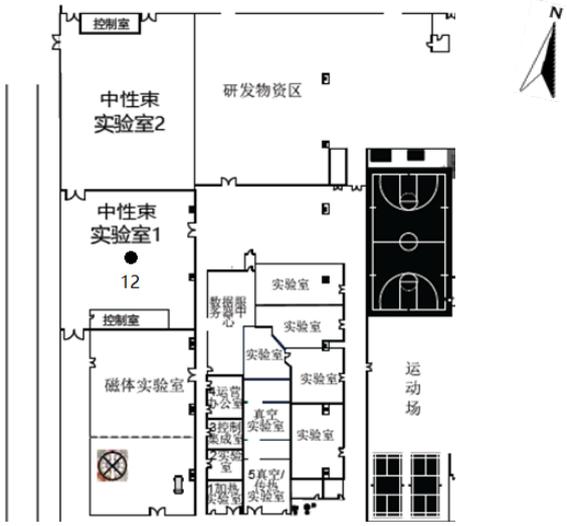


图 3-3 中性束实验室 X/γ辐射本底监测布点示意图

2) 辐射环境监测方法

本项目辐射环境监测方法见表 3-2。

表 3-2 辐射环境监测方法

序号	监测因子	监测方法
1	X/γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)
2	中子剂量当量率	《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)

3) 辐射环境监测仪器

本项目辐射环境本底监测使用仪器基本信息见表 3-3。

表 3-3 辐射环境监测仪器基本信息

序号	监测因子	仪器型号	仪器名称	有效期至	备注
1	X/γ辐射剂量率	FH40G+FHZ672E-10	便携式 X/γ辐射检测仪	2025.12.13	2025.7.3, 河北冀辐源环保科技有限公司
		AT1121		2026.2.9	2025.7.31, 河北三永检验检测技术有限公司
2	中子剂量当量率	JC-XYZ-500	便携式中子剂量率仪	2025.8.14	2025.7.31, 河北三永检验检测技术有限公司

4) 辐射环境现状监测结果及分析

鉴于本项目开展等离子体实验时, 每次能达到的实际等离子体电流均不确定, 且等离子体有稳态运行、等离子体破裂等不同运行工况, 发生等离子体破裂时的逃逸电子能量情况也具有随机性, 因此本项目在开机状态下相同点位的剂量率水平也会有所不同。为了更好地了解本项目辐射环境质量水平, 共开展了两次辐射环境质量调查, 且第二次在每个监测点位均进行了 4 次测量, 本项目周围辐射环境本底及开机状态下的监测结果见表 3-4 和表 3-5。

表 3-4 X/γ辐射空气吸收剂量率检测结果 (2025.7.3)

序号	监测点位置	监测点位编号或位置描述	检测结果 (nGy/h)		开机炮号
			关机	开机	
1	一层装置大厅周围	装置大厅小铅门外 0.3m	34.3	3.46×10 ³	11949
2		装置大厅大铅门外 0.3m	48.7	6.39×10 ³	11952
3		装置大厅北墙外 0.3m (B02 诊断实验室)	36.8	3.65×10 ³	11950
4		西墙外 0.3m	50.7	148.8	11957
5		东墙外 0.3m	55.9	3.98×10 ³	11954

6		南墙外 0.3m	48.2	904.9	11951
7		装置大厅北墙外 0.3m (B01 数据采集室)	35.9	3.47×10 ³	11960
8		装置大厅北墙外 0.3m (B07 离子回旋控制室)	52.3	831.2	11959
9	一楼最近公众办公区	102 办公室	40.7	1.16×10 ³	11955
10	二楼最近公众办公区	楼上 201	38.3	3.56×10 ³	11956
11	一楼控制室	中央控制室	37.4	133.1	11958
12	中性束实验室中心环境本底		49.5	/	/

表 3-5 辐射空气吸收剂量率检测结果 (2025.7.31)

点号	采样位置	检测结果 (μSv/h)				开机炮号
		关机 X/γ	关机中子	开机 X/γ	开机中子	
1	小铅门 0.3m	0.06	0	0.28	1.26	12643
		0.07	0	388.47	277.89	12644
		0.05	0	0.06	0	12640
		0.05	0	0.06	0	12641
2	大铅门 0.3m	0.05	0	654.87	229.39	12652
		0.05	0	127.62	2.58	12656
		0.06	0	0.06	0	12657
		0.04	0	0.05	0	12663
3	北墙外 0.3m (B02 诊断实验室)	0.07	0	92.10	7.93	12646
		0.06	0	88.77	7.56	12647
		0.06	0	205.32	5.81	12648
		0.06	0	307.44	7.74	12660
4	西墙外 0.3m	0.04	0	0.06	0	12653
		0.05	0	0.38	0	12658
		0.06	0	14.40	2.03	12659
		0.04	0	0.10	0	12664
5	东墙外 0.3m	0.06	0	998.97	28.12	12649
		0.06	0	532.77	15.31	12650
		0.05	0	168.69	37.25	12654
		0.05	0	115.41	19.92	12661
6	南墙外 0.3m	0.06	0	0.06	0	12642
		0.05	0	3307.77	60.94	12651
		0.05	0	10.29	0	12655
		0.06	0	654.87	8.67	12662
7	控制室	0.06	0	521.67	5.62	12645

备注：0 表示未检出。

(1) 本底水平分析

根据《中国环境天然放射性水平》(2015年版) P₆₃₁得知：河北省廊坊市室内 γ 辐射剂量率处于 68.0~99.9nGy/h 范围内；原野 γ 辐射剂量率处于 47.2~57.5nGy/h 范围内。从表 3-4 可知，首次 X/ γ 监测时的室内 X/ γ 辐射剂量率处于 34.3~55.9nGy/h 范围内，室外 γ 辐射剂量率处于 48.2~50.7nGy/h 范围内，与廊坊市 γ 辐射剂量率本底水平基本相当。从表 3-5 可知，第二次 X/ γ 监测时的室内 X/ γ 辐射剂量率处于 50~70nSv/h 范围内，室外 γ 辐射剂量率处于 40~60nSv/h 范围内，根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，使用 ¹³⁷Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取为 1.2Sv/Gy，则第二次 X/ γ 监测的室内 γ 辐射剂量率处于 42~58.3nGy/h 范围内；原野 γ 辐射剂量率处于 33.3~50nGy/h 范围内，与廊坊市 γ 辐射剂量率本底水平基本相当。

(2) 开机监测数据说明

①本项目等离子体实验稳态运行时产生的辐射影响基本可以忽略不计，因此在表 3-4 及表 3-5 中可发现部分开机监测数据与本底相当。在特殊运行工况下，逃逸电子受环电压加速后能量可高达 10MeV 以上，撞击器壁材料时会产生韧致辐射 (X 射线)，超过 10MeV 的 X 射线会与周围材料发生 (p,n) 反应产生少量中子，但因等离子体实验时每次电流水平或发生等离子体破裂时产生的能量均具有随机性，因此即使在相同监测点位，也会发生监测数据相差较大的情况。

②等离子破裂时逃逸电子轰击器壁材料的过程瞬间发生，可认为是 1s 完成。表 3-4 及表 3-5 中监测数据均以小时为单位，实际单炮产生的辐射剂量水平应以表中数据除以 3600 (小时-秒) 进行表征。

2.电磁环境质量现状调查与评价

“玄龙-50U”装置当前产生电磁辐射的系统主要是电子回旋共振加热系统和离子回旋共振加热系统，这两种加热系统工作频率详见表 3-6。

表 3-6 “玄龙-50U”装置电磁辐射系统及参数

电磁辐射系统	参数
电子回旋加热	3 套 28GHz, 400kW

	5套 50GHz, 500kW
离子回旋加热	22-50MHz, 1MW

委托河北冀辐源环保科技有限公司于2025年7月3日对项目场址周围低射频电磁场进行监测，委托中国电子工程设计院股份有限公司于2025年7月31日对高射频电磁场进行监测，两次检测点位均详见图3-1中的点位1~6。

1) 电磁环境质量监测方法

本项目电磁环境质量监测方法见表3-7。

表3-7 电磁环境质量监测方法

序号	监测因子	监测方法
1	电场强度	《辐射环境保护管理导则—电磁辐射监测仪器和方法》HJ/T 10.2-1996 《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》HJ972-2018

2) 电磁环境质量监测仪器

本项目电磁环境质量监测使用仪器基本信息见表3-8。

表3-8 电磁环境质量监测仪器基本信息

序号	仪器名称	仪器型号	频率范围	有效期至	备注
1	三维射频电场探头&综合场强仪	KH5931+ KH-T2	100kHz-6GHz	2025.12.24	2025.7.3 监测，河北冀辐源环保科技有限公司
2	电磁辐射分析仪/电场探头	NBM-550/ EF-6092	100MHz~60GHz	2026.1.15	2025.7.31 监测，中国电子工程设计院股份有限公司

3) 电磁环境质量现状监测结果

本项目周围辐射环境本底监测结果见表3-9和表3-10。

表3-9 电磁辐射检测结果（2025.7.3）

序号	点位描述	电场强度（V/m）		开机炮号
		关机	开机	
1	小铅门 1m	0.38	0.39	11949
2		0.27	0.26	11952
3	北墙外 1m（02 诊断实验室）	0.17	0.18	11950
4	西墙外 1m	0.38	0.38	11957
5	东墙外 1m	0.25	0.25	11954
6	南墙外 1m	0.13	0.14	11951

表 3-10 电磁辐射检测结果 (2025.7.31)

序号	点位描述	电场强度 (V/m)	
		关机	开机
1	小铅门外 1m	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
2	大铅门外 1m	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
3	北墙外 1m (02 诊断实验室)	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
4	西墙外 1m	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
5	东墙外 1m	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
6	南墙外 1m	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)

表 3-9 和表 3-10 检测结果表明,“玄龙-50U”装置开机时,装置大厅周围的电场强度与本底水平相当,可以忽略不计。

3. 声环境现状监测

本次声环境质量现状评价委托河北冀辐源环保科技有限公司 (CMA 资质编号: 240312341856) 对厂界噪声进行监测,监测时间为 2025 年 7 月 3 日。

1) 声环境现状监测

(1) 监测布点及频率

根据项目噪声源位置和周围环境保护目标分布情况,共布设 4 个监测点,分别在四周厂界外布点。监测因子为连续等效 A 声级,具体布点位置见图 3-4。



图 3-4 声环境监测点位图

(2) 监测方法和监测仪器

测量方法按《声环境质量标准》(GB3096-2008)和《工业企业厂界环境噪声排放限值》(GB12348-2008)中的要求执行。

监测采用的仪器为AWA5688型多功能声级计(设备有效期2024.12.18~2025.12.17)和AWA6221B型声校准器(设备有效期2024.12.18~2025.12.17),仪器量程范围满足噪声监测标准要求。

2) 监测结果与评价

项目区域噪声现状监测结果见表3-11。

表3-11 噪声现状监测结果, dB(A)

序号	测点位置	现状值 (Leq(A))	
		昼间	夜间
1	厂区东侧边界外 1m	50	42
2	厂区南侧边界外 1m	49	41
3	厂区西侧边界外 1m	48	41
4	厂区北侧边界外 1m	53	43

由表3-11现状监测结果可知:项目厂界噪声值均达到《工业企业厂界环境噪声排放限值》(GB12348-2008)和《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的II类标准限值要求(昼间60dB(A)、夜间50dB(A))。

环境保护目标

1.评价范围

根据《环境影响评价技术导则 磁约束聚变装置》(征求意见稿)第4.5.1.1条,等离子体物理实验装置辐射环境影响评价范围根据装置相关参数按照聚变装置分类管理确定评价范围。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)中对评价范围和保护目标的要求,“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(无实体边界项目视具体情况而定,应不低于100m的范围),对于I类放射源或I类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”。

本项目“玄龙-50U装置”升级改造后属于II类射线装置,装置大厅有实体屏蔽物,因此,取装置大厅屏蔽体边界外50m作为评价范围,评价范围图见图3-5。聚变中心大楼为负一层至地上二层建筑,其中仅装置大厅下方部分区域有负一层空间,实验期间无人员居留,负一层平面布置图详见附图4;一层平面布局

图见附图 3，评价范围图详见附图 5；二层仅部分区域有房间，位于装置大厅东北侧，且二层房间均在 50m 评价范围内，二层房间的平面布置图及与一层办公区的相对位置详见附图 6，聚变中心大楼剖面图见附图 7。

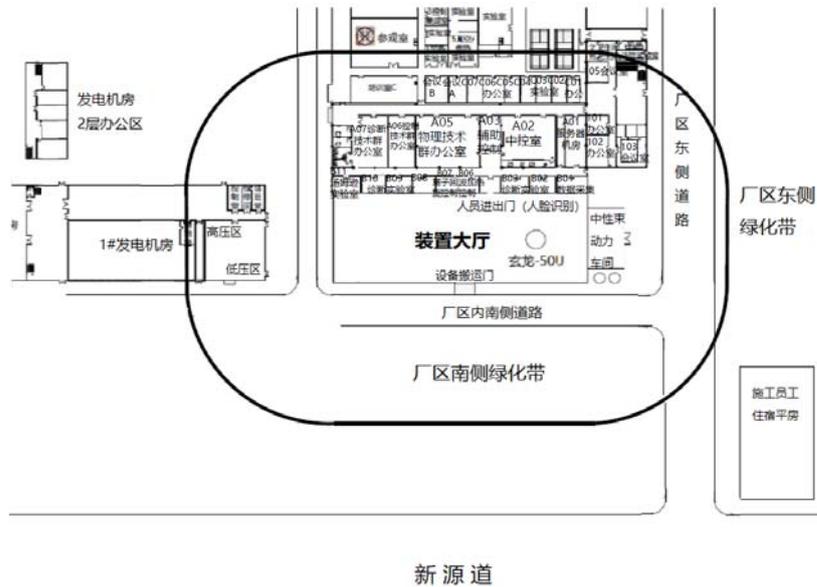


图 3-5 本项目 50m 电离辐射评价范围图

根据《环境影响评价技术导则 磁约束聚变装置》（征求意见稿）第 4.5.1.3 条，电磁辐射环境按照 HJ/T 10.3 确定评价范围，通常为：以主机大厅为中心的 250m。本项目装置大厅的电子回旋加热系统和离子回旋加热系统可能会产生一定电磁辐射影响，以装置大厅为中心的 250m 电磁辐射评价范围如图 3-6 所示，主要包括新奥科技发展有限公司及其东北侧的新奥燃气设备有限公司、东南侧新奥博为技术有限公司及东侧廊坊开发区第一中学（规划中）的部分区域。



图 3-6 本项目 250m 电磁辐射评价范围图

2.环境保护目标

经对比，本项目开机状态下装置大厅周围的电磁辐射水平与本底水平一致，说明本项目电磁辐射影响可以忽略不计，因此重点关注电离辐射影响。本项目“玄龙-50U”装置大厅周围 50m 电离辐射评价范围均位于厂区内，周围环境保护目标情况见表 3-12 和图 3-7。

表 3-12 本项目周围环境保护目标情况

序号	方位	名称	距离 (m)	人数	人员类别
1	一楼东北	B01 数据采集室	2.0	1	职业
2	一楼正北	B02、B03 诊断实验室	2.0	0	仓房、 设备间
3	一楼西北	B06 波加热控制室	2.0	0	
4	一楼西北	B07 离子回旋控制室	2.0	4	职业
5	一楼西北	B08~B10 诊断实验室	2.0	3	职业
6	一楼西北	B11 汤姆逊实验室	2.0	1	职业
7	一楼东北	A01 服务器机房	12.5	0	
8	一楼正北	A02 EXL 中央控制室	15.0	23	职业
9	一楼西北	A03 辅助控制室	15.5	8	职业
10	一楼西北	A05-A07 物理、控制、诊断 技术群办公室	15.0	59	职业
11	一楼东北	101-102 办公室	12.5	15	公众
12	一楼东北	103 会议室	12.5	20	公众
13	一楼正北	C01~C07 办公室及实验室	33.0	29	公众
14	二楼东北	二楼办公区	12.5~38.5	20	公众
15	一楼正东	中性束动力车间	13.0	1	公众
16	一楼正西	发电机房控制室等	35.0~40.0	3	公众
17	东侧	聚变中心大楼东侧内部道路	25.5	/	公众
18	南侧	聚变中心大楼南侧内部道路	5.0	/	公众



图 3-7 “玄龙-50U”装置环境保护目标分布图

	<p>本项目新增 3 台Ⅲ类射线装置环境影响较小，环境保护目标主要为中性束离子源控制室的工作人员。</p>
<p>污 染 物 排 放 控 制 标 准</p>	<p>1.法规文件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订通过，2015 年 1 月 1 日起施行）； 2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国第十届全国人民代表 大会常务委员会第三次会议修订通过，2003 年 10 月 1 日施行； 3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国第十三届全国人民代表 大会常务委员会第七次会议第二次修正，2018 年 12 月 29 日起施行）； 4) 《中华人民共和国原子能法》（中华人民共和国第十四届全国人民代表大会常 务委员会第十七次会议通过，2026 年 1 月 15 日起施行）； 5) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日起施行）； 6) 《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 日施行；国务院令 第 709 号修订，2019 年 3 月 2 日起施行）； 7) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 253 号，1998 年实施；国务院令 第 682 号修订，2017 年 10 月 1 日起施行）； 8) 《危险化学品安全管理条例》（国务院第 591 号令，2013 年 12 月 7 日修订）； 9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令 第 31 号发布，自 2006 年 3 月 1 日起施行；生态环境部令 第 20 号第四次修改，自 2021 年 1 月 4 日起施行）； 10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行）； 11) 《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，自 2021 年 1 月 1 日起施行）； 12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令 第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行）； 13) 《关于聚变装置辐射安全管理有关事项的通知》（生态环境部办公厅，环办

辐射函[2025]128号，2025年4月2日起施行)；

14)《关于磁约束聚变实验装置辐射安全管理有关事项的通知》(原环境保护部办公厅，环办辐射函〔2016〕1670号，2016年9月20日)；

15)《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日施行；

16)《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》(生态环境部公告第57号，2020年1月1日施行)；

17)《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》(原国家环境保护局、公安部、卫生部，环发[2006]145号，2006年9月26日施行)；

18)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号，2019年11月1日施行)；

19)《河北省生态环境保护条例》(河北省第十三届人民代表大会常务委员会第十六次会议，2020年3月27日)；

20)《河北省辐射污染防治条例》(2020年7月30日河北省第十三届人民代表大会常务委员会第十八次会议通过)。

2.技术标准

1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871—2002)；

2)《环境影响评价技术导则 磁约束聚变装置》(征求意见稿)；

3)《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)；

4)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；

5)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；

6)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；

7)《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)；

8)《声环境质量标准》(GB3096-2008)；

9)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)；

	<p>10) 《环境影响评价技术导则声环境》(HJ 2.4-2021);</p> <p>11) 《国家危险废物名录》(2025 年版)</p> <p>12) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023);</p> <p>13) 《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298-2019);</p> <p>14) 《危险废物鉴别标准通则》(GB 5085.7-2019);</p> <p>15) 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022);</p> <p>16) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》(HJ 2025-2012)。</p> <p>3.其他</p> <p>1) 《中国环境天然放射性水平》(原子能出版社, 2015 年 7 月 1 日);</p> <p>2) 《聚变点火原理概述》(谢华生等编著, 中国科学技术大学出版社, 2023 年 6 月出版);</p> <p>3) 《辐射防护导论》(方杰著, 原子能出版社, 1991 年 6 月出版)。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">总量控制指标</p>	<p>1.辐射剂量限值</p> <p>依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 B, 职业照射和公众照射的剂量限值如下:</p> <p>1) 职业照射</p> <p>应对任何工作人员职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值:</p> <p>①连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv;</p> <p>②任何一年中的有效剂量, 50mSv。</p> <p>2) 公众照射</p> <p>实践使公众中关键人群组成员所受到平均剂量估计值不应超过下述限值:</p> <p>①年有效剂量, 1mSv;</p> <p>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。</p> <p>2.辐射剂量约束值</p> <p>根据《环境影响评价技术导则 磁约束聚变装置》(征求意见稿) 第 4.4.1.1 条, 职业照射和公众照射剂量约束值代表防护的基本水平, 设计过程中必须确</p>

保源相关剂量不得超过剂量约束值。同时，剂量约束值不是管理限值，但超过剂量约束值可能需要采取后续行动。

- a) 一般情况下，职业照射的年有效剂量约束值应不超过 5 mSv；
- b) 正常运行期间，公众照射的年有效剂量约束值不超过 0.1 mSv。

四、主要环境影响和保护措施

施 工 期 环 境 保 护 措 施	<p>本项目“玄龙-50U”装置及中性束实验室的主体工程已于“玄龙-50”阶段建设完成，本项目主要是进行设备更换和安装等工作，施工周期约1年。</p> <p>1.废气环境影响分析</p> <p>本工程不涉及土建，设备更新安装对大气环境不产生影响。</p> <p>2.废水环境影响分析</p> <p>由于不涉及土建，施工现场用水主要为改造期间施工人员用水及清洗废水，总量不超过10m³。</p> <p>采取的主要防治措施：施工人员生活污水依托公司现有污水管网，接入园区污水管网。</p> <p>3.固体废物环境影响分析</p> <p>本工程施工期产生的固体废物主要为施工人员日常产生的生活垃圾，总量不超过1.5kg/d。</p> <p>采取的主要防治措施：施工人员产生的生活垃圾收集后及时清出厂。</p> <p>4.噪声环境影响分析</p> <p>本项目施工期间，部分施工机械在运行中将产生一定噪声污染。</p> <p>采取的主要防治措施：合理安排施工时间，尽量避免夜间施工；文明操作；合理安排运输时段，尽量选取低噪声设备。</p> <p>5.生态环境影响分析</p> <p>本项目不涉及土壤开挖，不会对生态环境造成破坏。</p>
运 营 期 环 境 影 响 和 保 护 措 施	<p>1.运营期环境影响保护措施</p> <p>1) 工作场所布局</p> <p>本项目“玄龙-50U”等离子体实验装置位于新奥科技发展有限公司聚变中心大楼一楼的装置大厅，新增4台Ⅲ类中性束离子源装置位于聚变中心大楼一楼的中性束实验室。聚变中心大楼一层平面布局图详见附图3。聚变中心大楼为负一层至地上二层建筑，其中仅装置大厅下方部分区域有负一层空间，实验期间无人员居留，负一层平面布置图详见附图4。二层仅部分区域有房间，位于装置大厅东北侧，二层房间的平面布置图及与一层办公区的相对位置详见附图6。</p>

施

2) 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定,将需要和可能需要专门的防护手段或安全措施的区域定为控制区;将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定为监督区。基于 GB18871-2002 相关要求,本项目控制区和监督区划分见表 4-1 和图 4-1。

表 4-1 辐射工作场所分区表

分区类型	房间名称	管理要求
控制区	1.装置大厅; 2.中性束实验室 1 和中性束实验室 2 内新增的 4 台中性束离子源装置。	辐射工作场所的重点防控区域,经门禁授权的辐射工作人员出入控制,采取门机联锁设施等。
监督区	装置大厅北侧 B 区实验室及仓储间 装置大厅北侧 A 区办公室及控制室 中性束实验室 1 和中性束实验室 2 内除新增 4 台中性束离子源装置外的其他工作空间。	对所在工作场所监测结果或个人监测结果进行定期评估



图 4-1 辐射防护分区图

3) 电离辐射防护措施

(1) 屏蔽措施

本项目“玄龙-50U”装置大厅四周墙体、室顶、防护门的屏蔽材料及厚度情况详见表 4-2 和图 4-2。

表 4-2 装置大厅屏蔽情况一览表

屏蔽体	屏蔽情况	距玄龙-50U 距离, m
东墙	0.5m 混凝土墙+0.6m 沙袋墙	13.3
南墙	0.5m 混凝土墙	15.2
南墙处大铅门 (6.5m×7m)	2.6cm 铅	31.5
西墙	0.5m 混凝土墙	69.3
北墙小铅门 (1.5m×2.1m)	1.3cm 铅当量+1m 混凝土墙*	22.5
北墙-小铅门东侧	1m 混凝土墙+1mm 铅板+0.6m 沙袋	15.3
北墙-小铅门西侧	1.5m 混凝土墙+1mm 铅板	24.8
室顶	2cm 水泥砂浆+7cm 混凝土	17.3

备注：小铅门处 1m 混凝土墙，指进小铅门左侧 0.3m，有段东西长 2.1m×南北宽 0.5m×高 2m 的矮墙，在进小铅门左侧 1.3m 处，有段东西长 1.7m×南北宽 0.5m×高 2m 的矮墙。

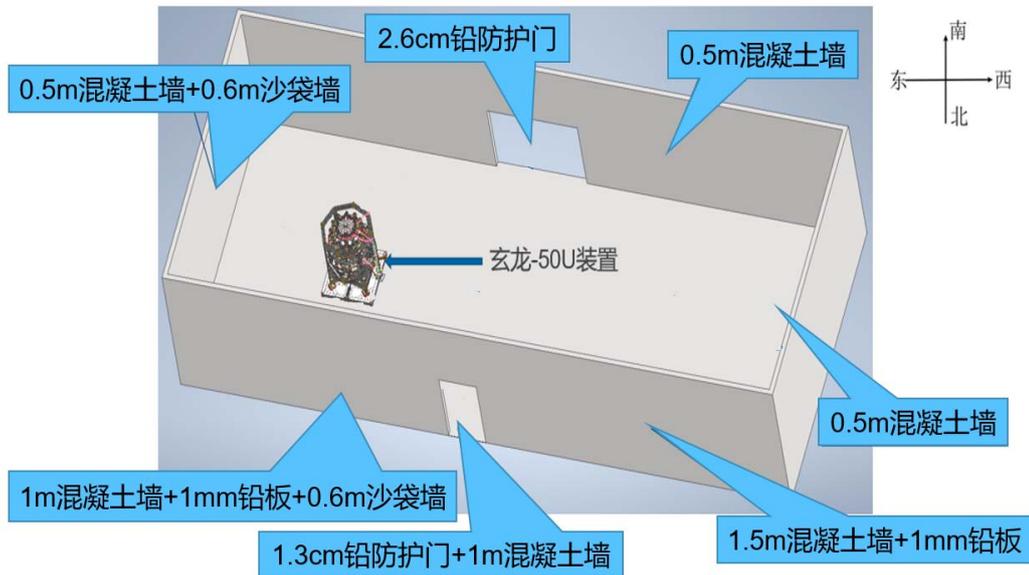


图 4-2 装置大厅四周屏蔽情况

本项目 4 台 III 类中性束离子源装置的辐射屏蔽措施为 2cm 厚不锈钢真空室壁。

(2) 辐射防护器材

公司已为辐射工作人员配备以下辐射防护器材，详见表 4-3。

表 4-3 本项目辐射防护器材清单

序号	器材名称	单位	数量	主要工作性能指标	使用地点
1	铅衣	件	2	提供 0.35mmPb 铅当量	小铅门应急防护用品柜
2	铅帽	个	2	提供 0.35mm 铅当量	小铅门应急防护用品柜
3	铅围脖	个	2	铅当量 0.35-0.5mmPb	小铅门应急防护用品柜
4	射线防护眼镜	个	2	铅当量:正 0.5mmPb/ 侧 0.5mmPb	小铅门应急防护用品柜
5	铅手套	双	2	提供 0.35mm 铅当量	小铅门应急防护用品柜

(3) 辐射安全措施

①“玄龙-50U”辐射安全措施

A.装置大厅在人员出入小铅门及物流出入大铅门处设有电离辐射警示标志及中文警示说明，并安装有工作状态指示灯（带警报功能）。红灯状态时表示正在开展实验，铅门无法打开，绿灯状态时表示未开展试验，铅门可以打开。此外，在人员出入小铅门外设有安全广播。

B.装置大厅小铅门附近、“玄龙-50U”装置主体东北角的电缆桥架、中央控制室总控制台桌面下方、中央控制室监控控制工位处、地坑北侧旋转楼梯附近、地坑南侧旋转楼梯附近均设有急停按钮，并设置醒目标识，按下急停按钮，将立即关停加热系统及电源系统，实验将立即停止。

C.大小铅门均配备了门机联锁系统，铅门开启时，装置无法运行。

D.中央控制室控制台前配备 20 把总控联锁钥匙，放电间隙需进入装置大厅检查的人员，必须人手一把钥匙，控制系统检测到有钥匙未归位，实验将无法启动。

E.装置大厅小铅门处配备人脸识别及刷卡门禁系统，非辐射工作人员不可进入。通过面部识别或刷卡进入装置大厅时，人员姓名会同步显示在小铅门上方屏幕和中央控制室屏幕上；人员走出时，也需要面部识别或刷卡，系统将在名单中清除此人信息，名单未清零，实验不可开始。

F.“玄龙-50U”装置运行人员在辐射安全联锁系统（屏蔽门、联锁钥匙、紧急停机及人员清零）均亮起复位绿灯，且装置各辅助系统准备就绪后，开始进行等离子体放电实验。在开始等离子体放电前 60 秒，总控系统开始倒计时，并通过声光报警装置，发出声光警报，运行前可及时提醒无关人员不得靠近，并提醒未撤离人员尽快。

G. 装置大厅一层四周墙体上各设有 2 个“巡检按钮”，负一层四周墙体上设有 1~2 个“巡检按钮”，并均与控制台联锁，放电实验开始前，巡视人员进入装置大厅一层和负一层按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。

H. 装置大厅在装置西北、东北、西南、东南、大厅入口、地坑等位置设有监控系统，可实现装置大厅内持续监控，监控信息同步至中央控制室大屏幕上。若发现装置异常或发现有人员滞留，将立即启动急停按钮。

I. 大铅门东侧和小铅门东侧均设有紧急开门按钮，确保装置大厅人员可以在紧急情况下打开逃生。

J. 在装置大厅南墙外 8m 范围内设置警戒线，以防止无关人员出入。

K. 职业工作人员上岗前进行培训，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，持证上岗。

L. 职业工作人员进入控制大厅时均需佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。公司每季度委托有资质单位为职业工作人员进行 X/γ 个人剂量监测，并定期委托有资质单位对本单位辐射人员进行职业病健康体检，间隔不超过 2 年。

本项目的辐射安全措施布置情况如图 4-3、图 4-4 及表 4-4 所示。

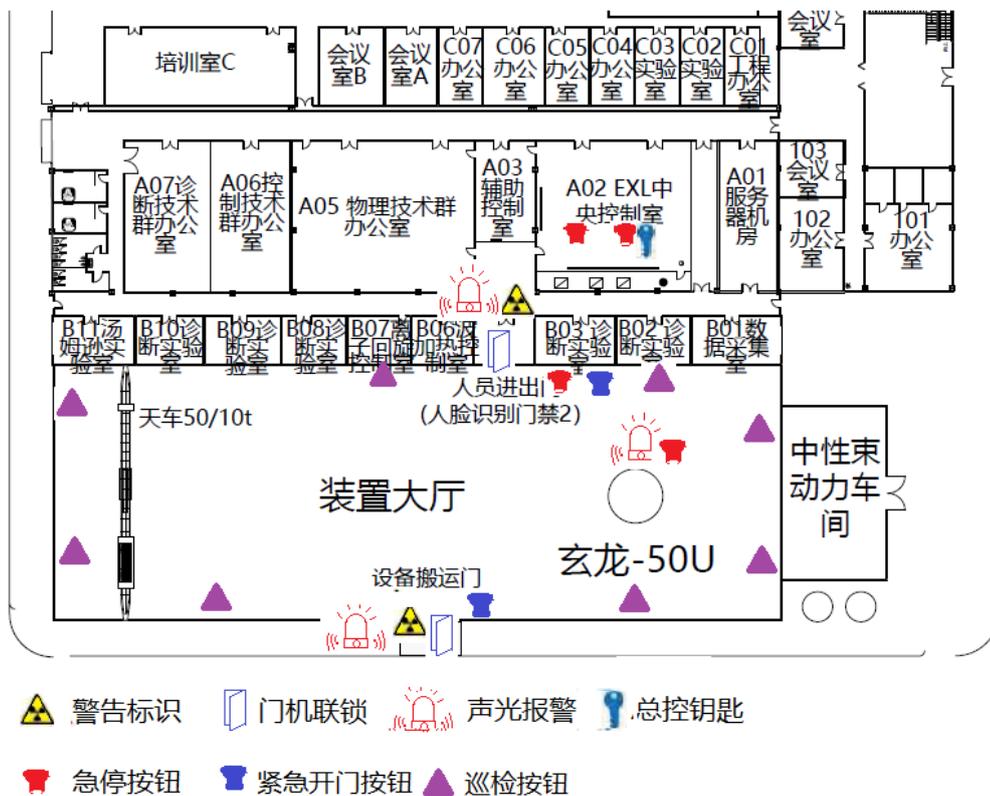


图 4-3 一楼辐射安全措施布置图

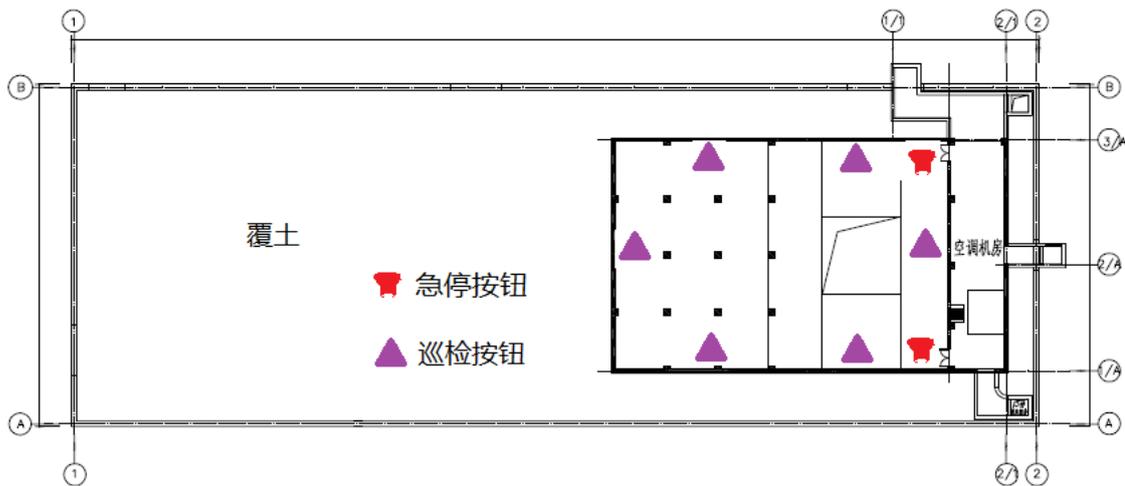


图 4-4 负一层辐射安全措施布置图

表 4-4 本项目“玄龙-50U”辐射安全措施数量及位置

序号	项目	单位	数量	使用地点
1	辐射警告标识	个	2	大铅门、小铅门外
2	门机联锁	个	2	大铅门、小铅门
3	声光报警	个	3	大铅门外、小铅门外及玄龙-50U 装置旁边
4	急停按钮	个	6	中央控制室总控制台下方、中央控制室监控位、装置大厅小铅门东侧、玄龙-50U 主体装置东北侧电缆桥架上、负一层南侧和北侧侧楼梯下去后显眼处各 1 个
5	总控钥匙	把	20	中央控制室总控制台
6	紧急开门按钮	个	2	大铅门东侧、小铅门东侧
7	巡检按钮	个	14 个	装置大厅一层四周墙体各 2 个，负一层南北墙各 2 个、东西墙各 1 个

②中性束实验室辐射安全措施

A. 中性束实验室 1 和中性束实验室 2 门口及中性束射线装置表面明显位置设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近；

B. 中性束实验室 1 和中性束实验室 2 门口设声光报警装置，装置运行时开启，告诫无关人员勿靠近实验场所；

C. 中性束实验室 1 和中性束实验室 2 的控制室内均配备紧急停止按钮，发现异常情况，可及时停机；

D. 中性束实验室 1 和中性束实验室 2 装有高清可转动摄像头，实时观测装置大厅内情况，控制室人员发现异常，可及时按下急停按钮。

(4) 辐射监测

新奥科技发展有限公司已为本项目的运行制定了《辐射工作场所监测管理规

定》和《辐射工作人员个人剂量监测管理》，对放射性工作场所监测、周围环境监测、个人剂量监测等制定了监测计划，同时配备了相应的辐射监测设备，具体内容如下：

①工作场所及周围环境监测

新奥科技发展有限公司在“玄龙-50U”主体装置西北侧 1m 左右设有 AGM-6 型高压电离室环境 γ 辐射探测器，在中央控制室南墙设有 EGM-5 型 γ 辐射监测仪和 ENM-6 型高灵敏度环境中子探测器，可进行实时监测并与门连锁，确保实验安全，并利用 9 台 FJ-2000 型便携式个人辐射剂量报警仪，固定放在装置大厅周围不同点位进行日常监测，具体点情况详见图 4-5。

此外，公司利用便携式 X/ γ 剂量率仪（利旧）和便携式中子剂量率仪定期对玄龙-50U 中央控制室、玄龙-50U 装置大厅、玄龙-50U 装置人员出入口、玄龙-50U 装置大厅周边办公室和实验室、中性束实验室的控制室以及其他辐射工作人员经常滞留或出入的场所地点进行监测，监测周期为每季度一次。

②个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的相关要求，常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期最长不应超过 3 个月。

本项目个人剂量监测主要是利用光子个人剂量计（利旧）和中子个人剂量计，对辐射工作人员所受的外照射个人累积剂量进行监测，每名辐射工作人员均佩戴个人剂量计，每 3 个月将个人剂量计送交有资质的单位进行检测，并建立个人剂量监测档案，由辐射安全管理小组统一长期保存。

③辐射监测仪器及辐射监测布点图

新奥科技发展有限公司为本项目配备的辐射监测仪器见表 4-5，“玄龙-50U”装置周边辐射监测布点见图 4-5，中性束实验室监测布点见图 4-6。

表 4-5 辐射监测仪器

序号	设备名称	数量	单位	备注
1	AT1121 便携式 X/ γ 辐射检测仪	1	台	装置大厅及中性束实验室的四周墙体和人员主要出入口不定时监测。
2	ENM-6 高灵敏度环	1	套	中央控制室电视背景墙后

	境中子探测器			
3	EGM-5 高压电离室环境 γ 监测仪	1	套	中央控制室电视背景墙后
4	AGM-6 高压电离室 γ 辐射探测器	1	套	玄龙-50U 装置 1 米处
5	FJ-2000 型便携式个人辐射剂量报警仪	20	个	9 个辐射监测点位进行固定监测，详见图 4-5，其余备用。

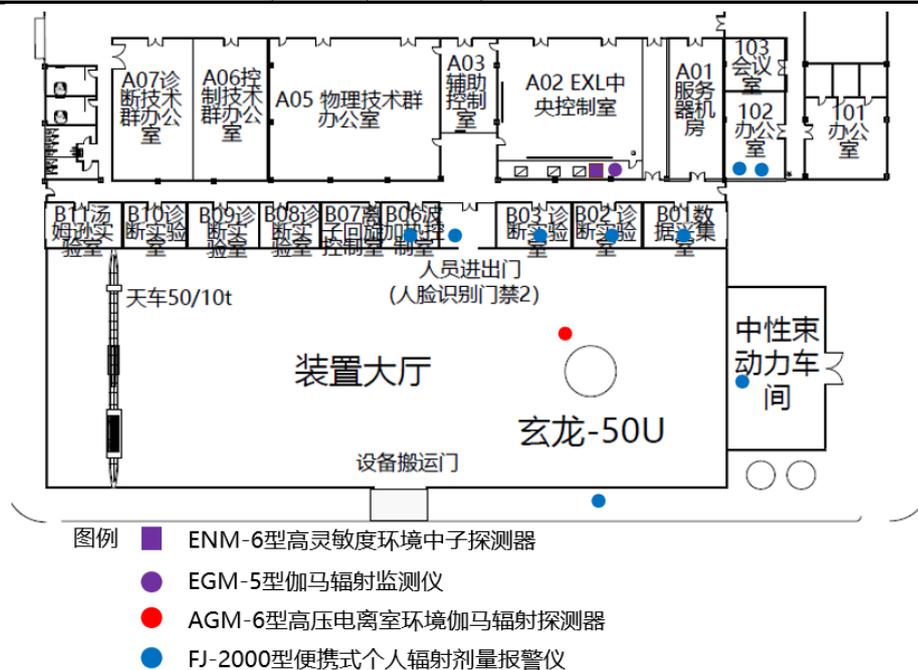


图 4-5 装置大厅固定式辐射监测布点图

(5) 辐射安全管理

①为加强辐射安全与环境保护管理工作，防止辐射污染环境，保障公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等规定的要求，新奥科技发展有限公司制定了《辐射安全管理规定》，成立了以刘敏胜院长为组长的辐射安全与环境保护管理机构，明确组织结构成员和机构职责，详见附件 9。

②为建立健全辐射安全与环境管理规章制度，保障本项目运行过程中安全稳定及辐射工作人员安全健康。新奥科技发展有限公司根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了《辐射安全管理规定》、《辐射防护与安全保卫制度》、《辐射工作人员培训管理规定》、《辐射工作人员职业健康管理规定》、《辐射工作人员个人剂量监测管理规定》、《辐射工作场所监测管理规定》、《辐射仪表操作规程》、

《EXL-50U 供配电系统日常维护保养指导书》、《EXL-50U 中性束加热系统安全运行规程》等，能够满足本项目的安全管理要求，详见附件 10~附件 17。

③为健全核与辐射事故应急机制，及时处置突发核与辐射事故，提高应急处置能力，最大程度地控制或减轻核与辐射事故可能造成的人员伤亡、财产损失，保护环境，维护社会秩序和稳定，保障运行安全，新奥科技发展有限公司根据相关法律法规的要求，制定了《辐射安全事故应急预案》，成立了应急组织机构，全面负责辐射事故应急工作。明确了岗位分工职责、应急准备、事故响应分级、应急响应措施、事故报告程序及联络接口等内容。定期组织培训教育和应急演练，做好应急演练记录，详见附件 18。

4) 电磁辐射防护措施

(1) 电子回旋共振加热系统采取的安全防护和管理措施包括：微波产生、传输和发射链路完全封闭，各波导接口采用专用的金属密封和连接部件进行真空密封，可确保运行过程中基本无微波泄漏。由于工作波长为 1~6 毫米，微波功率在自由空间剧烈衰减，几乎无法从传输通道接口位置泄漏。设备运行区域安装视频监控、确保 ECRH 系统运行前人员离开设备区。

(2) 离子回旋加热系统射频波辐射主要的屏蔽措施：发射机腔体的腔板设计成双层的簧片结构，能有效的屏蔽射频信号，从而防止射频波的泄漏。射频波沿着传输线的内导传输，外导体有 10cm 厚的铝管包裹，不会向外辐射，而且传输线的接口法兰处有铝箔缠绕，然后用导电铝箔胶带粘接，可以避免射频波的泄漏。即使射频波有些微泄漏，也会随着距离很快衰减。

经过以上措施后，可以使周围环境的电磁辐射造成的功率密度小于国家规定的管理目标限值。经监测，“玄龙-50U”装置运行时电磁辐射对环境的影响很小。

5) 放射性三废治理

限于“玄龙-50U”装置的性能能力，该装置主要用于研究等离子体的约束控制，包括：等离子体启动、平衡与稳定、波加热和电流驱动、湍流和约束以及等离子体与壁的相互作用，目前以及本次升级改造后都无法实现聚变产生能量。装置运行过程中，在发生等离子体破裂现象时，可能有极少量中子产生，所引发的感生放射性

经计算可忽略不计。

2.运营期环境影响分析

1) “玄龙-50U”装置辐射环境影响分析

“玄龙-50U”装置辐射环境影响主要来自带电粒子在电磁场中的加速和减速产生的韧致辐射、回旋辐射、逃逸的高能带电粒子与器壁结构材料作用产生的平均能量高达 5MeV 的连续韧致辐射（X 射线）以及少量超 10MeV 的 X 射线与真空壁等材料反应产生的少量中子。

(1) 一般运行工况

一般运行工况下，聚变等离子体的主要辐射来自电子与离子的库仑场相互作用产生的韧致辐射，以及在磁场中，带电粒子圆周运动产生的回旋辐射。

①韧致辐射

根据中国科学技术大学出版社《聚变点火原理概述》P45，单位体积等离子韧致辐射功率随频率 ν 分布的功率谱为：

$$\frac{dP_{\text{brem}}}{d\nu} = g \frac{32\pi}{3^{3/2}} \left(\frac{2\pi}{k_B T_e}\right)^{1/2} \frac{e^6}{m_e^{3/2} c^3 (4\pi\epsilon_0)^3} n_e \sum (n_i Z_i^2) e^{-\frac{h\nu}{k_B T_e}} \quad (4-1)$$

对频率 ν 积分可得单位体积总韧致辐射功率为：

$$P_{\text{brem}} = \int_0^\infty \frac{dP_{\text{brem}}}{d\nu} d\nu = g \frac{32\pi}{3^{3/2}} \frac{(2\pi k_B T_e)^{1/2} e^6}{m_e^{3/2} c^3 h (4\pi\epsilon_0)^3} n_e^2 Z_{\text{eff}} \quad (4-2)$$

其中，有效电荷数

$$Z_{\text{eff}} = \sum (n_i Z_i^2) / n_e \quad (4-3)$$

$$n_e = \sum n_i Z_i \quad (4-4)$$

或

$$P_{\text{brem}} = C_B n_e^2 (k_B T_e)^{1/2} Z_{\text{eff}} = 5.39 \times 10^{-37} n_e^2 T_e^{1/2} Z_{\text{eff}} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (4-5)$$

$$C_B = g \frac{32\pi}{3^{3/2}} \cdot \frac{(2\pi)^{1/2} e^6}{m_e^{3/2} c^3 h (4\pi\epsilon_0)^3} \quad (4-6)$$

式中 n_e 是电子密度， n_i 是离子密度，单位均为 m^{-3} ； Z_i 为离子电荷数， ν 为光子频率；式(4-5)中，左侧 T_e 温度单位为 K，右侧 T_e 单位为 keV， $1\text{keV}=1.16 \times 10^7\text{K}$ 。

本次计算涉及到的基本物理常数及取值见表 4-6。

表 4-6 计算涉及到的基本物理常数及其数值

含义	符号	数值
冈特因子	g	1.11
真空光速	C	299792458 m s ⁻¹
玻尔兹曼常数	k _B	1.380649x10 ⁻²³ J K ⁻¹
电子质量	m _e	9.1093837015x10 ⁻³¹ kg
电子电荷	e	1.602176634x10 ⁻¹⁹ C
真空介电常数	ε ₀	8.8541878128x10 ⁻¹² F m ⁻¹
普朗克常数	h	6.62607015 x10 ⁻³⁴ J Hz ⁻¹

对于氢等离子体，以上公式的 Z=1，对于含硼 10%左右的氢硼等离子体，参考辐射防护基础 P158 进行 Z_{eff} 计算。

$$Z_{\text{eff}} = \frac{\sum \alpha_i Z_i^2}{\sum \alpha_i Z_i} \quad (4-7)$$

式中，Z_i——材料中第 i 种元素的原子序数；

α_i——单位体积的材料中，第 i 种元素的原子数占总原子数的份额。

根据上式可得本项目 Z_{eff} 值为 2.43，即辐射约为同温度密度的氢等离子体的 2.43 倍。含硼量高时，等离子体比较难加热到高温，通常无法达到氢等离子体的温度，从而实际辐射并不会增加很多。

本项目等离子体温度 T_e 为 7keV，电子密度 n_e 为 8×10¹⁹m⁻³，代入公式(4-5)可得韧致辐射功率为 22.2kW/m³。等离子体体积 7.67m³，则总韧致辐射功率为 0.17MW/s，则单次等离子体放电的韧致辐射总能量 W=P×t=0.17MW/s×3s=0.51MJ。

本项目屏蔽计算过程中，各材料的质量衰减系数参考美国数据库 NIST.X-Ray Mass Attenuation Coefficients，网址：<https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients>。

表 4-7 屏蔽衰减参数

屏蔽材料	密度，g/cm ³	一般运行工况（7keV）质量衰减系数，cm ² /g
硼硅玻璃	2.5	53.85
铁	7.85	53.20
混凝土	2.4	51.90
铅	11.34	348.0

真空室壁是由 20mm 以上厚度的 316L 钢材构成，真空室外还有各种支撑钢结构及铜磁体，绝大部分的韧致辐射能量将会被真空室壁等材料所吸收，仅在 3cm 厚

高硼硅观察窗处可能存在泄露，“玄龙-50U”装置等离子体中心距装置外壁 0.855m，高硼硅观察窗面积约为 0.034m²，根据《辐射防护导论》P205，参考人质量取为 70kg，并考虑观察窗的屏蔽作用，则泄漏到真空室观察窗外的韧致辐射剂量为：

$$D_0 = \frac{W}{4\pi R^2} \times A \times e^{-53.8 \times 2.5 \times 3} = \frac{0.51 \times 10^6}{4\pi(0.855)^2} \times 0.034 \times 4.127 \times 10^{-176} Sv = 1.1 \times 10^{-171} mSv$$

根据装置大厅屏蔽情况及 7keV 时各材料质量衰减系数，可得装置大厅墙体及铅门屏蔽减弱系数均为 0 (<1×10⁻³⁰⁸)，且考虑到由真空室到观察窗的距离衰减，可以得出一般运行工况下，韧致辐射对屏蔽体外产生的辐射影响可以忽略不计。

②回旋辐射

根据中国科学技术大学出版社《聚变点火原理概述》P48，单位体积等离子回旋辐射功率为：

$$P_{cycl} \approx 6.21 \times 10^{-21} B^2 n_e T_e \left(1 + \frac{T_e}{146}\right) (W \cdot m^{-3}) \quad (4-8)$$

式中，磁场 B 单位为 T，本项目为 1.2T；温度 T_e 单位为 keV，本项目取为 7keV，密度 n_e 为 8×10¹⁹m⁻³。

经计算，可得本项目单位体积等离子体回旋辐射功率为 5.25W，则 7.67m³等离子体产生的回旋辐射功率为 40.25W。等离子体单次放电 3s，则单次放电释放能量仅 120.75J，远小于韧致辐射能量 (0.51MJ)，可以忽略不计。

(2) 特殊运行情况

特殊运行情况下，可能发生等离子体破裂，等离子体破裂会产生高能逃逸电子，其数量与等离子体电流直接相关，根据 ITER、EAST 和 HL-2A 等众多装置逃逸电子研究结果，在托卡马克等离子体破裂期间，电流猝灭阶段高通量的逃逸电子形成的逃逸电流可达到破裂前等离子体电流的 50%，逃逸电子转化为硬 X 射线的转换率约为 1%。其中，极少量硬 X 射线能量可能高达 10~17MeV。

本项目采用 FLUKA 软件，对等离子体破裂时装置大厅及周围的 X/γ射线和中子叠加剂量场进行模拟分析，对装置大厅主机及周围屏蔽体所建模型如图 4-6 所示，模型中各部分材料见表 4-8。

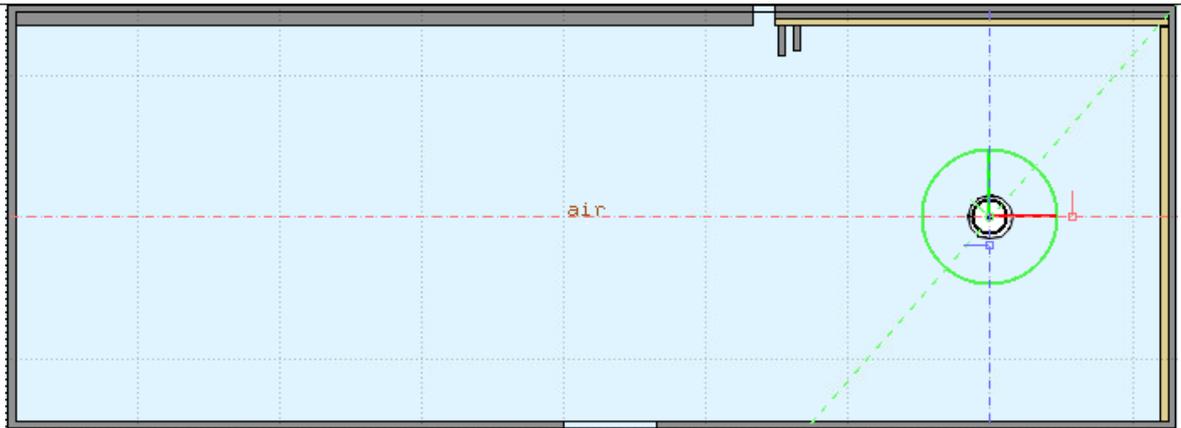


图 4-6 玄龙-50U 装置及装置大厅三维模型图

表 4-8 玄龙-50U 装置及装置大厅主要材料

模块	屏蔽情况
中心欧姆线圈	碳纤维增强复合材料（最小外径 264mm，最大外径 270mm）
真空室外壁	2cm 厚 SS316 不锈钢
北墙（小铅门东侧）	1m 混凝土墙+1mm 铅板+0.6m 沙袋
北墙（小铅门西侧）	0.5m 混凝土+1mm 铅板+1m 混凝土墙
小铅门（1.5m 长×2.1m 高）	1.3cm 铅当量+1m 混凝土墙 （一堵墙为 2.1m 长 0.5m 厚，一堵墙为 1.7m 长 0.5m 厚）
东墙	0.5m 混凝土+0.6m 沙袋
南墙	0.5m 混凝土
大铅门（6.5m 长×6m 高）	2.6cm 铅当量
西墙	0.5m 混凝土
室顶	2cm 水泥砂浆+7cm 混凝土

①瞬发辐射场

A.装置大厅周边辐射剂量率水平

通过对玄龙-50U 装置的运行统计分析，装置运行期间发生等离子体破裂的概率约为 52%，发生等离子体破裂的平均等离子体电流约为 200kA，硬 X 射线能谱详见附件 8。本项目升级改造后，受装置本身结构强度等影响，等离子体电流实际运行水平不会发生明显变化，计算过程中，等离子体电流保守按 500kA 考虑。

“玄龙-50U”等离子体电流为 500kA 时，发生等离子体破裂时逃逸电流 I_{re} 为等离子体电流的 50%，可得逃逸电子数量

$$N_{re} = n_{re} \cdot V = n_{re} \cdot S \cdot 2\pi R = \frac{2\pi R I_{re}}{e \cdot v_{re}} = 2.6 \times 10^{16} \quad (4-9)$$

其中 n_{re} 为逃逸电子密度， e 为电子电量， v_{re} 为逃逸电子速度， S 为等离子体横截

面积。考虑相对论效应，电子速度 v_{re} 约为 $0.995c$ 。等离子体体积为 V ，等离子体大半径 R 为 $0.8m$ ，则可求得逃逸电子数量为 2.6×10^{16} 个/炮，逃逸电子有 1% 的概率会转换为硬 X 射线，则硬 X 射线产额为 2.6×10^{14} 个/炮，硬 X 射线能谱详见附件 8。由此计算所得等离子体破裂时单炮产生的 X/γ 与中子综合剂量场如图 4-7 所示，单位为 $\mu Sv/炮$ 。仅中子产生的剂量场如图 4-8 所示，单位为 $\mu Sv/炮$ 。

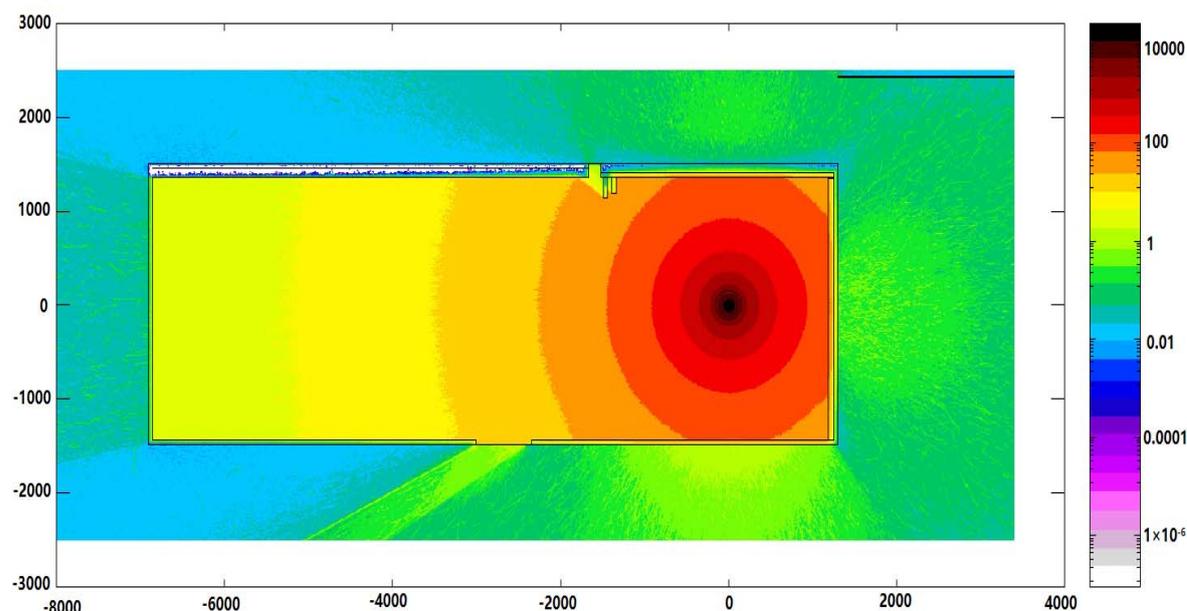


图 4-7 装置大厅单炮综合辐射剂量场， $\mu Sv/炮$

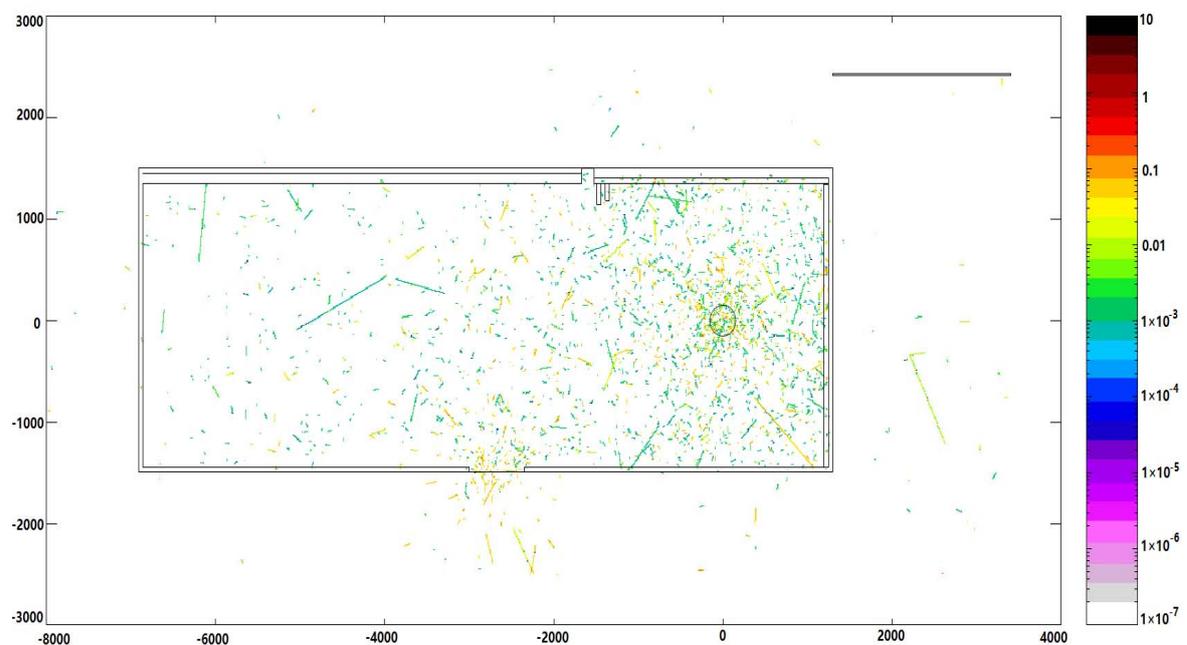


图 4-8 装置大厅单炮中子辐射剂量场， $\mu Sv/炮$

对各关注点单炮产生的剂量统计结果见表 4-9。

表 4-9 装置大厅周边单炮放电辐射剂量水平一览表

关注点	屏蔽情况	距离 R ₂ , m	单脉冲 X/γ 辐射剂量, μSv/炮	单脉冲中子 辐射剂量, μSv/炮	单脉冲综合 辐射剂量, μSv/炮
东墙外 0.3m	0.5m 混凝土+0.6m 沙袋	13.3	2.83×10 ⁻¹	2.70×10 ⁻³	2.86×10 ⁻¹
南墙外 0.3m	0.5m 混凝土	15.2	1.46	3.72×10 ⁻³	1.46
大铅门外 0.3m	2.6cm 铅	31.5	7.63×10 ⁻¹	8.54×10 ⁻²	8.48×10 ⁻¹
西墙外 0.3m	0.5m 混凝土	69.3	5.29×10 ⁻²	9.52×10 ⁻³	6.24×10 ⁻²
小铅门外 0.3m	1.3cm 铅+1m 混凝土	22.5	3.06×10 ⁻²	8.37×10 ⁻³	3.90×10 ⁻²
北墙外 0.3m	1m 混凝土+1mm 铅+ 0.6m 沙	15.4	3.66×10 ⁻²	5.54×10 ⁻³	4.21×10 ⁻²
室顶	2cm 水泥砂浆+ 7cm 混凝土	17.30	10.90	7.57×10 ⁻²	11.0
B07 离子控 制室	1.5m 混凝土+1mm 铅 板	35.0	1.90×10 ⁻²	0	1.90×10 ⁻²
A02 中央控 制室	1m 混凝土+1mm 铅+ 0.6m 沙袋	26.3	6.61×10 ⁻²	0	6.61×10 ⁻²
102 办公室	1.5m 混凝土+1mm 铅 板	26.6	1.32×10 ⁻²	0	1.32×10 ⁻²
201 办公室	70cm 混凝土	26.6	1.97×10 ⁻²	0	1.97×10 ⁻²
103 会议室	0.7m 混凝土+0.6m 沙 袋	40.0	1.97×10 ⁻²	0	1.97×10 ⁻²
南侧道路	0.5m 混凝土	20.2	4.94×10 ⁻¹	3.38×10 ⁻³	4.97×10 ⁻¹
东侧道路	0.8m 混凝土	38.5	1.04×10 ⁻¹	0	1.04×10 ⁻¹

根据图 4-7、图 4-8 及表 4-9 可知，本项目“玄龙-50U”装置在发生等离子体破裂时的中子产量较小，辐射剂量场主要贡献为 X/γ 辐射。经计算，装置大厅周边辐射剂量率最大值为 11 μSv/炮，位于装置大厅室顶，该处人员不可达。其次是南墙外，辐射剂量率为 1.46 μSv/炮。实际上，考虑到主机周围布满了各种附属系统，如等离子体物理诊断及技术诊断系统、中性束加热系统、电子回旋加热系统、离子回旋波加热系统、真空抽气系统、电源系统等，本次剂量场计算结果是偏保守的。

另外，根据表 3-4 和表 3-5 的开机状态辐射环境监测结果，本项目辐射剂量率最大值也是出现在南墙外 30cm 处，所测 X/γ 与中子的综合辐射剂量率最大值为 3307.77 μSv/h+60.94 μSv/h=3368.71 μSv/h。因监测设备所测为每秒读数乘 3600 转换为小时得来，而等离子破裂现象可认为 1s 内完成，则开机实测结果换算所得单炮

剂量为 $3368.71 \div 3600 = 0.936 \mu\text{Sv}/\text{炮}$ ，与本项目模拟计算结果相当。

B.装置大厅周边人员辐射剂量评价

按照全年放电试验 200 天，每 48 炮，总计全年 9600 炮，发生等离子体破裂的概率为 52%，则本项目人员年有效剂量如表 4-10 所示：

表 4-10 人员年受照剂量计算一览表

关注点	人员类型	居留因子	单脉冲辐射剂量 $\mu\text{Sv}/\text{炮}$	年有效剂量 mSv
B01 数据采集室	职业工作人员	1/8	4.21×10^{-2}	2.63×10^{-2}
B07 离子控制室	职业工作人员	1	1.90×10^{-2}	9.50×10^{-2}
A02 中央控制室	职业工作人员	1	6.61×10^{-2}	3.30×10^{-1}
东墙外 0.3m (中性束动力车 间)	公众 (偶尔进去检修)	1/32	2.86×10^{-1}	4.46×10^{-2}
102 办公室	公众	1	1.32×10^{-2}	6.58×10^{-2}
201 办公室	公众	1	1.97×10^{-2}	5.96×10^{-2}
103 会议室	公众	1/16	1.97×10^{-2}	6.14×10^{-3}
南侧道路	公众	1/32	4.97×10^{-1}	7.75×10^{-2}
东侧道路	公众	1/32	1.04×10^{-1}	1.62×10^{-2}

由表 4-10 可知，装置大厅外职业工作人员所受年有效剂量最高为 $3.30 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，满足职业工作人员 $5 \text{mSv}/\text{a}$ 的年剂量约束值要求。公众所受年有效剂量最高为 $7.75 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足公众 $0.1 \text{mSv}/\text{a}$ 的年剂量约束值要求。

②感生放射性

原本稳定的核素因粒子照射而产生的放射性被称之为感生放射性。特殊运行工况下，“玄龙-50U”装置可能因等离子体约束失控发生等离子体破裂现象，此时逃逸电子撞击壁材料等会有约 1% 份额转化为硬 X 射线，且少量硬 X 射线能量会超过 10MeV ，进而通过 (γ, n) 反应产生少量中子，将周边空气或固体结构材料等活化。如中子与装置大厅空气反应产生产生 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{41}Ar 等放射性核素，这些放射性核素在脉冲间隙期间将自发衰变，而长寿命核素将逐渐累积增多。

本次采用 FLUKA 软件对“玄龙-50U”装置的感生放射性核素活度浓度进行计算，并与《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》(GB27742-2011) 中的豁免标准进行对比，以实现放射性废物产生情况的评估。其中，计算采用的源

项及能谱情况参照瞬发辐射剂量场的相关定义，辐照感生放射性核素模拟结果见表 4-11 和表 4-12。

表 4-11 辐照后真空室壁主要放射性核素模拟结果

核素	半衰期	第 1 炮后 比活度 (Bq/g)	第 2 炮前比活 度 (Bq/g)	1 天中最后一炮刚放 完 (Bq/g)	豁免标准 (Bq/g)
$^{51}_{24}\text{Cr}$	27.7d	1.95×10^{-6}	1.95×10^{-6}	9.31×10^{-5}	100
$^{53}_{25}\text{Mn}$	$3.7 \times 10^6\text{a}$	1.29×10^{-14}	1.34×10^{-14}	6.73×10^{-13}	100
$^{54}_{25}\text{Mn}$	312d	5.20×10^{-8}	5.20×10^{-8}	2.50×10^{-6}	0.1
$^{53}_{26}\text{Fe}$	8.51min	1.43×10^{-4}	1.40×10^{-4}	4.05×10^{-4}	/
$^{59}_{28}\text{Ni}$	$7.5 \times 10^4\text{a}$	5.77×10^{-13}	5.77×10^{-13}	2.76×10^{-11}	100
$^{63}_{28}\text{Ni}$	96a	2.82×10^{-11}	2.82×10^{-11}	1.35×10^{-9}	100

根据表 4-11 可以看出，真空室不锈钢壁中的感生放射性核素活度浓度远低于豁免标准限值。

表 4-12 辐照后空气中主要放射性核素模拟结果

核素	半衰期	第 1 炮后 比活度 (Bq/cm ³)	第 2 炮前 比活度 (Bq/cm ³)	1 天中最后一 炮刚放完 (Bq/cm ³)	停机 30 天 (Bq/cm ³)
$^{14}_6\text{C}$	$5.73 \times 10^3\text{a}$	8.01×10^{-15}	8.01×10^{-15}	3.85×10^{-13}	8.03×10^{-18}
$^{13}_7\text{N}$	9.97min	4.10×10^{-8}	2.04×10^{-8}	8.17×10^{-8}	/
$^{15}_8\text{O}$	2min	2.93×10^{-8}	2.93×10^{-8}	3.03×10^{-8}	/
$^{41}_{18}\text{Ar}$	1.83h	3.64×10^{-10}	3.42×10^{-10}	3.42×10^{-10}	/

根据表 4-12 计算结果，在实验结束后，室内空气中长寿命核素 ^{14}C 和短寿命核素 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{41}Ar 活度浓度极低，另外，装置大厅设有通风装置，每小时换气 5~6 次，对放炮间隔期间进入装置大厅进行巡检的工作人员造成的内照射辐射影响可以忽略不计。

2) 中性束离子源装置辐射影响

A. 中性束离子源装置周边辐射剂量率水平

高速运动的带电粒子受到突然加速或者加速会发出具有连续能量的轫致辐射，轫致辐射能量损失率为：

$$S_{\text{rad}} \propto \frac{z^2 Z^2}{m^2} NE \quad (4-10)$$

式中： z —带电粒子电荷数， Z —介质的原子序数， N —介质的原子密度， m 和 E 分别为入射带电粒子的质量和能量。

由此可知，电子的韧致辐射能量损失率比重带电粒子大得多，如质子韧致辐射比电子小 1840 的平方倍，约 3.4×10^6 倍。

本项目新增 4 台 III 类射线装置中，25keV 离子源装置、50keV 离子源装置及 80keV 离子源装置均形成仅含 H^+ 、 H^{2+} 、 H^{3+} 的正离子，轰击靶材产生的韧致辐射影响基本可以忽略不计。而 50keV 射频负离子源装置则主要产生和引出 H^- 、 H^{2-} 等负离子，负离子进入真空室前，加速过程中可能发生“掉电子”现象，掉电子份额最大不超过 10%。掉落的电子随负离子一起进入真空室打靶，因电子质量小，在打靶时会产生较明显的韧致辐射。根据 50keV 射频负离子源的源项信息，采用 FLUKA 软件对装置韧致辐射剂量场进行了模拟计算，计算结果见图 4-10。

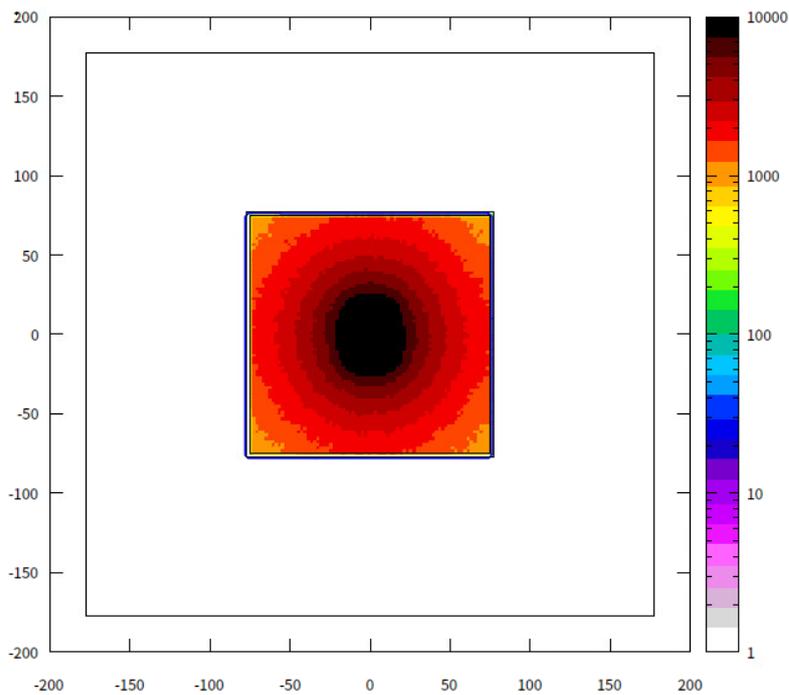


图 4-9 50keV 负离子源韧致辐射剂量场模拟结果， $\mu\text{Sv}/\text{炮}$

上图为假设 50keV 负离子源打靶时，在周边产生的瞬时 X/ γ 剂量场，以 $2 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{炮}$ 为剂量率关注水平，用蓝色曲线设了等值线，由图 4-9 可知，该曲线贴近真空室外壁，但均未超出外壁范围，说明本项目 50keV 负离子源装置的真空室壁面外的辐射剂量率在出束瞬间均低于 $2 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{炮}$ ，且对真空室壁外基本不会产生辐射环境影响。

B.中性束离子源装置周边人员剂量评价

中性束实验室 1 周围人员所受外照射剂量计算公式如下：

$$H=D\times 10^{-3}\times t\times q$$

其中：H—人员所受年有限剂量，mSv/a；

D—关注点单炮产生的辐射剂量， $\mu\text{Sv}/\text{炮}$ 。本次保守按 $2\times 10^{-3}\mu\text{Sv}/\text{炮}$ 考虑；

10^{-3} — μSv 到 mSv 的转换系数；

t—年实验时长，本次按年最大出束次数 30000 次考虑；

q—人员居留因子，本项目保守取为 1。

假设不考虑距离及屏蔽无衰减作用，50keV 负离子源装置对人员产生的年有效剂量为 $2\times 10^{-3}\mu\text{Sv}/\text{炮}\times 10^{-3}\times 30000\times 1=6.0\times 10^{-2}\text{mSv}/\text{a}$ ，远小于辐射工作人员 5mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。考虑到距离和屏蔽及实际出束频次，可知中性束实验室辐射影响可忽略不计。

3) 电磁辐射影响

“玄龙-50U”聚变装置主要使用欧姆加热为主要的等离子体加热方式，配合使用电子回旋加热、离子回旋加热和中性束加热，各加热系统相互叠加耦合提升等离子体电流，不会对等离子体装置辐射水平产生影响。

而对于“玄龙-50U”使用的电子回旋（28GHz、50GHz）和离子回旋（22-50MHz）均达不到和第一壁材料发生相互作用产生 X 射线和中子的能量条件。离子回旋波长较长，无法从观察窗口泄漏。电子回旋的泄露频率最大值为 $500\text{kW}\times 0.5$ （吸收系数） $\times 0.01\%$ （未占用窗口比例） $=25\text{W}$ ，在装置 2.5m 处的辐射量为 $25/(4\times 3.14\times 2.5^2)=0.3\text{W}/\text{m}^2$ ，小于公众暴露国标限值。实际放电过程中，所有工作人员不会进入装置大厅，且装置大厅墙面有混凝土等屏蔽，不会对工作人员造成微波辐射伤害。

4) 危险废物贮存场所环境影响分析

(1) 危险废物贮存场所环境影响分析

本项目危险废物依托公司现有 1 座 125m^3 的危废暂存间暂存，暂存间位置见附图 10。本项目危废种类主要为废机油（HW08-900-217-08）、废清洗剂及废清洗剂的包

装（HW49 900-047-49）。

本项目危险废物临时贮存时间一般为3个月，其后由危废处置单位定期运走，集中处置。危险废物的转运严格按照有关规定进行，实行联单制度。

本项目依托的危废暂存间基本情况详见表4-13。

表4-13 本项目依托的危废暂存间基本情况一览表

贮存场所名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	占地面积, m ²	贮存方式	贮存能力	贮存周期
危废暂存间	废油	HW08	900-217-08	50	密闭容器	3t	3个月
	废清洗剂	HW49	900-047-49				
	废包装物	HW49	900-047-49				

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），本项目依托的危废暂存间需满足以下要求：

危废暂存间根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设有必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。不同贮存分区之间采取过道、隔板或隔墙等隔离措施。

危废暂存间地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等采用材料坚固且表面无裂缝。

危废暂存间地面与裙脚采取了表面防渗措施，贮存的危险废物直接接触地面的，还进行了基础防渗，防渗层为1m厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s ），或2mm厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s ）。危废暂存间采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料覆盖了所有可能与危险废物接触的构筑物表面。

盛装危险废物的容器和包装物材质、内衬与盛装的危险废物相容。针对不同类别、形态、物理化学性质的危险废物，其容器和包装物满足相应的防渗、防漏、防腐和强度等要求。硬质容器和包装物及其支护结构堆叠码放时无明显变形，无破损泄漏。柔性容器和包装物堆叠码放时封口严密无破损泄漏。使用容器盛装液态、半固态危险废物时，容器内部留有适当的空间，可适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形。容器和包装物外表面均保持清洁。

危险废物存入危废暂存间前对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物

识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不存入。

公司定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好。在危废暂存间运行期间，按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存，并建立贮存设施环境管理制度、管理人员岗位职责制度、设施运行操作制度、人员岗位培训制度等。

建设单位依据国家有关规定定期开展隐患排查，发现隐患应及时采取措施消除隐患，并建立档案。建设单位应立贮存设施全部档案，包括设计、施工、验收、运行、监测和环境应急等，并按国家有关档案管理的法律法规进行整理和归档。

(2) 危险废物运输过程环境影响分析

建设项目危险废物全部委托有资质单位处置，厂外运输均由有资质单位负责，运输环节主要关注收集入库间的运输环节。

转运时，危险废物放入专门盛装危险废物的容器或防漏胶袋中，由带有防漏托盘的车辆转运至危废暂存间，转运过程中由于人为操作失误造成的容器倒翻、胶袋破损等情况时，泄漏的危险废物大部分会进入托盘中，极少情况下会出现托盘满溢泄漏情况。由于本项目危险废物产生点距离危废暂存间较近，因此企业在加强管理的情况下，厂内转运过程中出现散落、泄漏概率很小，不会产生二次污染。

(3) 危险废物委托处置环境影响分析

本项目产生的危险废物包括 HW08 和 HW49 两大类。建设单位定期将本项目的危废交由有资质单位进行安全处置。

综上所述，建设项目危险废物可以定期交由有资质单位处置，本项目危险废物委托处置可行。

3.事故影响分析

本项目“玄龙-50U”装置是一台大型射线装置，停机或断电则瞬时辐射场会立即消失。该装置在特殊运行工况下会发生等离子体破裂现象，逃逸电子与器壁材料反应可产生少量能量高于 10MeV 的 X 射线，并通过 (γ , n) 反应产生少量中子。经计算，中子引起的空气、冷却水或土壤等活化远低于豁免水平，不存在事故导致放

射性气体泄漏等环境危害。

该装置可能发生的事故工况，就是人员误入造成的人身伤害。如安全联锁机构失灵、工作人员违章作业滞留等。为保障人身安全，防止这类事故的发生，新奥科技发展有限公司已采取了较完善的多重辐射安全防护措施。包括门机联锁、20把总控联锁钥匙、门禁识别系统及同步统计出入人员信息功能、监控系统及值班人员巡视清场等措施。这些措施体现了新奥科技发展有限公司对实验安全的高度重视，可以认为上述辐射安全措施可靠，可确保实验的顺利和安全运行。

4.辐射安全许可证申请条件

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号发布，生态环境部令第20号修订，自2021年1月4日起施行）第十六条提出了使用放射性同位素（包括放射源）、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备的八个条件；2011年发布的《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，自2011年5月1日起施行）中对使用放射性同位素（包括放射源）和射线装置的单位也提出了相应的管理要求。

下面分别就原国家环境保护总局令第31号和原环境保护部令第18号的要求与新奥科技发展有限公司达到的条件进行对比，并给出是否符合要求的结论，见表4-14和4-15。

表 4-14 原国家环境保护总局令第 31 号及新奥科技发展有限公司达到条件对照表

法规要求	新奥科技发展有限公司现状	结论	
《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号发布，生态环境部令第20号修订）	（一）使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	成立了以刘敏胜（公司一号位）为组长的辐射安全管理小组，全面领导公司的辐射安全防护和质量保证工作。	符合要求
	（二）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。	28名职业工作人员均进行了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规培训，经考核合格后上岗。	符合要求
	（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目只涉及射线装置。	符合要求
	（四）放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	装置大厅人员出入的小铅门设有门机联锁，中央控制室高压联锁、急停开关、视频监控及对讲交流系统等，防护门上方安装有工作状态指	符合要求

		示灯，防护门上贴有电离辐射警告标志。中性束实验室门外设有电离辐射警告标志，控制室设有紧急停止按钮，中性束实验室设有视频监控等。	
	(五) 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。	每名职业工作人员都配有个人剂量计，其中装置大厅配有28个光子个人剂量计和28个中子个人剂量计，中性束实验室1和中性束实验室2共配有19个光子个人剂量计；配备1台便携式X/γ剂量率仪、1台便携式中子剂量率仪。配备20台个人剂量报警仪，中央控制室电视背景墙后设有1套固定式中子探测器，中央控制室电视背景墙后及玄龙-50U装置1米处各设有1套固定式环境γ监测仪。	符合要求
	(六) 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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	公司制定了《辐射仪表操作规程》、《辐射安全管理规定》、《辐射安全防护与安全保卫制度》、《辐射工作人员培训管理规定》、《辐射工作人员职业健康管理规定》、《辐射工作人员个人剂量监测管理规定》、《辐射工作场所监测管理规定》、《EXL-50U供配电系统日常维护保养指导书》、《EXL-50U中性束加热系统安全运行规程》等。	符合要求
	(七) 有完善的辐射事故应急措施。	制定了《辐射安全事故应急预案》	符合要求
	(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目运行时不产生放射性三废。	符合要求

表 4-15 原环境保护部令第 18 号要求及新奥科技发展有限公司达到条件对照表

法规要求		新奥科技发展有限公司现状	结论
《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)	第五条 生产、销售、使用、存贮放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。 射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	装置大厅在人员出入小铅门和设备出入大铅门处均设有电离辐射警示标志及中文警示说明，并安装有工作状态指示灯（带警告功能），并在玄龙-50U装置上也装有1套声光报警装置。大小铅门均设置了门机连锁，开启时装置无法运行。装置大厅内设有巡检按钮，可以防止人员滞留。总控台等位置处设有急停按钮；中性束实验室门口及离子源射线装置表面明显位置设置电离辐射警告标志，中性束实验室门口设声光	符合要求

		报警装置，控制室配有紧急停止按钮。	
	第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	每年委托有资质的单位对装置大厅及周围辐射环境水平进行监测，并出具监测报告；同时，使用便携式X/γ剂量率仪对本项目放射性工作场所进行自行监测，并建立了辐射环境自行监测记录档案。	符合要求
	第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的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上一年度的评估报告。	依规定对装置大厅的安全和防护状况进行年度评估，编写年度评估报告，于每年1月31日前报原发证机关。	符合要求
	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	职业工作人员均进行了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，经考核合格后上岗。	符合要求
	第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	对本项目职业工作人员进行个人剂量监测，并建立个人剂量监测档案，终生保存。	符合要求

从以上对比可知：新奥科技发展有限公司符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号发布，生态环境部令第20号修订，自2021年1月4日起施行）第十六条要求应当具备的八个条件，和《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，自2011年5月1日起施行）第五条、第九条、第十二条、第十七条、第二十三条要求应当具备的条件，具备使用II类射线装置“玄龙-50U”的技术能力。

5.竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，建设单位是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，编制验收报告；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。验收报告公示期满后5个工作日内，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，生态环境主管部门对上述信息予以公开。项目建成后，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月。项目竣工环保验收一览表见表 4-16。

表 4-16 项目竣工环保验收一览表

项目	验收内容	验收要求
辐射	工作人员受照剂量	职业工作人员满足 5mSv/a 的剂量约束值。公众人员满足 0.1mSv/a 的剂量约束值。
辐射监测设备	便携式监测设备	便携式 X/γ剂量率仪 1 台、便携式中子剂量率仪 1 台。
其他防护措施	辐射工作人员培训、辐射安全与管理制	按要求安排辐射工作人员参加培训；制定完善的工作场所管理及辐射安全与管理制
	度	度。
	辐射防护分区	辐射工作场所按要求进行辐射防护分区。
	装置大厅门机联锁系统	人员出入口按要求设有门机联锁系统。
	装置大厅出入口	按要求粘贴电离辐射警示标志。
中性束实验室		
	个人防护措施	“玄龙-50U”装置的 28 个辐射工作人员，每人 1 套光子个人剂量计和 1 套中子个人剂量计，各 28 套； 4 台中性束离子源装置的 19 个辐射工作人员，每人 1 套光子个人剂量计，共 19 套； 个人剂量率报警仪 20 台。

五、环境保护措施监督检查清单

要素 \ 内容	排放口（编号、名称）/ 污染源	污染物项目	环境保护措施	执行标准
大气环境	/	/	/	/
地表水环境	/	/	/	/
声环境	1#和 2#发电机组	噪声	飞轮抽真空，降低损耗和噪音，减振、隔声门窗、墙体隔声等	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准（昼间 60dB（A）、夜间 50 dB（A））
电磁辐射	“玄龙-50U”电子回旋加热系统	电磁辐射	微波产生、传输和发射链路完全封闭，各波导接口采用专用的金属密封和连接部件进行真空密封，可确保运行过程中基本无微波泄漏。	《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）表 1 公众曝露控制限值，本项目电子回旋加热系统的电场强度不得超过 27V/m。
	“玄龙-50U”离子回旋加热系统	电磁辐射	发射机腔体的腔板设计成双层的簧片结构，能有效屏蔽射频信号。射频波沿传输线内导传输，外导有 10cm 厚的铝管包裹，不会向外辐射，接口法兰处有铝箔缠绕，然后用导电铝箔胶带粘接，可避免射频波泄漏。	《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）表 1 公众曝露控制限值，本项目离子回旋加热系统不得超过 14.3V/m。
固体废物	装置运行期间，因发电机组或设备检修，可能会产生废油、废清洗剂（乙醇、异丙醇）和盛放废清洗剂的包装物等危险废物，属于 HW08 和 HW49 两大类，年产量约 0.35t，新奥科技发展有限公司建有符合要求的危险废物暂存间，产生的危废在收集后在危险废物暂存间暂存，定期由有资质单位处理。			
土壤及地下水污染防治措施	/			
生态保护措施	/			
环境风险防范措施	/			
其他环境管理要求	/			

六、结论和建议

1.项目概况

新奥科技发展有限公司拟将现有 1 台Ⅲ类射线装置“玄龙-50U”等离子体实验装置的等离子体电流由 500kA 提升为 1.5MA，升级为Ⅱ类射线装置，并计划新增 4 台Ⅲ类射线装置。其中，“玄龙-50U”等离子体实验装置本次仅涉及升级改造，主要是对装置配套的加热系统和诊断系统进行改造，主体工程、辅助工程、公用工程和环保工程均保持不变。新增 4 台Ⅲ类射线装置均为中性束离子源装置，包括 1 台 25keV 离子源装置、1 台 50keV 离子源装置、1 台和 80keV 离子源装置 1 台 50keV 射频频负离子源装置，主体工程、辅助工程、公用工程和环保工程亦保持不变。

本项目射线装置基本参数情况见表 6-1。

表 6-1 本项目射线装置清单

装置名称	数量	射线装置等级	使用场所	主要技术参数	备注
“玄龙-50U”等离子体实验装置	1	Ⅱ类	装置大厅	等离子体电流 1.5MA,脉冲时间 3s (平顶段 1s), 等离子体体积 7.67m ³ ,等离子体密度 8×10 ¹⁹ /m ³ ,等离子体温度 7keV。	改建
25keV 离子源装置	1	Ⅲ类	中性束实验室 1	束能量 25~35keV,引出电流 15~20A,束脉宽 1s	新增
50keV 离子源装置	1	Ⅲ类	中性束实验室 1	束能量 50keV,引出电流 40A,束脉宽 5s	新增
50keV 射频频负离子源装置	1	Ⅲ类	中性束实验室 1	束能量 50keV,引出电流 2A,束脉宽 3s	新增
80keV 离子源装置	1	Ⅲ类	中性束实验室 2	束能量 80keV,引出电流 45A,束脉宽 1s	新增

2.实践正当性

本项目建成以后可进一步推动对氢硼聚变反应点火条件的探索，装置的设计采取了安全、冗余的辐射安全与防护措施，以尽可能降低对工作人员和公众的辐射影响。本项目的建设运行对受照个人或社会所带来的效益足以弥补其可能引起的辐射危害。因此，综合考虑社会、经济等方面因素，本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

3.区域规划、产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 10 条 科技创新平台建设：“国家级工程（技术）研究中心、国家产业创新中心、国际农业高新技术产业示范、国

际农业科技园区、国家认定的企业技术中心、国家实验室、全国重点实验室、国家重大科技基础设施、科技企业孵化器、众创空间、绿色技术创新基地平台、新产品开发设计中心、科教基础设施、产业集群综合公共服务平台、中试基地、实验基地建设、国家技术创新中心建设”中所列项目，符合国家产业政策。

本项目不属于《廊坊市广阳区、永清县、固安县和涿州市新增产业的禁止和限制目录》（2024年6月3日，河北省人民政府）规定禁止/限制目录。综上所述，项目建设符合国家和地方产业政策。

此外，根据《关于发布河北省生态环境分区管控更新成果（2023版）的公告》（河北省生态环境厅，2024年12月18日发布），本项目评价场址位于廊坊经济技术开发区重点管控单元（编码ZH13107120088），与河北省重点管控单元中的廊坊经济技术开发区重点管控单元的管控要求相符合。

“玄龙-50U”装置及中性束离子源装置运行时，电离辐射、电磁辐射和声环境也处于较低水平，对周围环境影响较小，适宜开展所申请的射线装置升级改造项目。

4.辐射安全防护措施

1) 辐射工作场所分区：按照控制区和监督区对辐射工作场所进行划分，装置大厅小铅门处配备人脸识别门禁系统，非辐射工作人员不可进入。

2) 辐射安全联锁系统：辐射工作场所设计了安全、冗余的辐射安全联锁系统，包括门机联锁、总控联锁钥匙、急停按钮、巡查按钮、紧急开门按钮、声光报警器、工作状态指示灯、视频监控以及电离辐射警告标志和中文警示说明，可有效防止工作人员和公众受到意外照射。

3) 辐射屏蔽：根据我国法规标准要求确定各辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平，采用混凝土作为主屏蔽体，经计算各辐射工作场所屏蔽体外瞬时剂量率均低于其剂量率控制水平。

4) 工作场所辐射监测系统：本项目工作场所和周围环境设有1套固定式中子探测器、2套固定式 γ 辐射探测器、1台便携式X/ γ 辐射检测仪和1台便携式中子剂量率仪，对场所内剂量率水平进行实时监测和显示，确保工作人员和公众的安全。

5) 职业工作人员上岗前进行培训，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，持证上岗。

6) 本项目每季度委托有资质单位为职业工作人员进行 X/γ个人剂量监测，并定期委托有资质单位对本单位辐射人员进行职业病健康体检，间隔周期最长不超过 2 年。

5.环境影响分析

1) 受照剂量

本项目所致职业工作人员受照剂量最大为 $3.30 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，满足本项目职业工作人员 5mSv/a 的剂量约束值要求。所致公众受照剂量最大值为 $7.75 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足本项目公众人员 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

2) “三废”的环境影响

本项目主要用于研究等离子体的约束控制，限于装置的性能能力，“玄龙-50U”目前以及将来都无法实现聚变产生能量。装置运行过程中，因等离子体破裂可能会发生等离子体破裂现象并可能有极少量的中子产生，所引发的感生放射性经计算可忽略不计。

6.辐射环境管理

新奥科技发展有限公司根据《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》等相关法律法规要求，成立了辐射安全管理小组，负责指导、监督、检查辐射防护相关工作，制定了《辐射仪表操作规程》、《辐射安全管理规定》、《辐射安全防护与安全保卫制度》、《辐射工作人员培训管理规定》、《辐射工作人员职业健康管理规定》、《辐射工作人员个人剂量监测管理规定》、《辐射工作场所监测管理规定》、《EXL-50U供配电系统日常维护保养指导书》、《EXL-50U中性束加热系统安全运行规程》、《辐射安全事故应急预案》等规定，能够满足本项目安全管理要求。

7.总结论

综上，本项目的建设具有良好的社会效益和科研价值，在认真贯彻执行国家有关环境管理的法律、法规和国家标准，严格实施本项评价工作提出的环境污染控制措施和加强管理的前提下，不会对周围环境带来不可接受的环境影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中“实践的正当性”原则，从辐射安全和环境保护的角度上来评价是可行的。

8.建议

为更好的做好本项目的环保工作，提出以下建议及要求：

- 1) 本项目必须在环评审批通过、取得辐射安全许可、并经项目竣工验收合格后，才能正式使用；
- 2) 加强放射工作人员个人剂量监测管理工作，及时送检并统一管理维护放射工作人员个人剂量监测档案；
- 3) 项目运行过程中，严格按照操作规程，加强对辐射工作人员有关辐射防护方面的培训，避免意外事故造成对公众和工作人员的附加影响；
- 4) 建议装置大厅大小铅门加贴聚乙烯板，加强因等离子破裂现象伴随产生的中子防护；
- 5) 日常等离子体放电期间，建议增设专职巡查人员或安装监控系统，提醒装置大厅东侧中性束动力车间及南侧道路不得进入。

附表

建设项目污染物排放量汇总表

目 分类	项 污染物名称	现有工程 排放量 (固体废物产生 量) ①	现有 工程 许可 排放量②	在建工 程排放 量(固 体废物 产生 量) ③	本项 目排 放量 (固 体废 物产 生量) ④	以新带 老削 减量 (新 建项 目不 填) ⑤	本项 目建 成后 全厂 排放 量 (固 体废 物产 生量) ⑥	变 化 量⑦
废气								
废水								
一般工业固 体废物								
危险废物	废油 (HW08)	0.2t/a	/	/	/	/	0.2t/a	0
	废清洗剂 (HW49)	0.1t/a	/	/	/	/	0.1t/a	0
	废包装物 (HW49)	0.05t/a	/	/	/	/	0.05t/a	0

注：⑥=①+③+④-⑤；⑦=⑥-①

打印编号: 1758703111000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	twxh0p		
建设项目名称	新奥科技发展有限公司等离子体实验装置升级改造项目		
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	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	新奥科技发展有限公司		
统一社会信用代码	911310017913893732		
法定代表人（签章）	王玉锁		
主要负责人（签字）	刘敏胜		
直接负责的主管人员（签字）	崔晓东		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中核第四研究设计工程有限公司		
统一社会信用代码	911301001043361316		
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
杨笑宇	20201103513000000005	BH018183	杨笑宇
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
宋旺旺	表2、表3、表4、表5	BH018171	宋旺旺
杨笑宇	表1、表6	BH018183	杨笑宇

附图

附图 1: 项目地理位置图

附图 2: 项目周边关系图

附图 3: 厂区总平面布置图

附图 4: 负一层平面布置图

附图 5: 一层 50m 评价范围图

附图 6: 二层房间布置情况及与一层办公区的相对位置图

附图 7: 聚变中心大楼剖面图

附图 8: 人流及物流路径图

附图 9: 辐射防护分区图

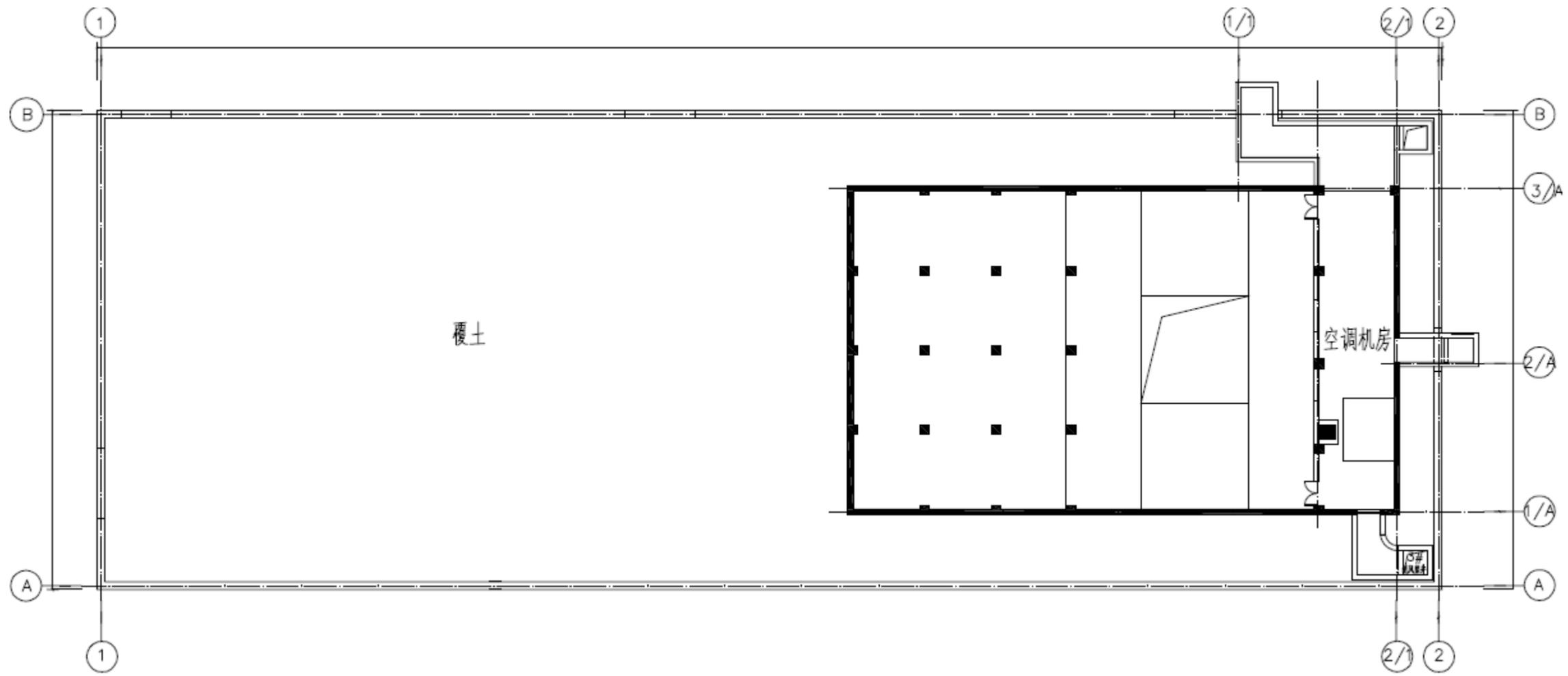
附图 10: 危废暂存间地理位置图



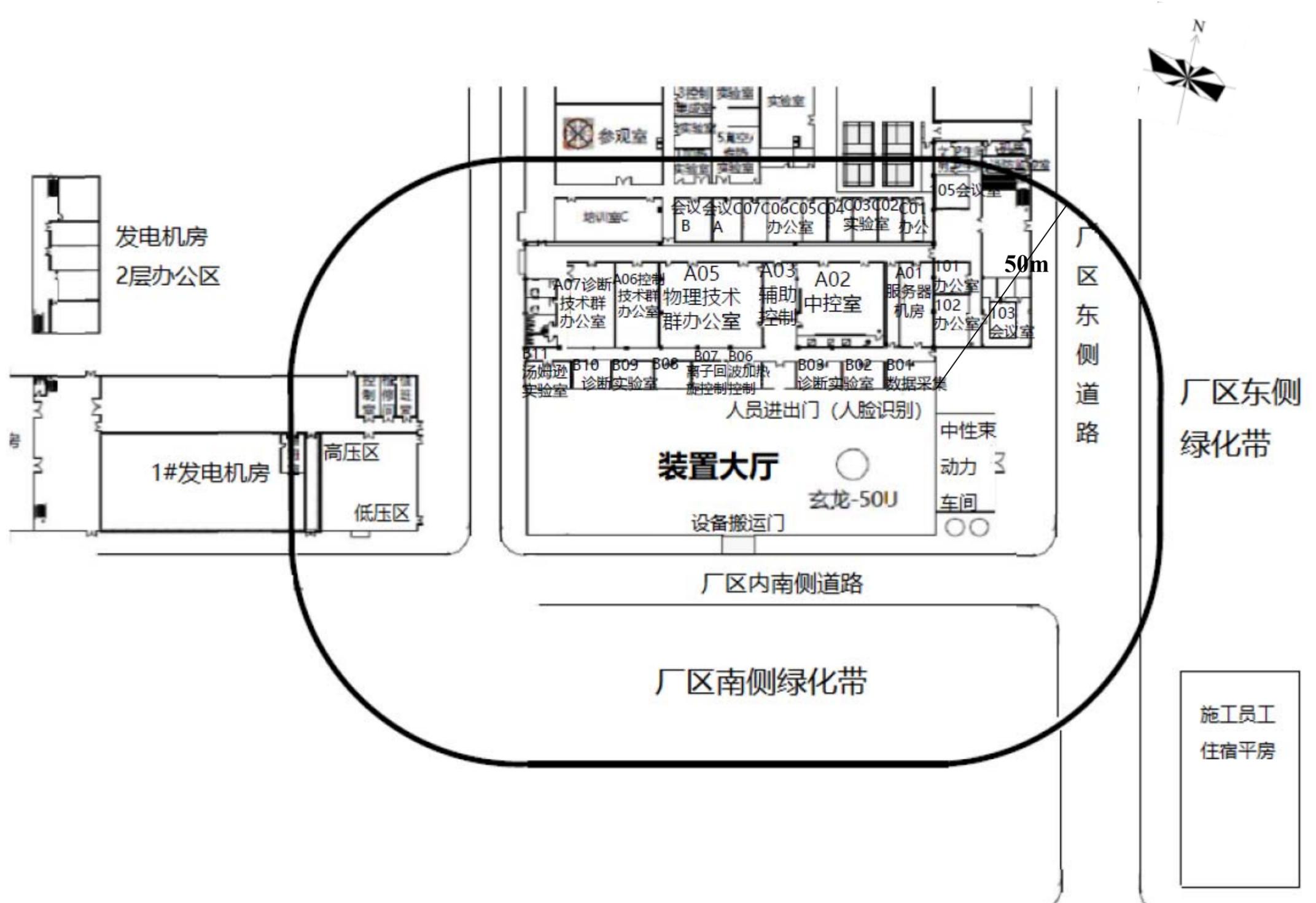
附图 1 项目地理位置图



附图 2 项目周边关系图



附图 4 装置大厅负一层平面布置图



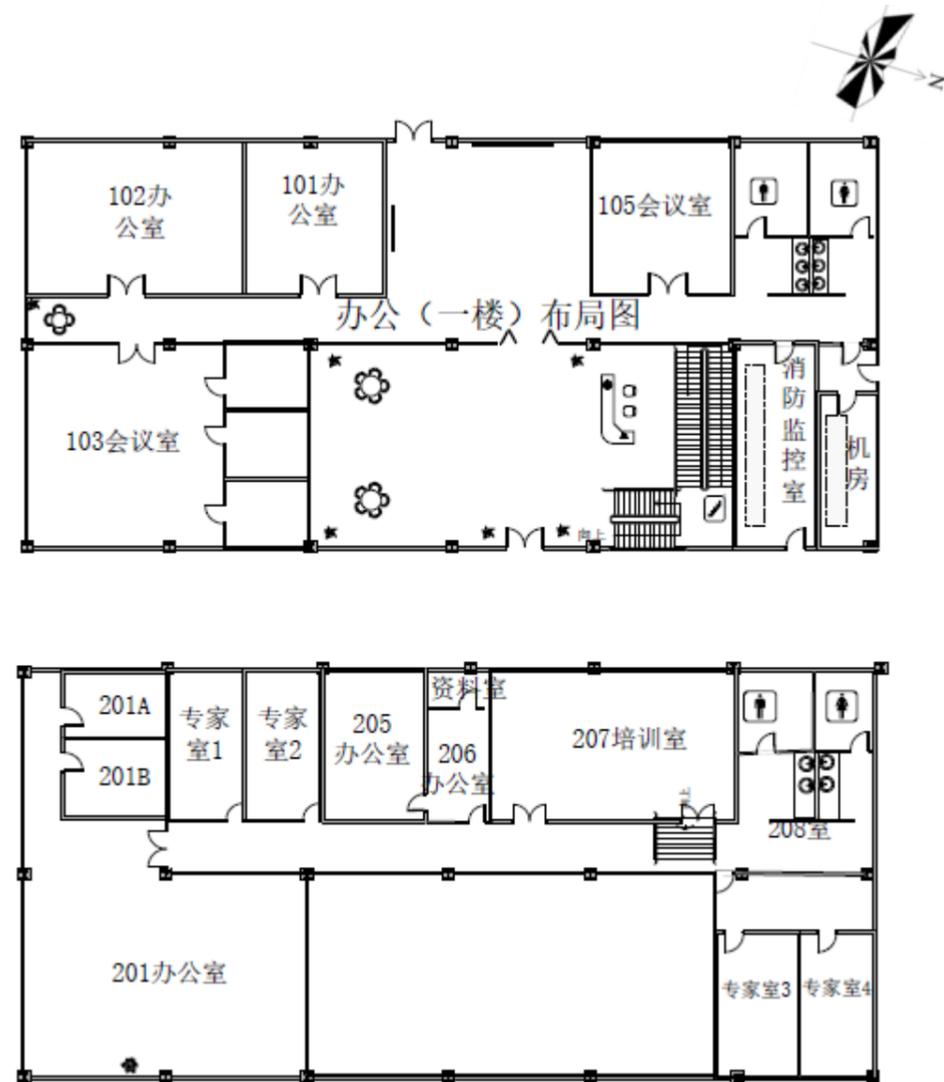
新源道

附图 5 一层 50m 评价范围图



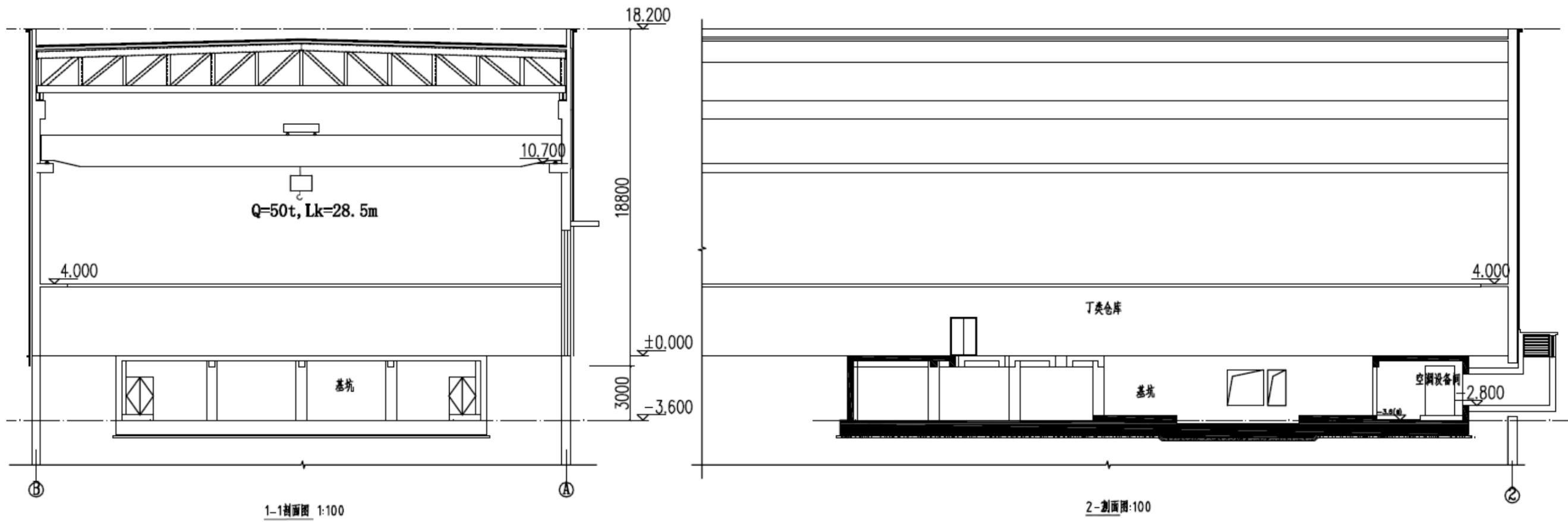
a)蓝色框选区，表示仅此区域上方有二层结构

东侧道路



b)二层房间布置及与一层的相对位置关系图

附图6 二层房间布置情况及与一层办公区的相对位置图



附图 7 装置大厅剖面图



附图 10 危废暂存间地理位置

附件

附件 1 河北省生态环境厅关于新奥科技发展有限公司等离子体实验项目辐射安全监管有关问题的复函

附件 2 新奥科技发展有限公司现有辐射安全许可证

附件 3 生态环境部《关于同意新奥科技发展有限公司“玄龙-50”聚变装置升级改造的复函》

附件 4 环境影响评价委托书

附件 5 环境检测报告—X/γ、噪声、低频电磁辐射

附件 6 环境检测报告—X/γ、中子

附件 7 环境检测报告—高频电磁辐射

附件 8 等离子体破裂源项

附件 9 辐射安全管理规定

附件 10 辐射防护与安全保卫制度

附件 11 辐射工作人员培训管理规定

附件 12 辐射工作人员职业健康管理规定

附件 13 辐射工作人员个人剂量监测管理规定

附件 14 辐射工作场所监测管理规定

附件 15 辐射仪表操作规程

附件 16 EXL-50U 供配电系统日常维护保养指导书

附件 17 EXL-50U 中性束加热系统安全运行规程

附件 18 辐射安全事故应急预案

附件 1 河北省生态环境厅关于新奥科技发展有限公司等离子体实验项目辐射安全监管有关问题的复函

河北省生态环境厅

冀环辐射函〔2020〕345号

关于新奥科技发展有限公司等离子体实验项目辐射安全监管有关问题的复函

廊坊市生态环境局：

收到你局《关于新奥科技发展有限公司等离子体实验项目调查情况的报告》后，我厅就该项目辐射安全监管有关问题请示了生态环境部辐射源安全监管司。根据生态环境部辐射源安全监管司的复函，经研究，答复如下：

一、新奥科技发展有限公司等离子体实验装置（玄龙-50）属于球形托卡马克实验装置，根据该实验装置的设计参数和运行模式，按照《射线装置分类》（环境保护部公告 2017 年第 66 号）规定的分类原则，该实验装置属于Ⅲ类射线装置，该项目应按规定填写环境影响登记表并履行备案手续。

二、按照原环境保护部办公厅《关于磁约束聚变实验装置辐射安全管理有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕1670号）要求，

该实验装置应纳入辐射安全监管，该公司应依法向生态环境部申请办理《辐射安全许可证》。

三、你局应按照辐射安全监管的法律法规，对新奥科技发展有限公司等离子体实验项目进行监管，并指导该公司依法办理有关手续。



附件 2 辐射安全许可证



辐射安全许可证

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

单位名称：新奥科技发展有限公司
地 址：廊坊开发区华祥路118号
法定代表人：王玉锁
种类和范围：使用Ⅲ类射线装置。

证书编号：国环辐证[00507]
有效期至：2025 年 12 月 31 日



发证机关：生态环境部
发证日期：2020 年 11 月 28 日

中华人民共和国环境保护部制

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

单位名称	新奥科技发展有限公司		
地 址	廊坊开发区华祥路118号		
法定代表人	王玉锁	电话	03162599386
证件类型	身份证	号码	131002196403113211
涉 源 部 门	名 称	地 址	负责人
	聚变技术群	河北省廊坊市广阳区华祥路106号	刘敏胜
种类和范围	使用Ⅲ类射线装置。		
许可证条件	参照Ⅲ类射线装置管理		
证书编号	国环辐证[00507]		
有效期至	2025 年 12 月 31 日		
发证日期	2020 年 11 月 28 日 (发证机关章)		

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号:国环辐证[00507]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源	去向	审核人	审核日期
1	玄龙-50	50型	Ⅲ类	其他不能被豁免的X射线装置: 研发试验	装置大厅: 东侧	来源	新奥科技发展有限公司	刘敬胜	
						去向			
	以下空白					来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			

附件3 生态环境部《关于同意新奥科技发展有限公司“玄龙-50”聚变装置升级改造的复函》

中华人民共和国生态环境部司函

辐射函〔2024〕19号

关于同意新奥科技发展有限公司 “玄龙—50”聚变装置升级改造的复函

新奥科技发展有限公司：

你单位《关于新奥“玄龙—50”聚变装置升级情况的报告》（新奥科技字〔2024〕6号）收悉。经研究，函复如下。

你单位已取得“玄龙—50”聚变装置辐射安全许可，由于研发需要，拟对原装置进行升级改造，主要涉及主机系统的真空室、磁场线圈等部件。经审查，你单位本次升级改造项目辐射安全和防护措施可行，对环境和辐射工作人员的辐射影响可以接受，未超出已许可的活动种类和范围，我部同意你单位按照报告材料内容开展升级改造。

你单位在项目实施及运行过程中，应严格落实相关制度和措施要求，做好辐射防护、辐射监测等工作，确保辐射安全。

特此函复。



生态环境部辐射源安全监管司
2024年7月15日

（此件依申请公开）

附件 4 环境影响评价委托书

环境影响评价委托书

中核第四研究设计工程有限公司：

按照《中华人民共和国环境影响评价法》及有关法规要求，特委托贵单位承担我公司新奥科技发展有限公司等离子体实验装置升级改造项目环境影响评价文件的编制工作，请尽快开展工作。

新奥科技发展有限公司

2025年6月5日



附件 5 环境检测报告-X/γ、噪声、低频电磁辐射



240312341856
有效期至2030年04月18日止

河北冀辐源环保科技有限公司

检验检测报告

冀辐源环检(2025)第117号



项目名称: 新奥科技发展有限公司聚变装置辐射项目现状检测

委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

报告日期: 2025年9月2日

(加盖检验检测专用章)



CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

说 明

- 1、报告无本公司检验检测专用章、骑缝章及  章无效。
- 2、报告涂改无效。
- 3、检验检测委托方如对检验检测报告有异议，须在收到检验检测报告之日起 30 日内向本公司提出，逾期不予受理。
- 4、自送样品的委托检验检测，其检验检测结果仅对来样负责。对不可复现的检验检测项目，检验检测结果仅对采样（或检验检测）所代表的时间和空间负责。
- 5、本报告未经同意不得用于广告宣传。

检测单位：河北冀辐源环保科技有限公司

地 址：石家庄高新区东城国际 3 号楼二单元 512 室

邮 编：050035

电 话：18631172702 17330097661

E - mail : JFY2018@126.com

河北冀辐源环保科技有限公司

冀辐源环检(2025)第117号

第1页共9页

检验检测报告

检测内容	X/γ辐射剂量率, 射频电场强度、射频功率密度, 噪声			
检测地点	新奥科技发展有限公司, 检测布点示意图见报告第6-9页。			
项目描述	2025年7月3日对新奥科技发展有限公司聚变装置辐射项目进行现状检测。			
检测日期	2025年7月3日	环境条件	昼间: 阴、无雨, 温度27℃, 相对湿度70%, <1m/s 夜间: 阴、无雨, 温度25℃, 相对湿度66%, 风速<1m/s	
检测人员	任育萌、王志成			
检测仪器	名称	型号	编号	主要技术指标
	剂量率仪	FH40G+FH Z672E-10	JFYYQ-03	能量范围: 30 keV-4.4 MeV; 测量范围或量程: 1nSv/h-100μSv/h 校准日期2024年12月14日 有效期至2025年12月13日
	三维射频电场探头&综合场强仪	KH5931+KH-T2	JFYYQ-07	频率范围: 100kHz-6GHz 电场: 0.1V/m-400V/m 功率密度: 3nW/cm ² -42mW/cm ² 校准日期2024年12月25日 有效期至2025年12月24日
	多功能声级计	AWA5688	JFYYQ-01	线性测量范围: 28dBA-133dB(A) 校准日期2024年12月18日 有效期至2025年12月17日
	轻便三杯风向风速表	DEM6	JFYYQ-05	测量范围: 风速: 1-30m/s 检定日期2024年12月13日 有效期至2025年12月12日
	声校准器	AWA6221B	JFYYQ-09	声压级: 94dB 检定日期2024年12月18日 有效期至2025年12月17日

检验检测报告

	温湿度表	WS-1	JFYYQ-10	温度: -20℃- +50℃ 相对湿度: (0-100%) RH 检定日期 2024 年 12 月 16 日 有效期至 2025 年 12 月 15 日
检测方法依据	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021 《辐射环境保护管理导则—电磁辐射监测仪器和方法》HJ/T 10.2-1996 《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》HJ972-2018 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)			
检测结果: 检测结果见报告第3-5页。				

检验检测报告

表1 X/γ辐射剂量率检测结果

序号	检测点位	X/γ辐射剂量率 (nGy/h)		开机检测相应 炮号
		关机	开机	
1	小铅门 0.3m	34.3	3.46×10 ³	11949
2	大铅门 0.3m	48.7	6.39×10 ³	11952
3	北墙外 0.3m (B02 诊断实验室)	36.8	3.65×10 ³	11950
4	西墙外 0.3m	50.7	148.8	11957
5	东墙外 0.3m	55.9	3.98×10 ³	11954
6	南墙外 0.3m	48.2	904.9	11951
7	北墙外 0.3m (B01 数据采集室)	35.9	3.47×10 ³	11960
8	北墙外 0.3m (B07 离子回旋控制室)	52.3	831.2	11959
9	102 办公室	40.7	1.16×10 ³	11955
10	楼上 201	38.3	3.56×10 ³	11956
11	中央控制室	37.4	133.1	11958
12	中性束实验室中心环境本底	49.5	/	/

备注：已扣除宇宙射线响应值。

检验检测报告

表2 电磁辐射检测结果

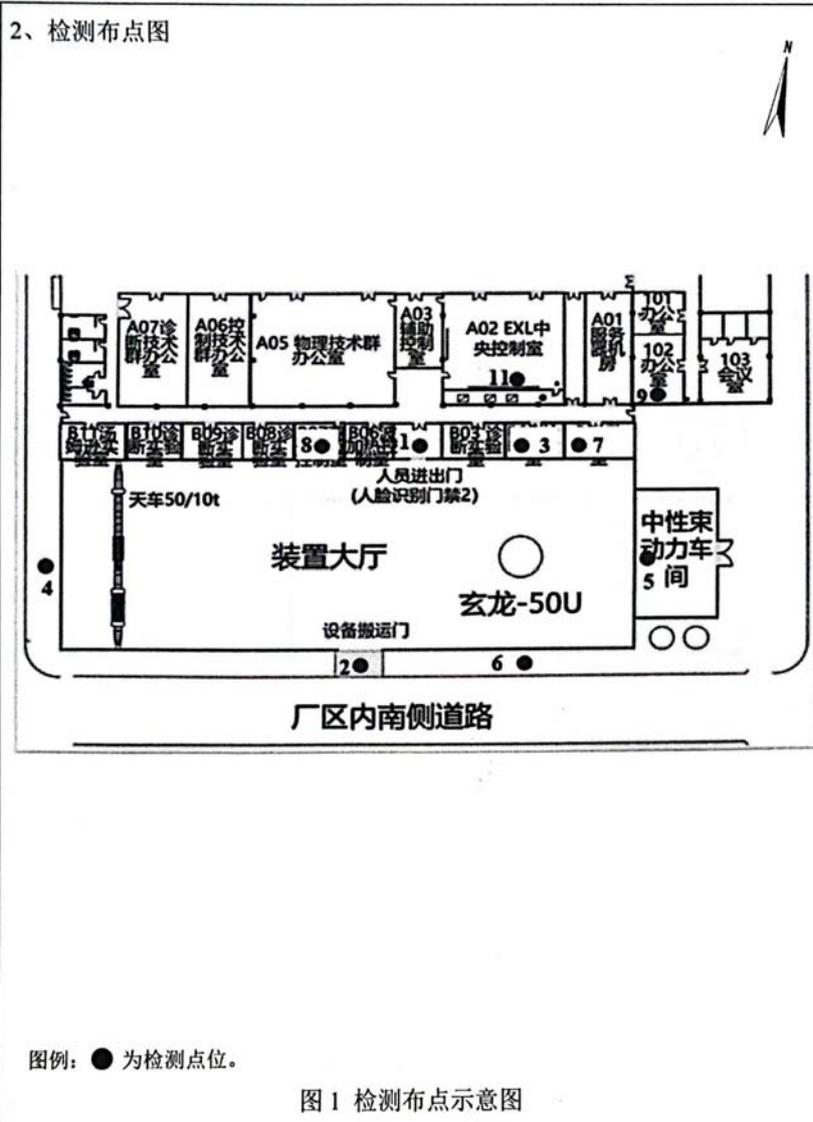
序号	检测点位简述	电场强度 (本底) (V/m)	电场强度 (被测设备运行) (V/m)	开机检测相应 炮号
1	小铅门 1m	0.38	0.39	11949
2	大铅门 1m	0.27	0.26	11952
3	北墙外 1m (B02 诊断实验室)	0.17	0.18	11950
4	西墙外 1m	0.38	0.38	11957
5	东墙外 1m	0.25	0.25	11954
6	南墙外 1m	0.13	0.14	11951

检验检测报告

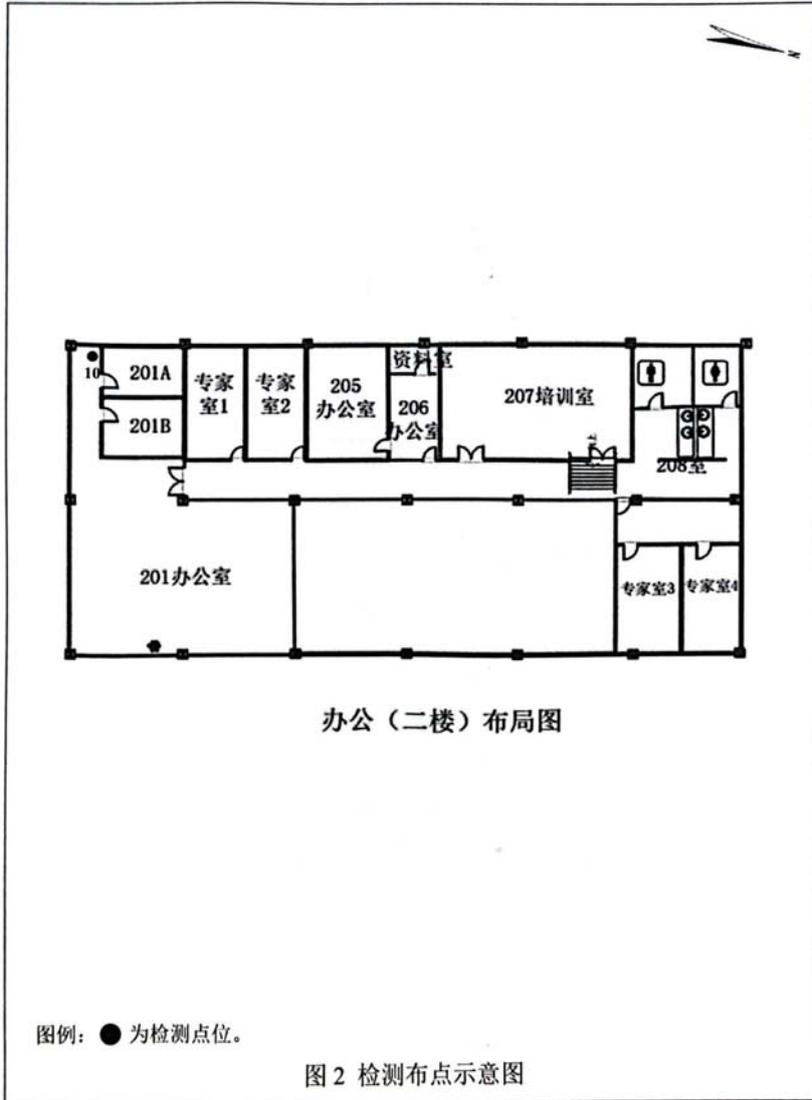
表3 噪声现状值检测结果

序号	监测点位描述	现状值 dB(A)	
		昼间	夜间
1	东厂界外 1m	50	42
2	南厂界外 1m	49	41
3	西厂界外 1m	48	41
4	北厂界外 1m	53	43

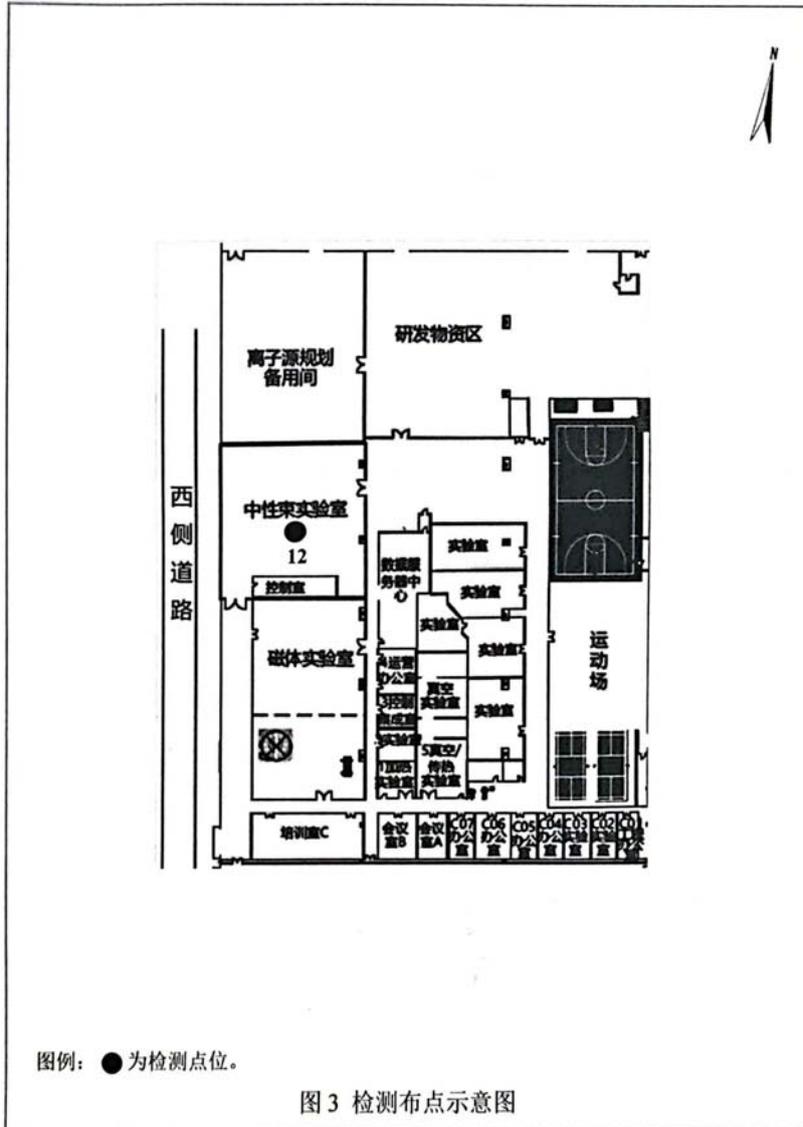
检验检测报告



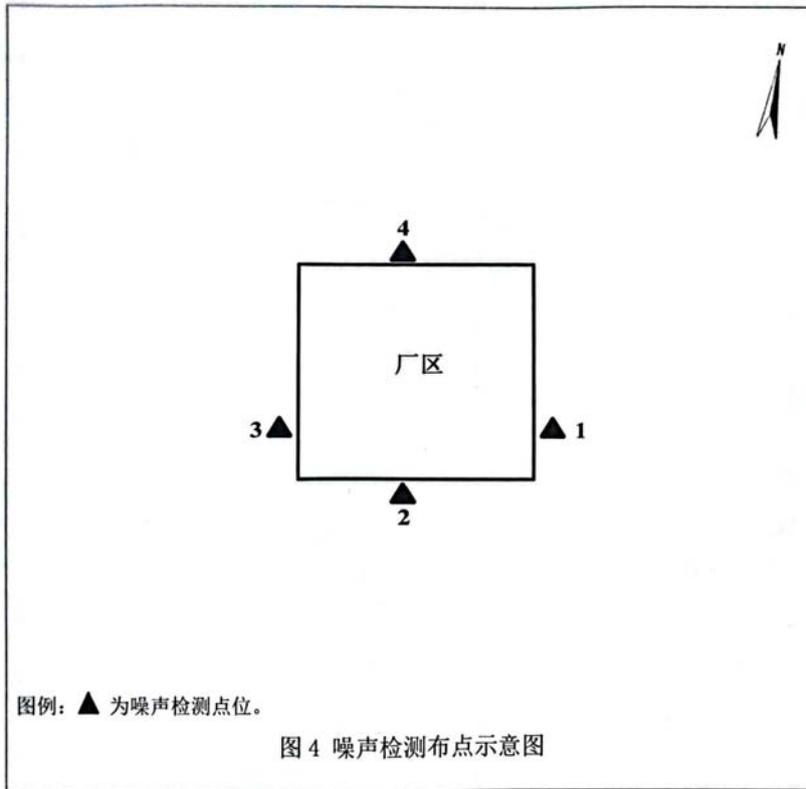
检验检测报告



检验检测报告



检验检测报告



以下无文本

报告编制: 邵苗苗

2025年9月2日

审核: 周景源

2025年9月2日

签发: 王玉芳

2025年9月2日

(加盖检验检测专用章)



检验检测机构 资质认定证书

证书编号：240312341856

名称：河北冀辐源环保科技有限公司

地址：石家庄高新区东城国际3号楼二单元512室

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由河北冀辐源环保科技有限公司承担。

许可使用标志



240312341856

发证日期：2024年04月19日

有效期至：2030年04月18日

发证机关：河北省市场监督管理局



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

二、批准河北冀辐源环保科技有限公司非食品检验检测的能力范围

证书编号: 240312341856

地址: 石家庄高新区东城国际3号楼二单元512室

第1页共 1页

序号	类别(产 品/项目 /参数)	产品/项目/参数		依据的标准(方法)名称 及编号(含年号)细则	限制范围	说明
		序号	名称			
环境与环保						
1	噪声	1.1	环境噪声	《声环境质量标准》 GB 3096-2008		
		1.2	工业企业厂界环境 噪声	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 GB 12348-2008	不能通过墙体 传播固定设备室 内噪声	
2	辐射	2.1	工频电场强度	《交流输电工程电磁环境监测方法(试行) 》 HJ 681-2013		
				《高压交流架空送电线路、变电站工频电 场和磁场测量方法》 DL/T988-2005		
		2.2	工频磁感应强度	《交流输电工程电磁环境监测方法(试行) 》 HJ 681-2013		
				《高压交流架空送电线路、变电站工频电 场和磁场测量方法》 DL/T988-2005		
		2.3	射频电场强度	《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》 HJ972-2018		
				《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪 器和方法》 HJ/T 10.2-1996		
2.4	射频功率密度	《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》 HJ972-2018				
		《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪 器和方法》 HJ/T 10.2-1996				
2.5	X/γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 HJ -1157-2021				
2.6	α、β表面污染	《表面污染测定 第1部分: β发射体 (E _{βmax} >0.15MeV)和α发射体》 GB/T 13056.1-2008				

仅限新奥科技集团
辐射项目现状检测



国防科技工业 1313 二级计量站

检定证书

VERIFICATION CERTIFICATE

证书编号: GFJGJL2006241465853
Certificate No.

送检单位: 河北冀辐源环保科技有限公司

Applicant

地址: 石家庄高新区东城国际 3 号楼二单元 512 室

Address

仪器名称: 剂量率仪

Instrument name

型号: FH 40G+FHZ 672 E-10

Type

编号: 031805+11300

No.

制造商: THERMO

Manufacturer

检定结论: 合格

Verification conclusion

检定员: (签字) 孙浩

Operator

发证日期: 2024 年 12 月 14 日

Issued date

Year Month Day

核验员: (签字) 孙浩

Inspector

有效日期: 2025 年 12 月 13 日

Valid date to

Year Month Day

主管: (签字) 周志

Signature of leader

发证单位

Issued by (st)



地址(Add): 河北省石家庄市学府路 11 号

电话(Tel): 0311-85869103 传真(Fax): 0311-85869103

邮编(Post Code): 050002

电子信箱(E-mail): HGY-JILIANGZHAN@163.COM





广电计量检测集团股份有限公司
GRG METROLOGY & TEST GROUP CO.,LTD.



中国合格评定
国家认可
CALIBRATION
CNAS L0448

校准证书

CALIBRATION CERTIFICATE

证书编号:
Certificate No.



J202412163312-0002

第 1 页 共 5 页
Page of

委托方
Client

河北冀辐源环保科技有限公司

联络信息

Contact Inf.

石家庄高新区东城国际3号楼二单元512室

仪器名称
Description

三维射频电场探头/综合场强仪

型号/规格
Model/Type

KH-T2/KH5931

制造厂

科环世纪

Manufacturer

出厂编号
Serial No.

16002100/165931100

管理号

JFYQ-07

Asset No.

接收日期
Receipt Date

2024年12月20日

校准日期

2024年12月25日

Y M D

Cal. Date

Y M D

发布日期
Issued Date

2024年12月25日

Y M D

批准
Approved by

李文兴

李文兴

审核
Inspected by

张勇

张勇

校准
Calibrated by

邓永斌

邓永斌



总部地址(Headquarters Add.): 广东省广州市番禺区创运路8号
No.8 Chuangyun Rd,Panyu District,Guangzhou,Guangdong,China

实验室地址(Add.of the Lab): 广东省广州市番禺区创运路8号
No.8 Chuangyun Rd,Panyu District,Guangzhou,Guangdong,China

联系电话(Tel.):400-602-0999

邮政编码(Postcode):511450

网站(Website):http:// www.grgtest.com

电子邮件(E-mail):grgtest@grgtest.com



扫一扫验真伪

校验码: 464373



河北省计量监督检测研究院



检定证书

证书编号: HJSS24-03726

送检单位 河北冀辐源环保科技有限公司

计量器具名称 多功能声级计

型号/规格 AWA5688

出厂编号 00313217

制造单位 杭州爱华仪器有限公司

检定依据 JJG 188-2017 声级计

检定结论 2级合格



批准人 刘佩侨 刘佩侨

核验员 刘佩侨 刘佩侨

检定员 宫宏智 宫宏智

检定日期 2024年12月18日

有效期至 2025年12月17日



地址 (Add): 石家庄市鹿泉区上庄大街河北省计量院/石家庄市桥西区友谊南大街175号
 电话/传真 (Tel/Fax): 0311-83895464/65 (市场开发部) 邮编 (Post Code): 050000
 0311-83895467/83895472/88606666 (客户服务中心) E-mail: hbjl_ywb@163.com



河北省计量监督检测研究院



检定证书

证书编号: LLGF24-00347

送检单位 河北冀辐源环保科技有限公司

计量器具名称 三杯风向风速表

型号/规格 DEM6

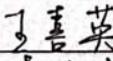
出厂编号 163673

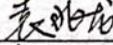
制造单位 中环天仪(天津)气象仪器有限公司

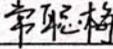
检定依据 JJG 431-2014 轻便三杯风向风速表

检定结论 合格



批准人 王喜英 

核验员 袁兆龙 

检定员 常聪梅 

检定日期 2024年12月13日

有效期至 2025年12月12日



地址 (Add): 石家庄市鹿泉区上庄大街河北省计量院/石家庄市桥西区友谊南大街 175 号
 电话/传真 (Tel/Fax): 0311-83895464/65 (市场开发部) 邮编 (Post Code): 050000
 0311-83895467/83895472/88606666 (客户服务中心) E-mail: hbjl_ywb@163.com



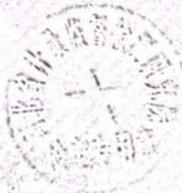
河北省计量监督检测研究院



检定证书

证书编号: HJSS24-03725

送检单位	<u>河北冀辐源环保科技有限公司</u>
计量器具名称	<u>声校准器</u>
型号/规格	<u>AWA6221B</u>
出厂编号	<u>2009688</u>
制造单位	<u>杭州爱华仪器有限公司</u>
检定依据	<u>JJG 176-2022 声校准器</u>
检定结论	<u>2级合格</u>



批准人 刘佩侨 刘佩侨

核验员 刘佩侨 刘佩侨

检定员 宫宏智 宫宏智

检定日期 2024年12月18日

有效期至 2025年12月17日



地址 (Add): 石家庄市鹿泉区上庄大街河北省计量院/石家庄市桥西区友谊南大街175号
 电话/传真 (Tel/Fax): 0311-83895464/65 (市场开发部) 邮编 (Post Code): 050000
 0311-83895467/83895472/88606686 (客户服务中心) E-mail: hbjl_ywb@163.com

第 1 页 共 3 页



检定证书

证书编号: RGFS24-04300

送检单位 河北冀辐源环保科技有限公司
计量器具名称 温湿度表
型号/规格 WS-1
出厂编号 27504
制造单位 天津风洋
检定依据 JJG 205-2005 机械式温湿度计
检定结论 合格



批准人 邢寒雪
核验员 王艳丽
检定员 胡腾飞

检定日期 2024年12月16日

有效期至 2025年12月15日



地址 (Add): 石家庄市鹿泉区上庄大街河北省计量院/石家庄市桥西区友谊南大街 175 号
电话/传真 (Tel/Fax): 0311-83895464/65 (市场开发部) 邮编 (Post Code): 050000
0311-83895467/83895472/88606666 (客户服务中心) E-mail: hbjl_ywb@163.com

附件 6 环境检测报告-X/γ、中子

SANYON



200303343173
有效期至2026年12月22日止

检测报告

报告编号: SY2025HJ019

检测项目: 辐射环境检测

委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

项目地址: 廊坊市经济技术开发区华祥路 106 号



检测单位: 河北三永检验检测技术有限公司



报告日期: 2025 年 8 月 10 日



报告说明

- 1、本报告无检验检测机构“检测报告专用章”和“骑缝章”无效；
- 2、复制本报告未重新加盖“检测报告专用章”无效；
- 3、本报告无报告签发人（授权签字人）签名无效；
- 4、本报告涂改无效；
- 5、对本检验报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向检验单位提出，逾期不予受理；
- 6、本报告仅对本次所检项目负责；
- 7、本报告解释权归检验检测单位；

通讯地址：河北省秦皇岛市海港区西港北路 85 号港城创业基地 1 栋二区一单元 406 室
电话：0335-5905266
邮编：056000
电子邮箱：sanyon@yeah.net

检 测 报 告

报告编号: SY2025HJ019

第 1 页 共 4 页

检测内容	周围剂量当量率	检测日期	2025.7.31
样品数量	1	采样点数	25

检测所依据的技术文件名称及代号:

《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021; 《辐射环境监测技术规范》HJ61-2021。

本次检测所使用的仪器:

1	名 称	X、γ射线测量仪	型 号	AT1121	编 号	YQ14
	技术参数	能量响应: 15keV~10MeV; 剂量率范围: 50nSv/h~10Sv/h				
	溯 源	上海市计量测试技术研究院 (检定)		有效期至	2026.2.9	
	证书编号	2025H21-20-5740039001				
2	名 称	便携式中子剂量率仪	型 号	JC-XYZ-500	编 号	YQ30
	技术参数	能量响应: 热中子~114MeV; 剂量率范围: 0.01μSv/h~200mSv/h				
	溯 源	中国计量科学研究院 (检定)		有效期至	2025.8.14	
	证书编号	DLjs2024-03230				

技术指标:

1、检测点为屏蔽体外表面 30 cm 处, 包括四周墙体 (高度距地面 1m)、各防护门。
2、宇宙射线响应值 $X_c = 33 \text{ nGy/h}$, 数据取自“冀三永检字第 24HJ059 号”检测报告, 报告有效期至 2025 年 12 月 6 日, 本次检测结果的宇宙射线响应按该数值经屏蔽修正因子修正后扣除。

检测的环境条件: 天气: 阴 温度: 29 °C 湿度: 60%

质量保证:

1、技术人员持证上岗; 2、采用标准方法检测; 3、剂量仪器处于检定有效期内;
4、所检设备处于正常工况状态; 5、检测报告执行三级审核制度。

检测结论: 本次共对一间放射机房进行辐射检测, 检测结果见附表。

备注说明: 1、本底值已扣除宇宙射线响应; 2、换算系数为 1.20Sv/Gy。

检测人: 张宇 校核人: 李洋
 审核人: 杨艳玲 签发人: 李刚
 签发日期: 2025 年 8 月 10 日



委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

SANYON

检 测 报 告

报告编号: SY2025HJ019

第 2 页 共 4 页

附表: 检测结果及点位布置图

样品名称	装置大厅	样品位置	新奥科技园北院			
辐 射 源	名称: 玄龙-50U 聚变装置; 类别: III类射线装置;					
点号	采样位置	工作状态 (炮号)	检测结果 (μSv/h)			
			关机		开机	
			X/γ	中子	X/γ	中子
1	小铅门 0.3m	12643	0.06	0	0.28	1.26
1	小铅门 0.3m	12644	0.07	0	388.47	277.89
1	小铅门 0.3m	12640	0.05	0	0.06	0
1	小铅门 0.3m	12641	0.05	0	0.06	0
2	大铅门 0.3m	12652	0.05	0	654.87	229.39
2	大铅门 0.3m	12656	0.05	0	127.62	2.58
2	大铅门 0.3m	12657	0.06	0	0.06	0
2	大铅门 0.3m	12663	0.04	0	0.05	0
3	北墙外 0.3m (B02 诊断实验室)	12646	0.07	0	92.10	7.93
3	北墙外 0.3m (B02 诊断实验室)	12647	0.06	0	88.77	7.56
3	北墙外 0.3m (B02 诊断实验室)	12648	0.06	0	205.32	5.81
3	北墙外 0.3m (B02 诊断实验室)	12660	0.06	0	307.44	7.74
4	西墙外 0.3m	12653	0.04	0	0.06	0
4	西墙外 0.3m	12658	0.05	0	0.38	0
4	西墙外 0.3m	12659	0.06	0	14.40	2.03
4	西墙外 0.3m	12664	0.04	0	0.10	0
5	东墙外 0.3m	12649	0.06	0	998.97	28.12
5	东墙外 0.3m	12650	0.06	0	532.77	15.31

委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

SANYON

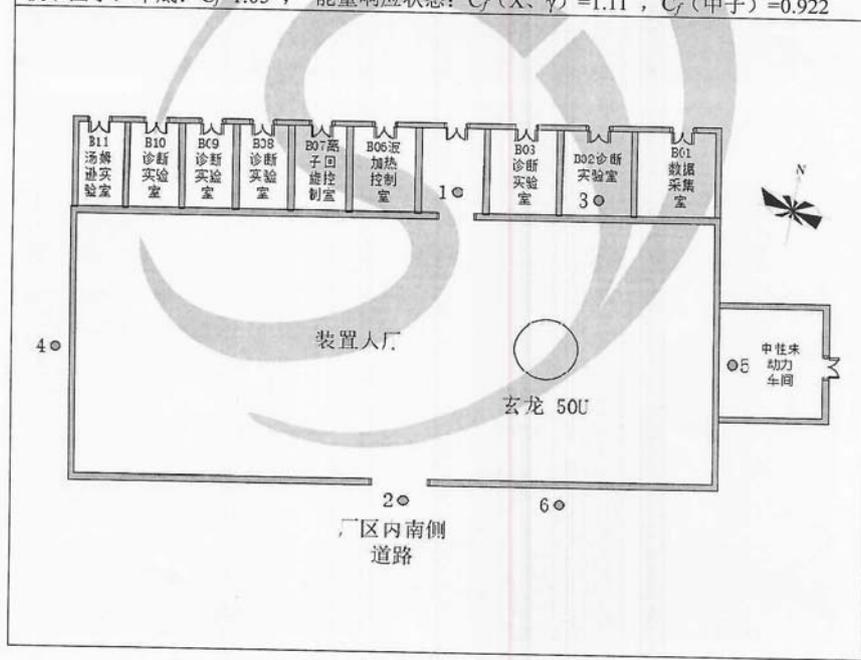
检测 报 告

报告编号: SY2025HJ019

第 3 页 共 4 页

5	东墙外 0.3m	12654	0.05	0	168.69	37.25
5	东墙外 0.3m	12661	0.05	0	115.41	19.92
6	南墙外 0.3m	12642	0.06	0	0.06	0
6	南墙外 0.3m	12651	0.05	0	3307.77	60.94
6	南墙外 0.3m	12655	0.05	0	10.29	0.00
6	南墙外 0.3m	12662	0.06	0	654.87	8.67
7	控制室	12645	0.06	0	521.67	5.62

备注: 检测结果未扣除本底值, 本底范围: 0.041-0.063 μ Sv/h;
 宇宙射线响应扣除公式: 检测值- (宇宙射线响应值 \times 屏蔽修正因子), 室外检测点位屏蔽修正因子为 1, 室内检测点位屏蔽修正因子为 0.8;
 校准因子: 本底: $C_f=1.05$, 能量响应状态: $C_f(X, \gamma)=1.11$, $C_f(\text{中子})=0.922$



委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

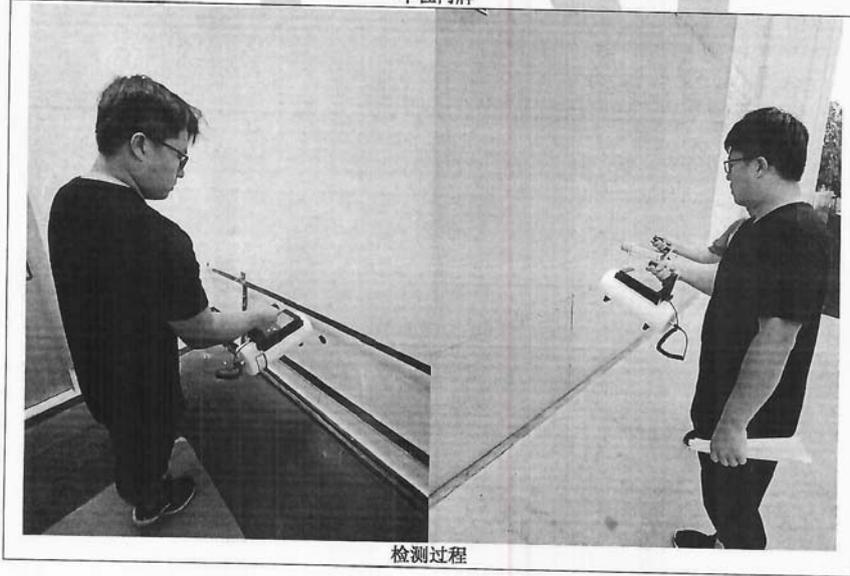


检测报告

报告编号: SY2025HJ019

第4页 共4页

现场照片:



以下无正文。

委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司

SANYON

附件 7 环境检测报告-高频电磁辐射

报告编号(NO. of Report): DZY-253159-Z-(058) EDC



检测报告 TESTING REPORT

工程名称: 聚变装置辐射项目电磁环境监测
Name of Engineering _____

委托单位: 中核第四研究设计工程有限公司
Client _____

检测类别: 委托检测
Testing Category _____



中国电子工程设计院股份有限公司

China Electronics Engineering Design Institute Co., LTD



注 意 事 项

NOTICE

1.报告无“检验检测专用章”无效；

Test report is invalid without the "special stamp for inspection and detection" on it.

2.复制报告未重新加盖“检验检测专用章”无效；

Duplication of test report is invalid without the "special stamp for inspection and detection" re-stamped on it.

3.报告无主检、审核、批准签字无效；

Test report is invalid without the signatures of the persons for chief test, verification and approval. The test report for arbitration should be added the signature of the person for verification on it.

4.报告涂改无效；

Test report is invalid if altered.

5.对检测报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向检测单位提出；

Different opinions about test report should be reported to the test department within 15 days from the date of receiving the test report.

6.监督抽检样品的检测只对所抽检批次的样品负责；委托样品的检测报告仅对来样负责。

The inspection of the sampling sample is only responsible for the sample of the sampling; The inspection of the commissioned samples is only responsible for the sample.

地址：北京市海淀区西四环北路 160 号
电话 (Tel): 010-88194101 88194105
传真 (Fax): 010-88194101
邮编: 100142
E-mail: jiancezhongxin@ceedi.cn
Internet: www.ceetc.cn



中国电子工程设计院股份有限公司检测报告
Testing Report Of China Electronics Engineering Design Institute Co., LTD

报告编号 (No. of Report) : DZY-253159-Z-(058) EDC 共 4页 第 1页(Page1 of 4)

工程名称 (Name of engineering)		聚变装置辐射项目电磁环境监测	
委托单位 (Client)		中核第四研究设计工程有限公司	
工程地点 (Place of engineering)		河北省廊坊市经济技术开发区华祥路 106 号新奥科技园北院	
检测日期 (Testing date)		2025 年 7 月 31 日	报告日期 (Date of Report) 2025 年 8 月 11 日
检测 (Test)	项目 (Item)	电场强度	
	仪器 (Instruments)	NBM-550 电磁辐射分析仪/EF-6092 (ESETC-A-DC009)	
	依据 (According to)	《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T 10.2-1996)	
检测结论 (Conclusion)			
<p>新奥科技发展有限公司聚变装置辐射项目各点位电场强度现状检测值均<0.7V/m (检出限)。</p> <p>(本页以下无正文)</p>			
备注:			
批准 (Approval)	审核 (Verification)	主检 (Chief tester)	联系电话 (Tel)
李洪鹏	郑国锋	张超	010-68207559
			
日期: 2025 年 8 月 11 日			

1
2
3
4

中国电子工程设计院股份有限公司检测报告
Testing Report Of China Electronics Engineering Design Institute Co., LTD

报告编号 (No. of Report): DZY-253159-Z-(058) EDC 共 4页 第 2页(Page2 of 4)

一、工程概况

新奥科技发展有限公司聚变装置辐射项目位于河北省廊坊市经济技术开发区华祥路 106 号新奥科技园北院,中核第四研究设计工程有限公司委托我单位对该项目的电磁环境现状进行监测。

二、检测项目

电场强度

三、检测依据和条件

(一) 检测依据

《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T 10.2-1996)。

(二) 检测仪器参数

表 3-1 检测仪器参数

序号	名称	规格型号	测量范围	出厂编号	证书编号	校准日期	校准单位
1	电磁辐射分析仪/电场探头	NBM-550/EF-6092	频率范围: 100MHz~60GHz 电场强度: 0.7V/m~400V/m 功率密度: 130nW/cm ² ~ 42mW/cm ²	H-0841/C-0144	25J02X000302	2025-1-16	泰尔实验室

四、检测结果

(一) 监测时间及气象条件

表 4-1 监测时间及气象条件

监测时间	2025.7.31, 10:00~16:30
监测气象条件	天气: 多云 温度: 25~32°C 湿度: 55%RH

(二) 监测布点

现状监测点位见图 4-1。

(本页以下无正文)

中国电子工程设计院股份有限公司检测报告
Testing Report Of China Electronics Engineering Design Institute Co., LTD

报告编号 (No. of Report) : DZY-253159-Z-(058) EDC 共 4 页 第 4 页 (Page 4 of 4)

(三) 监测数据

新奥科技发展有限公司聚变装置辐射项目电磁环境现状监测数据见表 4-2。

表 4-2 电磁环境现状监测数据

编号	检测点位	测试高度 (m)	电场强度 (V/m)	
			试验前	试验中
1	小铅门外 1m	1.7	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
2	大铅门外 1m	1.7	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
3	北墙外 1m (02 诊断实验室)	1.7	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
4	西墙外 1m	1.7	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
5	东墙外 1m	1.7	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)
6	南墙外 1m	1.7	<0.7 (检出限)	<0.7 (检出限)

(本页以下无正文)

附件 8 等离子体破裂源项说明

“玄龙-50U”等离子体破裂源项说明

特殊运行工况下，“玄龙-50U”等离子体实验装置内可能发生等离子体破裂，约 50%电子会逃逸并撞击真空室壁等材料，受韧致辐射影响将产生少量能量超过 10MeV 的 X 射线。

经对“玄龙-50U”等离子体实验装置约 1 年半的运行数据进行统计，“玄龙-50U”发生等离子体破裂的概率约 52%，平均电流大小约 200mA，逃逸电子转化为硬 X 射线的转换率约为 1%，所测真空室壁外 X 射线能谱如下：

能量, MeV	计数份额
0.306	4.92E-02
0.327	4.39E-02
0.347	4.04E-02
0.368	3.73E-02
0.389	3.46E-02
0.411	3.21E-02
0.432	3.02E-02
0.453	2.83E-02
0.474	2.72E-02
0.495	2.61E-02
0.517	2.43E-02
0.538	2.26E-02
0.560	2.13E-02
0.581	2.00E-02
0.603	1.91E-02
0.624	1.82E-02
0.646	1.73E-02
0.668	1.65E-02
0.690	1.57E-02
0.711	1.49E-02
0.733	1.42E-02
0.755	1.36E-02
0.777	1.30E-02
0.799	1.25E-02
0.821	1.20E-02
0.844	1.15E-02
0.866	1.12E-02
0.888	1.08E-02
0.910	1.03E-02
0.933	9.94E-03
0.955	9.69E-03



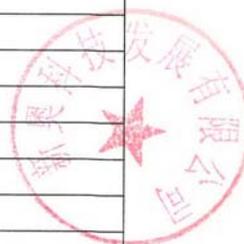
0.978	9.27E-03
1.000	9.00E-03
1.023	8.60E-03
1.046	8.36E-03
1.068	8.13E-03
1.091	7.82E-03
1.114	7.54E-03
1.137	7.29E-03
1.160	6.99E-03
1.183	6.82E-03
1.206	6.59E-03
1.229	6.35E-03
1.252	6.16E-03
1.275	5.96E-03
1.299	5.76E-03
1.322	5.61E-03
1.345	5.43E-03
1.369	5.27E-03
1.392	5.17E-03
1.416	5.04E-03
1.439	4.84E-03
1.463	4.65E-03
1.487	4.51E-03
1.511	4.34E-03
1.534	4.20E-03
1.558	4.11E-03
1.582	3.97E-03
1.606	3.82E-03
1.630	3.74E-03
1.654	3.65E-03
1.678	3.54E-03
1.703	3.44E-03
1.727	3.33E-03
1.751	3.25E-03
1.776	3.12E-03
1.800	3.04E-03
1.824	2.94E-03
1.849	2.88E-03
1.874	2.80E-03
1.898	2.74E-03
1.923	2.67E-03
1.948	2.58E-03
1.972	2.51E-03



1.997	2.45E-03
2.022	2.41E-03
2.047	2.29E-03
2.072	2.23E-03
2.097	2.21E-03
2.122	2.14E-03
2.148	2.06E-03
2.173	2.02E-03
2.198	1.98E-03
2.224	1.92E-03
2.249	1.88E-03
2.274	1.81E-03
2.300	1.76E-03
2.326	1.70E-03
2.351	1.68E-03
2.377	1.63E-03
2.403	1.59E-03
2.428	1.55E-03
2.454	1.51E-03
2.480	1.47E-03
2.506	1.45E-03
2.532	1.40E-03
2.558	1.38E-03
2.584	1.34E-03
2.610	1.31E-03
2.637	1.27E-03
2.663	1.24E-03
2.689	1.20E-03
2.716	1.18E-03
2.742	1.14E-03
2.769	1.14E-03
2.795	1.08E-03
2.822	1.07E-03
2.848	1.04E-03
2.875	1.02E-03
2.902	9.89E-04
2.929	9.72E-04
2.956	9.43E-04
2.983	9.35E-04
3.010	8.99E-04
3.037	8.75E-04
3.064	8.55E-04
3.091	8.50E-04



3.118	8.29E-04
3.145	7.99E-04
3.173	8.08E-04
3.200	7.75E-04
3.228	7.60E-04
3.255	7.46E-04
3.283	7.39E-04
3.310	7.18E-04
3.338	6.92E-04
3.366	6.93E-04
3.393	6.87E-04
3.421	6.53E-04
3.449	6.43E-04
3.477	6.18E-04
3.505	6.15E-04
3.533	6.04E-04
3.561	5.89E-04
3.589	5.71E-04
3.617	5.75E-04
3.646	5.74E-04
3.674	5.49E-04
3.702	5.54E-04
3.731	5.29E-04
3.759	5.19E-04
3.788	5.11E-04
3.816	4.88E-04
3.845	4.90E-04
3.874	4.76E-04
3.903	4.70E-04
3.931	4.67E-04
3.960	4.61E-04
3.989	4.43E-04
4.018	4.52E-04
4.047	4.34E-04
4.076	4.26E-04
4.105	4.27E-04
4.135	4.22E-04
4.164	4.08E-04
4.193	3.98E-04
4.222	3.91E-04
4.252	3.92E-04
4.281	3.94E-04
4.311	3.77E-04



4.340	3.76E-04
4.370	3.74E-04
4.400	3.64E-04
4.429	3.54E-04
4.459	3.61E-04
4.489	3.40E-04
4.519	3.49E-04
4.549	3.31E-04
4.579	3.31E-04
4.609	3.26E-04
4.639	3.20E-04
4.669	3.09E-04
4.700	3.12E-04
4.730	3.16E-04
4.760	3.05E-04
4.791	3.02E-04
4.821	3.01E-04
4.852	2.89E-04
4.882	2.85E-04
4.913	2.85E-04
4.943	2.81E-04
4.974	2.79E-04
5.005	2.87E-04
5.036	2.71E-04
5.067	2.70E-04
5.098	2.74E-04
5.129	2.69E-04
5.160	2.62E-04
5.191	2.55E-04
5.222	2.51E-04
5.253	2.55E-04
5.284	2.45E-04
5.316	2.44E-04
5.347	2.38E-04
5.379	2.41E-04
5.410	2.38E-04
5.442	2.44E-04
5.473	2.33E-04
5.505	2.34E-04
5.537	2.31E-04
5.568	2.23E-04
5.600	2.24E-04
5.632	2.14E-04



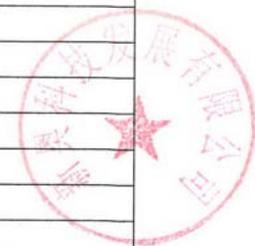
5.664	2.12E-04
5.696	2.12E-04
5.728	2.14E-04
5.760	2.09E-04
5.792	2.07E-04
5.824	2.09E-04
5.857	2.04E-04
5.889	2.02E-04
5.921	1.97E-04
5.954	1.96E-04
5.986	1.96E-04
6.019	1.88E-04
6.051	1.94E-04
6.084	1.84E-04
6.117	1.82E-04
6.150	1.86E-04
6.182	1.77E-04
6.215	1.76E-04
6.248	1.77E-04
6.281	1.74E-04
6.314	1.83E-04
6.347	1.82E-04
6.380	1.64E-04
6.414	1.70E-04
6.447	1.71E-04
6.480	1.68E-04
6.513	1.64E-04
6.547	1.60E-04
6.580	1.64E-04
6.614	1.64E-04
6.647	1.59E-04
6.681	1.58E-04
6.715	1.58E-04
6.748	1.53E-04
6.782	1.58E-04
6.816	1.50E-04
6.850	1.49E-04
6.884	1.43E-04
6.918	1.45E-04
6.952	1.41E-04
6.986	1.38E-04
7.020	1.34E-04
7.055	1.34E-04



8.615	5.85E-05
8.652	5.81E-05
8.689	5.60E-05
8.725	5.65E-05
8.762	5.72E-05
8.799	5.73E-05
8.836	5.04E-05
8.873	5.18E-05
8.910	5.22E-05
8.947	5.27E-05
8.985	4.86E-05
9.022	4.61E-05
9.059	4.58E-05
9.096	4.56E-05
9.134	4.78E-05
9.171	4.25E-05
9.209	4.01E-05
9.246	4.42E-05
9.284	3.88E-05
9.322	3.88E-05
9.360	3.68E-05
9.397	3.89E-05
9.435	4.05E-05
9.473	3.53E-05
9.511	3.53E-05
9.549	3.47E-05
9.587	3.18E-05
9.625	3.31E-05
9.663	2.99E-05
9.702	2.84E-05
9.740	2.87E-05
9.778	2.90E-05
9.817	2.98E-05
9.855	2.74E-05
9.894	2.71E-05
9.932	2.75E-05
9.971	2.51E-05
10.009	2.31E-05
10.048	2.45E-05
10.087	2.21E-05
10.126	2.36E-05
10.165	2.59E-05
10.204	2.22E-05



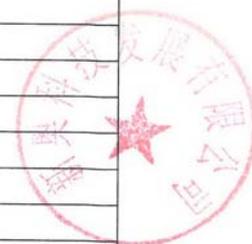
7.089	1.40E-04
7.123	1.37E-04
7.158	1.29E-04
7.192	1.25E-04
7.227	1.27E-04
7.261	1.21E-04
7.296	1.20E-04
7.330	1.17E-04
7.365	1.15E-04
7.400	1.12E-04
7.435	1.14E-04
7.470	1.08E-04
7.505	1.05E-04
7.540	1.03E-04
7.575	1.09E-04
7.610	1.05E-04
7.645	1.00E-04
7.680	9.71E-05
7.715	9.47E-05
7.751	9.91E-05
7.786	8.92E-05
7.822	9.35E-05
7.857	8.85E-05
7.893	8.77E-05
7.928	8.26E-05
7.964	8.52E-05
8.000	8.26E-05
8.035	8.51E-05
8.071	7.99E-05
8.107	7.98E-05
8.143	7.70E-05
8.179	7.58E-05
8.215	6.96E-05
8.251	7.78E-05
8.287	7.05E-05
8.323	6.81E-05
8.360	6.78E-05
8.396	6.72E-05
8.432	6.53E-05
8.469	6.41E-05
8.505	6.65E-05
8.542	6.80E-05
8.578	6.77E-05



10.243	2.33E-05
10.282	2.18E-05
10.321	1.99E-05
10.360	2.00E-05
10.399	1.95E-05
10.439	2.00E-05
10.478	2.13E-05
10.517	1.76E-05
10.557	1.70E-05
10.596	1.94E-05
10.636	1.61E-05
10.675	1.50E-05
10.715	1.51E-05
10.755	1.58E-05
10.794	1.43E-05
10.834	1.26E-05
10.874	1.55E-05
10.914	1.46E-05
10.954	1.33E-05
10.994	1.33E-05
11.034	1.19E-05
11.074	1.19E-05
11.115	1.37E-05
11.155	1.21E-05
11.195	1.04E-05
11.236	1.14E-05
11.276	1.01E-05
11.316	9.89E-06
11.357	9.56E-06
11.398	9.89E-06
11.438	1.04E-05
11.479	9.48E-06
11.520	7.25E-06
11.560	7.50E-06
11.601	8.16E-06
11.642	7.66E-06
11.683	6.76E-06
11.724	8.16E-06
11.765	6.34E-06
11.806	7.58E-06
11.848	6.01E-06
11.889	6.84E-06
11.930	7.00E-06



11.972	5.27E-06
12.013	7.09E-06
12.054	5.44E-06
12.096	5.93E-06
12.138	5.60E-06
12.179	5.36E-06
12.221	4.53E-06
12.263	4.78E-06
12.304	5.44E-06
12.346	4.86E-06
12.388	4.70E-06
12.430	4.70E-06
12.472	4.20E-06
12.514	3.95E-06
12.556	3.87E-06
12.599	4.45E-06
12.641	4.04E-06
12.683	4.28E-06
12.725	3.79E-06
12.768	3.71E-06
12.810	4.37E-06
12.853	3.79E-06
12.895	4.70E-06
12.938	3.71E-06
12.981	3.71E-06
13.023	3.38E-06
13.066	3.38E-06
13.109	2.97E-06
13.152	2.80E-06
13.195	3.05E-06
13.238	2.06E-06
13.281	3.05E-06
13.324	2.80E-06
13.367	3.21E-06
13.410	3.30E-06
13.454	2.31E-06
13.497	2.14E-06
13.540	2.31E-06
13.584	2.22E-06
13.627	2.64E-06
13.671	2.39E-06
13.714	2.22E-06
13.758	2.55E-06



13.802	2.39E-06
13.846	2.64E-06
13.889	2.22E-06
13.933	2.14E-06
13.977	1.90E-06
14.021	2.31E-06
14.065	2.22E-06
14.109	1.90E-06
14.154	1.48E-06
14.198	1.24E-06
14.242	1.98E-06
14.286	1.90E-06
14.331	9.06E-07
14.375	1.81E-06
14.420	1.65E-06
14.464	1.40E-06
14.509	1.73E-06
14.553	1.98E-06
14.598	1.57E-06
14.643	1.73E-06
14.688	5.77E-07
14.733	1.24E-06
14.777	1.32E-06
14.822	1.07E-06
14.867	2.14E-06
14.913	1.57E-06
14.958	1.48E-06
15.003	1.65E-06
15.048	1.15E-06
15.093	7.42E-07
15.139	1.48E-06
15.184	1.81E-06
15.230	9.89E-07
15.275	1.07E-06
15.321	1.32E-06
15.366	8.24E-07
15.412	7.42E-07
15.458	1.24E-06
15.504	1.15E-06
15.549	1.07E-06
15.595	1.15E-06
15.641	6.59E-07
15.687	1.15E-06



15.733	1.15E-06
15.780	1.15E-06
15.826	1.24E-06
15.872	9.06E-07
15.918	9.06E-07
15.965	1.57E-06
16.011	8.24E-07
16.057	9.06E-07
16.104	1.07E-06
16.151	5.77E-07
16.197	1.15E-06
16.244	6.59E-07
16.291	6.59E-07
16.337	9.06E-07
16.384	8.24E-07
16.431	9.89E-07
16.478	1.07E-06
16.525	5.77E-07
16.572	4.94E-07
16.619	1.15E-06
16.666	1.40E-06
16.714	8.24E-07
16.761	9.06E-07
16.808	1.07E-06
16.856	9.06E-07
16.903	2.22E-06
16.951	1.24E-06
16.998	1.65E-06
17.046	3.13E-06
17.093	1.98E-06
17.141	1.07E-06
17.189	1.48E-06
17.237	7.42E-07
17.285	2.47E-07
17.333	3.30E-07

新奥科技发展有限公司

2025年9月5日

附件 9 辐射安全管理规定

辐射安全管理规定

■目的

为了加强新奥科技发展有限公司的辐射安全管理工作,保障员工的人身健康和安全,防止造成辐射安全事故,特制订本实施程序。

■适用范围

本规定适用于新奥科技发展有限公司范围内所有辐射安全管理相关工作。

■分类与释义

1、电离辐射

电离辐射是能使受作用物质发生电离现象的辐射,新奥科技发展有限公司涉及的电离辐射主要是 X 射线、 γ 射线、中子射线。

2、微波辐射

微波辐射通常是指频率在 300~300000MHz 波长在 1m 以下的电磁波,任何物体在向外辐射红外线的同时,也辐射微波。

■组织机构

辐射安全管理机构及管理人员表

机构名称	辐射安全管理小组			电话	0316-2595835
管理人员	姓名	性别	职务或职称	工作部门	备注
负责人	刘敏胜	男	公司一号位	新奥科技发展有限公司	无
成员	崔晓东	男	公司首席安全总监	新奥科技发展有限公司	无
成员	杨圆明	男	聚变中心副总工程师	新奥科技发展有限公司	无
成员	谢华生	男	聚变理论模拟首席科学家	新奥科技发展有限公司	无
成员	石跃江	男	聚变实验首席科学家	新奥科技发展有限公司	无
成员	赵岳	男	HSE 工程师	安全办公室	无
成员	董占猛	男	HSE 工程师	安全办公室	无
成员	吴超	男	安全员	运营能力群	无

■岗位责任

1、公司一号位

- (1) 是辐射安全工作第一责任人;
- (2) 负责本程序的批准;
- (3) 为辐射安全管理提供支持;

(4) 监督本程序的有效实施和执行。

2、辐射安全管理小组

(1) 根据国家有关法律、法规和要求，结合新奥科技发展有限公司特点，制定辐射安全防护管理制度，编制《射线装置和场所台账》（详见附件1）；

(2) 负责公司辐射安全工作的监督管理，组织办理公司所有射线装置《辐射安全许可证》、《辐射工作人员岗位培训合格证》相关证件，编制《辐射工作人员清单》；

(3) 负责公司辐射安全工作的日常监督检查，对放射性工作场所定期进行放射安全防护检测、检查和环保审核验收等技术服务工作，检查射线装置安全，定期组织辐射安全隐患排查；

(4) 负责对射线装置使用和维护过程中的安全防护工作进行指定、监督和检查，组织制定相关安全操作规程；

(5) 定期组织公司内日常辐射安全培训，组织开展放射性体检和个人剂量监测，为现场配备必要的放射防护用品和检测仪器，编制《员工职业健康档案》、《个人剂量统计表》。

(6) 制定并落实辐射安全事故预防措施与应急预案，定期组织演练。

3、各能力群（项目）及辐射工作人员

(1) 从事辐射工作人员必须严格遵守并执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及相关的法律法规。

(2) 自觉参加辐射安全与防护的培训，并经考核合格后方可上岗。

(3) 认真执行生态环境主管部门有关文件精神和公司各项辐射安全管理规章制度。经常性对非辐射工作人员进行辐射安全与防护宣传。

(4) 认真接受并积极配合各级生态环境部门、公司辐射安全管理小组对辐射防护工作及辐射工作场所的监督检查工作，并按要求做好整改工作。

(5) 熟悉射线装置安全使用和管理要求，严格遵守操作规程。进入辐射工作场所正确使用所配备的个人防护用品，遵守规定佩戴个人剂量测量仪表。

(6) 加强安全防护意识，定期开展应急演练，提高应急能力。做好设备检修和维护工作，保证辐射防护监测仪器和报警仪器正常运转。

■规定

1、申办辐射安全许可证

(1) 在申请领取许可证前，辐射安全管理小组组织编制环境影响评价文件，按规定程序报生态环境主管部门审批。

(2) 准备申报规定材料，在生态环境部核与辐射安全中心网上大厅申报办理。

(3) 辐射安全许可证有效期为5年，有效期届满需要延续的，提前30日向生态环境部辐射安全中心提出延续申请。

(4) 新建、改建、扩建使用设施或场所的，改变所从事活动种类或范围的，必须重新申请领取许可证。

2、辐射防护与安全保卫

详见公司《辐射防护与安全保卫制度》

3、辐射工作人员培训管理

详见公司《辐射工作人员培训管理规定》

4、辐射工作人员职业健康管理

详见公司《辐射工作人员职业健康管理规定》

5、个人剂量的监测和管理

详见公司《辐射工作人员个人剂量监测管理规定》

6、辐射工作场所监测管理

详见公司《辐射工作场所监测管理规定》

7、放射性废物管理

玄龙-50U装置不产生放射性废物，不做特殊管理。

8、事故与应急管理

详见公司《辐射安全事故应急预案》。

9、监督检查

(1) 辐射安全管理小组按照上述要求对辐射工作人员、辐射工作场所、应急管理等进行定期或不定期监督检查；

(2) 辐射安全管理小组编写《射线装置安全与防护年度评估报告》，于每年

1月31日前报生态环境部核与辐射安全中心。

■附件1 射线装置和场所台帐

射线装置和场所台帐

序号	装置名称	规格型号	类别	粒子能量	用途	工作场所	来源	装置状态	备注
1	玄龙-50U	50U	III类	粒子能量 0.2MeV-10MeV	其他不能被豁免的X射线装置：研发试验	新奥科技发展有限公司	自研	在用	

说明：

1.类别：I类、II类、III类

2.粒子能量：XXX MeV

3.用途：其他不能被豁免的X射线装置：研发试验

4.装置状态：在用

新奥科技发展有限公司
2024年6月15日



附件 10 辐射防护与安全保卫制度

辐射防护与安全保卫制度

■目的

为了加强新奥科技发展有限公司的辐射防护与安全保卫工作，保障员工的人身健康和安 全，防止造成辐射安全事故，特制订本实施程序。

■适用范围

本规定适用于新奥科技发展有限公司范围内所有辐射防护与安全保卫工作。

■分类与释义

1、辐射防护三原则

辐射实践正当化、辐射防护最优化、个人剂量限值。

2、照射防护主要方法

时间防护、距离防护和屏蔽防护。

■规定

1、辐射工作人员，为在放电试验期间，从事射线装置的辅助操作，处在辐射监督区之内，可能接触电离辐射有害因素的工作人员（外单位支持人员及日常辅助人员不属于辐射工作人员）。辐射工作人员须经辐射安全防护知识培训合格后，才能从事相关工作。

2、辐射工作人员，必须不断加强自身专业和防护知识训练，提高防护的自觉性。应严格按照操作规程和规章制度进行操作。

3、辐射工作人员操作前，须在人体左胸位置上，佩带个人剂量计，进行个人受照剂量监测。剂量监测设备要定期送交有资质单位进行鉴定，鉴定不合格的，应予以维修或更换。

4、任何新的射线装置交付使用前或现有装置发生任何改变后，都需要对工作场所进行综合的辐射监测，以便为制订常规监测方案提供依据。

5、射线装置所在场所的位置要合理，应考虑到周围环境的安全，要有足够的面积和高度，周围墙壁、门窗均应达到防护。

6、射线装置应配套辐射警示标志、安全连锁系统，运行前应有警报、灯光等提示，并确保无关人员不得在附近逗留。应具有防止误操作、防止工作人员和公众收到意外照射的安全措施。

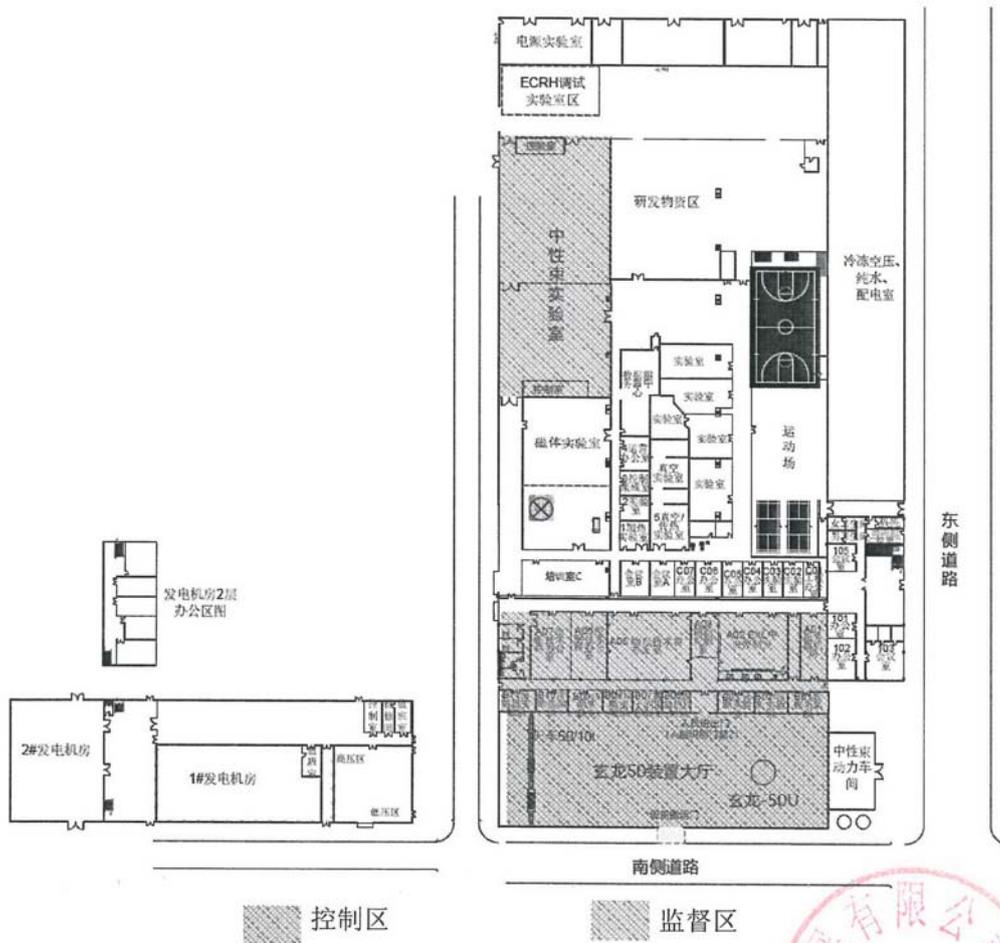
7、任何与工作无关的人员未经安全防护负责人同意，不得以任何理由私自进入射线辐射区域；按要求划定辐射控制区和监督区，进行分区管理，进入控制区必须人脸识别+授权。

8、辐射工作人员应建立个人剂量档案和员工职业健康监护档案，并按要求进行职业健康体检。

9、辐射工作人员不得把个人生活品带入射线装置所在场所，不得在工作场所吸烟、进食或存放食物，不得做与工作无关的事情。

10、辐射事故发生时，应按照应急预案启动应急救援，立即采取防护措施，控制事故影响，保护事故现场，并及时向生态环境、公安、应急等相关部门报告。

■附件 1 辐射分区示意图



新奥科技发展有限公司
2024年6月15日

附件 11 辐射工作人员培训管理规定

辐射工作人员培训管理规定

■目的

为加强和规范新奥科技发展有限公司辐射工作人员培训管理,明确培训程序及内容,全面提高辐射工作人员安全综合素质,保证射线装置的安全规范应用,特制定本制度。

■适用范围

本规定适用于新奥科技发展有限公司范围内所有辐射工作人员。

■规定

1、对于从事Ⅲ类射线装置使用的辐射工作人员,公司组织相关人员参加辐射安全专项培训,编制辐射安全与防护培训记录(见附件1),培训内容主要包括:生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(以下简称培训平台,网址:<http://fushe.mee.gov.cn>)和辐射安全培训微信公众号(“辐射安全培训”)内发布的辐射安全知识,以及公司射线装置相关知识。公司辐射安全管理小组在参考题库中按照考核规则选取题目后,编制考核试卷,对本单位从事Ⅲ类射线装置使用的辐射工作人员进行考核,编制辐射安全培训考核记录表(见附件2),具体考核要求见《Ⅲ类射线装置辐射工作人员题库及考核规则(2021年3月版)》。

2、对于从事Ⅱ类和Ⅰ类射线装置使用的辐射工作人员,公司组织相关人员参加由省生态环境厅组织的中级或高级辐射安全专项培训。组织参加由生态环境部核与辐射安全中心组织的专项辐射安全与防护考核,取得相应辐射安全与防护合格证书后,方可从事相关辐射工作。

3、已取得生态环境部核与辐射安全中心组织的辐射安全与防护合格证书人员,合格证书有效期五年,公司自行培训合格人员,合格证书有效期四年,不参加再培训的人员或培训考核不合格人员的辐射安全合格证书自动失效。

4、各项目组应根据研发及自身工作特点,制定日常安全培训教育计划,做好辐射安全技能培训,定期组织辐射工作人员接受辐射防护和有关法律知识的培训,加强辐射工作人员辐射安全与防护意识。

附件 12 辐射工作人员职业健康管理规定

辐射工作人员职业健康管理规定

■目的

为了加强新奥科技发展有限公司的辐射工作人员职业健康管理,控制和减少放射性职业危害,预防放射性职业病的发生,特制定本制度。

■适用范围

本规定适用于新奥科技发展有限公司范围内所有辐射工作人员。

■规定

1、辐射工作人员从业条件

- (1) 年满 18 周岁。
- (2) 经职业健康检查,符合放射性工作人员的职业健康要求。
- (3) 接受辐射防护和有关法律法规知识培训,考核合格后上岗。
- (4) 遵守国家辐射法律法规和公司辐射安全管理规章制度,接受职业健康监护和个人剂量管理。

2、辐射工作人员体检

- (1) 辐射工作人员体检分为上岗前体检、在岗期间体检、离岗时体检、应急体检四种。
- (2) 体检周期: 上岗前体检为工作前 3 个月内, 在岗期间体检为每 2 年体检一次, 离岗体检为离岗后 3 个月内, 应急体检为应急处置完成后 5 天内。
- (3) 放射性职业健康体检要求(附件 1)。
- (4) 公司指定安全员在收到职业健康检查报告后, 将体检结果如实告知本人。

3、职业健康监护档案管理

建立辐射工作人员职业健康监护档案, 包含以下内容:

- (1) 个人基本信息(附件 2);
- (2) 工作场所职业病危害因素监测结果(附件 3);
- (3) 历次职业健康检查结果及处理情况(附件 4);
- (4) 职业健康体检报告、职业病诊疗等资料。

(5) 其他职业健康监护资料

辐射工作人员个人职业健康监护档案由公司辐射安全管理小组负责长期保存，员工离岗时可向辐射安全管理小组申请离岗体检报告，由辐射安全管理小组审核批准后，出具个人离岗体检报告复印版材料。

4、公司不得安排怀孕的辐射工作人员参与应急处理和有可能造成职业性内照射的工作。辐射工作人员在其哺乳期间应当避免接受职业性内照射。

■附件

- 1.放射性职业健康体检要求
- 2.个人基本信息
- 3.工作场所职业病危害因素监测结果
- 4.历次职业健康检查结果及处理情况

新奥科技发展有限公司

2024年6月15日



附件 1 放射性职业健康体检要求

(1) 上岗前的职业健康体检

既往病史的调查；

内科、外科、精神神经科、皮肤科、五官科；

化验及仪器检查；

特殊项目的检查包括：染色体、微核、眼晶体等；

其他根据职业危害接触情况增加相应检查项目。

(2) 在岗期间的职业健康体检

职业危害因素的调查；

自觉症状；

内科、外科、神经科、皮肤科、五官科；

化验及仪器检查；

医生提出的补充检查等；

其他根据职业危害接触情况增加相应检查项目。

(3) 离岗时的职业健康体检

自觉症状；

内科、外科、精神神经科、皮肤科、五官科；

化验及仪器检查；

其他根据职业危害接触情况增加相应检查项目。

(4) 应急时的职业健康体检

自觉症状；

内科、外科、精神神经科、皮肤科、五官科；

化验及仪器检查；

其他根据职业危害接触情况增加相应检查项目。

附件 2 个人基本信息

个人基本信息

姓名		性别		出生年月		照片
曾用名						
籍贯		婚姻		文化程度		
嗜好	/			身份证号		
职业史、接触史	用人单位名称	从事工种(或岗位)	工作起始时间	接触职业病危害因素名称	证明人	
			年 月至 年 月			
			年 月至 年 月			
			年 月至 年 月			
			年 月至 年 月			
			年 月至 年 月			
既往病史	曾患病	诊断日期	诊断单位	治疗结果	备注	
	无					

注：1) 本表记录用人单位接触职业病危害的作业人员基本信息；

2) 既往病史是指劳动者曾患病情况，包括职业病和其它疾病。

附件 13 辐射工作人员个人剂量监测管理规定

辐射工作人员个人剂量监测管理规定

■目的

个人剂量的监测和管理是职业健康和辐射防护工作的主要内容之一。本制度的目的是在于确定个人剂量监测的范围、方式、剂量的记录保存以及相应的职责分工，给出剂量异常情况下的相关管理规定。

■适用范围

本规定适用于新奥科技发展有限公司范围内所有辐射工作人员。

■责任

1、辐射安全管理小组

(1) 负责所有辐射工作人员个人剂量的监测和管理，提供合适的个人剂量监测仪表；

(2) 负责所有辐射工作人员个人剂量信息的管理、存档；

(3) 负责对个人剂量监测中发现的异常现象进行调查；

(4) 负责提供个人剂量监测结果和评价报告。

2、辐射工作人员

(1) 辐射工作人员，为在放电试验期间，从事射线装置的辅助操作，处在辐射监督区之内，可能接触电离辐射有害因素的工作人员（外单位支持人员及日常辅助人员不属于辐射工作人员）。辐射工作人员需完成入职职业健康体检并合格，经过辐射安全培训并考核合格，有职业辐射照射历史的，需提前向辐射安全管理小组申报个人历史剂量，填写《个人剂量申报表》（附件 1）；

(2) 辐射工作人员应按规定配发个人剂量计即热释光剂量计（TLD），在日常工作期间应将个人剂量计正确佩戴在左胸位置，避免丢失和损坏；下班后，应将个人剂量计保存在办公室工位上，严禁擅自带离公司。

(3) 辐射工作人员应及时报告个人剂量异常情况，积极配合有关个人剂量数据异常和意外照射的调查工作；

(4) 辐射工作人员发生离职，应在 3 个月内参加离岗体检，需要个人体检报告和个人剂量信息的，可向辐射安全管理小组提出申请，由辐射安全管理小组经审核同意后，将个人体检报告复印件和个人剂量信息电子版提供给个人，未经

许可，不得公开散播个人剂量信息。

■规定

1、个人剂量限值

对任何辐射工作人员，个人剂量限值如下：

▶个人有效剂量的管理目标值为每年不超过 5mSv；在特殊情况下，经辐射安全管理小组审核，中心领导批准，可以适当放宽，但不得超过 10mSv；

▶眼晶体的年当量剂量小于 15mSv；

▶四肢（手和脚）或皮肤的年当量剂量小于 50mSv。

2、个人剂量申报

所有辐射工作人员必须向辐射安全管理小组申报个人历史剂量，填写《个人剂量申报表》（见附件 1）。

3、个人剂量监测

（1）受监测人员

所有辐射工作人员通过其佩戴的热释光剂量计（TLD）进行监测。

（2）监测辐射类型

在辐射控制区、监督区范围内 X- γ 辐射。

（3）监测方法

按监测周期累积监测，由专业检测机构定期开展读数，其监测数据将记入个人剂量档案；

（4）监测频次

TLD 累积剂量：3 个月测读一次。

（5）监测要求

辐射工作人员需将热释光剂量计（TLD）佩戴在左胸位置，然后进入工作现场；在完成工作离开现场后，辐射工作人员需将佩戴的热释光剂量计（TLD）存放在指定位置，之后由安全员统一按 3 个月周期收集后送专业机构测读。

4、个人受照剂量异常

（1）异常范围

个人剂量与同项目组人员剂量出现 50%以上偏差；

(2) 异常处理

辐射安全管理小组负责调查异常原因并给出调查结果，填写《个人受照剂量异常记录单》（见附件 2）。

5、质量保证

(1) 人员培训

所有接受剂量监测的辐射工作人员都应接受辐射防护培训以保证个人剂量计的正确使用。

(2) 仪表

剂量监测使用的监测仪表为：热释光剂量计（TLD）、FJ2000 型 X/γ 个人剂量仪（参考）。每年对剂量率仪表进行定期校正和刻度，保证监测结果的有效性和准确性。

6、剂量评价

(1) 辐射安全管理小组定期分析聚变中心辐射照射趋势，包括个人剂量和照射人数的变化及原因；

(2) 对异常剂量事件详细分析，发现个人剂量监测的问题，及时改进。

7、个人剂量档案管理

(1) 辐射工作人员应建立个人剂量档案（见附件 3），包含正常职业照射及事故照射剂量信息，其中事故照射剂量在个人剂量档案中应特别标注，以便同正常的职业照射相区分，并附有有关的调查报告；

(2) 个人剂量档案由辐射安全管理小组统一长期保存；

(3) 所有个人剂量监测记录，作为限制使用类文件，未经辐射安全管理小组允许，不得复制扩散。

■附件

1.个人剂量申报表

2.个人受照剂量异常记录单

3.职业照射个人剂量检测档案

新奥科技发展有限公司

2024年6月15日

附件 1 个人剂量申报表

个人剂量申报表 Individual doses Return					
<p>规定 (Regulation)</p> <p>申报人在其他单位从事辐射相关工作, 来我公司从事辐射工作必须进行剂量申报。</p> <p>The applicant engaged in radiation related work in other units to work I engaged in radiation dose must be declared.</p> <p>本人已完整阅读, 并保证严格遵守上述规定!</p> <p>I have read it in full, and I guarantee to strictly abide by the above regulations.</p> <p>申报人签名: Signature:</p>					
姓名 Name		性别 Gender		身份证号码 ID number	
年龄 Age		公司 Employer		申报日期 Date	
最近 5 年个人剂量记录 (mSv) Recent 5 years dose records (mSv)					
年 (yyyy)					
年 (yyyy)					
年 (yyyy)					
年 (yyyy)					
年 (yyyy)					
备注 (comments):					
辐射安全管理小组签字 Signature of radiation safety management team					

附件 2 个人受照剂量异常记录单

个人受照剂量异常记录单					
姓名		性别		联系方式	
日期		单位/技术群		个人剂量计编号	
异常类别				异常剂量 (mSv)	
<input type="checkbox"/> 个人剂量与同项目组人员剂量出现 50%以上偏差					
<input type="checkbox"/> 剂量计损坏					
<input type="checkbox"/> 剂量丢失					
调查描述:					
调查结论:					
建议 γ 剂量 (mSv)					
当事人签字:					
调查人签字:					
辐射安全管理小组审核确认:					
处理结果: <input type="checkbox"/> 修改个人剂量数据 <input type="checkbox"/> 修改数据存入个人剂量档案 <input type="checkbox"/> 其他 (详细描述) _____					

附件 14 辐射工作场所监测管理规定

辐射工作场所监测管理规定

■目的

为了确认辐射工作场所的安全程度，及时发现辐射安全上的问题和隐患，评估工作场所的辐射状况，评价工作人员受照剂量可能的上限，为辐射防护管理提供科学依据，特制定本监测程序。

■适用范围

本规定适用于新奥科技发展有限公司玄龙-50U 装置周边工作场所区域及中性束实验室周边工作场所区域。

■规定

1、监测对象

新奥科技发展有限公司辐射场所监测对象为射线装置及周边工作场所中的辐射，即 γ 辐射剂量。

2、监测区域

新奥科技发展有限公司辐射场所监测区域包括：玄龙-50U 控制大厅，玄龙-50U 装置大厅，玄龙-50U 装置人员出入口，玄龙-50U 装置大厅周边办公室、实验室，中性束实验室四周以及其他辐射工作人员经常滞留或出入的场所地点。

3、监测仪表

使用的监测仪表为：AGM-6 型场所 γ 辐射监测器、ENM-6 型高灵敏度环境中子探测器、EGM 型环境伽马监测器、AT1121 型便携式 X/ γ 辐射探测器、FJ2000 型 X/ γ 个人剂量仪、HA1100Med-P Pro X/ γ 辐射监测仪（以上仪表具体参数见附件 1）。必须对辐射监测仪表进行定期校正和刻度（每年 1 次，联系厂家或专业校验机构校准），保证监测结果的有效性和准确性。

4、监测分布要求

按区域布置监测点位（监测点应尽量布置在射线装置放电运行期间可能漏射的部位或区域，在放电运行期间会使工作人员所在区域辐射剂量发生较大改变的岗位，其他人员经常滞留或出入的区域），具体监测点位见附件 2（玄龙-50U 装置辐射监测点位图、中性束实验室辐射监测点位图）。

5、监测周期

装置大厅外周边日常 X/γ剂量监测周期为每天一次；装置大厅γ剂量，控制大厅γ剂量、中子剂量，监测周期为每炮一次。

中性束实验室周边日常 X/γ剂量检测周期为每天一次。

6、监测方案及数据记录

γ剂量辐射水平监测点位，使用 FJ2000 型 X/γ个人剂量仪进行监测，产生的数据记录和收集，由运营赋能群安排专人完成，记录到表格《玄龙-50U 装置辐射监测数据记录表 1》及《中性束实验室辐射监测数据记录表》（见附件 3）。

放电试验期间控制大厅、装置大厅γ剂量/中子剂量辐射水平监测，分别使用 AGM-6 型场所γ辐射监测器、ENM-6 型高灵敏度环境中子探测器、EGM 型环境伽马监测器、AT1121 型便携式 X/γ辐射探测器进行监测，产生的数据记录和收集，由安全办公室组织专人完成，记录到《玄龙-50U 实验日志》。中性束实验室采用 HA1100Med-P Pro X/γ辐射监测仪进行监测，产生的数据记录和收集，由安全办公室组织专人完成，记录到《中性束离子源实验日志》。

7、辐射水平评价

辐射安全管理小组负责对辐射监测数据异常情况进行调查并分析原因，定期组织评价射线装置环境辐射水平变化，对发现的问题提出改进措施并督促执行。

8、环境辐射监测数据管理

辐射安全管理小组组织建立射线装置 X/γ环境辐射水平数据库，将所有环境辐射监测数据记录电子版存档并长期保存，监测数据作为限制使用类文件，未经辐射安全管理小组允许，不得复制扩散。

■附件

- 1.各辐射监测仪表参数
- 2.辐射监测点位图
- 3.辐射监测数据记录表

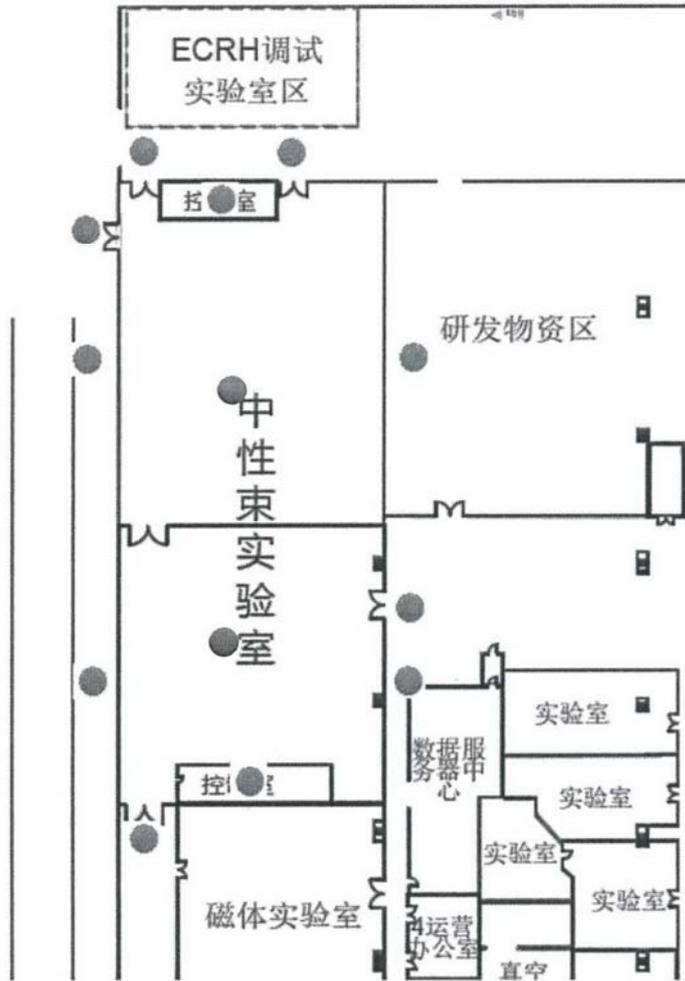
新奥科技发展有限公司

2024年6月15日

附件 1 各辐射监测仪表参数

仪表名称	仪表参数
ENM-6 型高灵敏度环境中子探测器	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 注量率灵敏度:12cps/n/cm²·s 或 15cps/(μSv/h); ➤ 测量范围:1.0×10⁻³-1000μSv/h; ➤ 能量响应范围:0.025eV-16MeV; ➤ γ不灵敏度:650μGy/h; ➤ 温度范围(-5℃-40℃):小于 5%; ➤ 相对湿度(85%,30℃): 小于 10%; ➤ 总不确定度:小于 11%。
AGM-6 型场所γ辐射监测器	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 探测器: 双能量补偿探测器; ➤ 测量范围: a、0.1μSv/h~150mSv/h ; b、0.1μSv/h~10Sv/h; ➤ 响应时间: 根据射线强度测量时间滑动测量方法, 防护报警响应时间<1 秒; ➤ 相对误差: 测量范围内相对基本误差≤10%; ➤ 能量响应: 40Kev~3Mev; ➤ 供电范围宽: DC 6~40V; ➤ 使用环境: 温度-10℃~+50℃、相对湿度(在 40℃温度下)≤
EGM 型环境伽马监测器	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 探测器: 球形高压电离室; ➤ 测量范围: 0.01-10mGy/h; ➤ 能量相应: 50KeV-10MeV; ➤ 不确定度: 6.3%; ➤ 供电范围: AC 220V
AT1121 型便携式 X/γ辐射探测器	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 探测器: 附加重金属的塑料闪烁体Φ30×15mm; ➤ Cs-137 的能量灵敏响应: 15KeV-16 KeV:±35% 60KeV-3 MeV:±25% 3MeV-10 MeV:±50% ➤ 能量范围: 15KeV-10 MeV; ➤ 周围环境 X、γ剂量率测量范围:50nSv/h -10Sv/h; ➤ 周围环境 X、γ累计剂量范围: 10nSv -10Sv; ➤ 工作温、湿度范围: -30℃~+50℃), 35℃的相对湿度: 95%; ➤ 大气压力: 66-106.7kPa; ➤ 频率范围: 10Hz-55Hz、移动振幅为 0.35mm 的正弦振动; ➤ 重量: 0.9kg, 尺寸: 233×85×67mm
FJ2000 型 X/γ个人剂量仪	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 探测器: GM 计数管 (经补偿); ➤ 测量范围: 累积剂量当量: Hp (10) 0.0μSv-99.99mSv ➤ 剂量当量率: Hp (10) 0.1μSv/h-99.99mSv/h; ➤ 相对误差: <±15% (137Cs); ➤ 能量响应:50KeV-1.3MeV,误差在±30%; ➤ 角响应: 参考 ¹³⁷Cs 在 0~90°时不超过校准方向上响应的±30%; ➤ 使用环境: 温度-10℃~+50℃、相对湿度(在 40℃温度下)≤95%。

<p>HA1100Med-P Pro 辐射监测仪</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 探测器：塑料闪烁体； ➤ 测量范围：0.01μSv/h~10Sv/h； ➤ 响应时间：脉冲式测量， <1 秒； ➤ 相对误差：测量范围内相对基本误差\pm15%； ➤ 能量响应：30Kev~3Mev； ➤ 供电范围宽：DC12V/POE 交换机；
----------------------------------	---



中性束实验室日常 X/γ辐射监测布点图

附件 3 辐射监测数据记录表 1

玄龙-50U 装置辐射监测数据记录表

		201 办公室	102 办公室	B01 数据采集	B02 光学实验室	B03 光谱实验室	B05 安全通道	B06 加热控制室	低温泵厂房	装置大厅南墙	备注
日期	时间	A91703 (μSv)	A91810 (μSv)	20A1374 (μSv)	20A1754 (μSv)	20A1799 (μSv)	A91715 (μSv)	20A1542 (μSv)	20A1847 (μSv)	20A1919 (μSv)	

中性束实验室辐射监测数据记录表, ($\mu\text{Sv/h}$)

日期	时间	南门	南控制室	南侧东墙	东门	北侧东墙	北门(东)	北门(西)	北控制室	西门	北侧西墙	南侧西墙	备注

附件 15 辐射仪表操作规程

辐射仪表操作规程

■目的

为了规范辐射监测仪器的操作程序，正确使用仪器，保证监测工作的顺利进行，保证操作人员人身安全和设备安全，特制订本操作规范。

■适用范围

本规定适用于新奥科技发展有限公司范围内所有辐射监测仪表。

■仪表参数

1、ENM-6 高灵敏度环境中子探测器

- 注量率灵敏度:12cps/n/cm²·s 或 15cps/(μSv/h);
- 测量范围:1.0×10⁻³-1000μSv/h;
- 能量响应范围:0.025eV-16MeV;
- γ不灵敏度:650μGy/h;
- 温度范围(-5°C-40°C):小于 5%;
- 相对湿度(85%,30°C): 小于 10%;
- 总不确定度:小于 11%;

2、EGM-5 高气压电离室环境γ监测器

- 灵敏度: 2.65×10⁻¹²A/(μGy/h);
- 测量范围 10nGy/h-100mGy/h, 跨 7 个量级, 保证在量程范围内的非线性小于 3%;
- 能量响应: 为达到高气压电离室在光子能量 60KeV-3MeV 范围内能响平坦, 采取补偿办法;
- 稳定性: 在室温情况下, 电离室连续运行一个月, 相对标准偏差为 1.2%;
- 温度效应: 整机温度性能: -25°C~+50°C范围内Δmax<3% (相对 25°C测量值);
- 响应时间: 用 ¹³⁷Csγ检验源测试探测器的响应时间, 由天然本底水平到放射源打开到出现稳定辐射水平显示时间为 3 秒, 重复检验多次, 确认其响应时间为 3 秒;
- 抗干扰措施: 电磁屏蔽及接地措施实现电磁兼容目的;

- 总不确定度为 6.2%;

3、AGM-6 高压电离室 γ 辐射探测器

- 探测器：双能量补偿探测器
- 灵敏度：0.250nSv/脉冲(20at) 3.400 nSv/脉冲(2at);
- 测量范围：0.1-15000 μ Sv/h(20at) 50-1000000 μ Sv/h(2 at);
- 能量响应：80KeV-3MeV (理论计算可到 10MeV);
- 温度范围 (-5 $^{\circ}$ C-40 $^{\circ}$ C)：小于 10%;
- 相对湿度 (85%, 30 $^{\circ}$ C)：小于 10%;
- 总不确定度：小于 10%。

4、便携式辐射检测仪 AT1121

- 探测器：附加重金属的塑料闪烁体 Φ 30 \times 15mm;
- Cs-137 的能量灵敏响应：
15KeV-16 KeV: \pm 35%
60KeV-3 MeV: \pm 25%
3MeV-10 MeV: \pm 50%
- 能量范围：15KeV-10 MeV;
- 周围环境 X、 γ 剂量率测量范围:50nSv/h -10Sv/h;
- 周围环境 X、 γ 累计剂量范围: 10nSv -10Sv;
- 工作温、湿度范围：-30 $^{\circ}$ C~+50 $^{\circ}$ C), 35 $^{\circ}$ C的相对湿度：95%;
- 大气压力：66-106.7kPa;
- 频率范围：10Hz-55Hz、移动振幅为 0.35mm 的正弦振动;
- 重量：0.9kg, 尺寸：233 \times 85 \times 67mm。

5、FJ2000 型 X/ γ 个人剂量仪

- 探测器：GM 计数管 (经补偿);
- 测量范围：累积剂量当量：Hp (10) 0.0 μ Sv-99.99mSv
剂量当量率：Hp (10) 0.1 μ Sv/h-99.99mSv/h;
- 相对误差：< \pm 15% (137Cs);
- 能量响应：50KeV-1.3MeV,误差在 \pm 30%;
- 角响应：参考 137Cs 在 0 $^{\circ}$ ~ 90 $^{\circ}$ 时不超过校准方向上响应的 \pm 30%;

- 使用环境：温度-10℃~+50℃、相对湿度(在 40℃温度下)≤95%

6、HA1100Med-P Pro X/γ辐射监测仪

- 探测器：塑料闪烁体；
- 测量范围：0.01μSv/h~10Sv/h；
- 响应时间：脉冲式测量， <1 秒；
- 相对误差：测量范围内相对基本误差±15%；
- 能量响应：30Kev~3Mev；
- 供电范围宽：DC12V/POE 交换机；

■操作要求

1、ENM-6 高灵敏度环境中子探测器

- 开机：按下开机键 on/off 开机，屏幕点亮，仪器自检是否能正常工作，是否有电量不足显示。然后进入测量界面进行检测；
- 进入测量界面后，Mode 键实现不同单位模式的转换，选择需要的单位，仪器自动跳转到相应的单位模式；T 键可实现剂量率和累积剂量之间的转换；上键、右键用于仪器与电脑连接后进行数据处理；
- 关机：按下关机键 on/off 关闭电源。

2、EGM-5 高气压电离室环境γ监测器

- 开机：按下开机键 on/off 开机，屏幕点亮，仪器自检是否能正常工作，是否有电量不足显示。然后进入测量界面进行检测；
- 进入测量界面后，Mode 键实现不同单位模式的转换，选择需要的单位，仪器自动跳转到相应的单位模式；T 键可实现剂量率和累积剂量之间的转换；上键、右键用于仪器与电脑连接后进行数据处理；
- 关机：按下关机键 on/off 关闭电源。

3、AGM-6 高压电离室γ辐射探测器

- 开机：按下开机键 on/off 开机，屏幕点亮，仪器自检是否能正常工作，是否有电量不足显示。然后进入测量界面进行检测；
- 进入测量界面后，Mode 键实现不同单位模式的转换，选择需要的单位，仪器自动跳转到相应的单位模式；T 键可实现剂量率和累积剂量之间的转换；上键、右键用于仪器与电脑连接后进行数据处理；

➤ 关机：按下关机键 on/off 关闭电源。

4、便携式辐射检测仪 AT1121

➤ 开机：按下“START”键开启仪器，接通电源，仪表进入自检模式。此时仪器背景灯亮，所有数码管同时点亮。随后仪器显示电池电量，并进入剂量率测量模式；

➤ 进入测量界面后，按住“MEMORY MODE”键实现剂量率和累积剂量之间的转换；上键、下键用于仪器与电脑连接后进行数据处理，上键可开启、关闭声音，下键为灯光按钮，一次打开低亮光，两次打开高亮光，等待 5s 关闭背光。

➤ 关机：连续按三次“START”键关闭仪器，显示屏上会显示“OFF”，持续 1~2s 关闭电源。

5、FJ2000 型 X/γ个人剂量仪

➤ 开机：按下开机键 on 开机，屏幕点亮，仪器自检是否能正常工作，是否有电量不足显示。然后进入测量界面进行检测；

➤ 进入测量界面后，Mode 键可实现剂量率和累积剂量之间的转换；

➤ 累积剂量：每增加 0.1 μ Sv，响一短声，发光一次； $\geq 50\mu$ Sv，声光报警 5s，有“ALARM”显示；剂量率 $\geq 25\mu$ Sv/h，声光报警 6s，有“ALARM”显示；当计数管堵塞时，连续报警不停，有“ALARM”显示；

➤ 关机：按下关机键 on 3s 关闭电源。

6、HA1100Med-P Pro X/γ辐射监测仪

➤ 开机：按下开机键 on/off 开机，屏幕点亮，仪器自检是否能正常工作，是否有电量不足显示。然后进入测量界面进行检测；

➤ 进入测量界面后，Mode 键实现不同单位模式的转换，选择需要的单位，仪器自动跳转到相应的单位模式；T 键可实现剂量率和累积剂量之间的转换；上键、右键用于仪器与电脑连接后进行数据处理；

➤ 关机：按下关机键 on/off 关闭电源。

■注意事项

1、检定周期

所有辐射防护仪器均需每年检定一次，由具有相应资质的检定机构进行检定并出具检定报告。

2、维护保养

➤ 这些辐射监测仪器均不防水，液体等渗入到仪器里面可能损坏电路，仪器应保持清洁无灰尘和污染，可以用潮湿的布蘸取清洁剂或消毒剂来擦拭；

➤ 仪器贮存在防火、抗撕裂、放风雨并且通风良好的干燥室内；

➤ 使用仪器时要轻拿轻放，特别要注意探头的保护，探头表面应保持洁净；
探针与仪表连接时，要对准后插入，严禁旋转；

➤ 更换电池过程中应仔细核对电池正负极，禁止反接；

➤ 仪表使用时禁止擅自修改仪表参数。

新奥科技发展有限公司

2024年6月15日

附件 16 EXL-50U 供配电系统日常维护保养指导书

EXL-50U 供配电系统日常维护保养指导书

供配电高低压系统日常吹扫维护是保障系统稳定运行的重要工作，以下是具体的维护内容和注意事项。

一、高压开关柜

- 柜体吹扫：使用干燥清洁的压缩空气或低压小功率吸尘器，对开关柜柜体内部进行吹扫，清除灰尘、杂物，重点清理母线室、断路器室、电缆室等部位。

- 断路器维护：检查断路器的触头、灭弧室等部位，清除表面的灰尘和污垢，确保触头接触良好。同时，检查断路器的操作机构，添加适量的润滑油，保证操作灵活可靠。

- 二次回路检查：对二次回路的接线端子、继电器、熔断器等进行检查和吹扫，确保接线牢固，无松动、虚接现象，熔断器无熔断。

- 变压器

- 外观清洁：清扫变压器的外壳、散热器等部位，清除表面的灰尘和杂物，检查散热片是否堵塞，保证散热良好。

- 接线检查：检查变压器的高压侧和低压侧接线是否牢固，有无过热、氧化现象，接线端子的温度是否正常。

二、低压开关柜

- 柜体及元件吹扫：对低压开关柜的柜体内部进行全面吹扫，包括母线、断路器、接触器、继电器等元件，清除灰尘和污垢，防止因积尘导致绝缘下降。

- 触头检查：检查断路器、接触器等触头的接触情况，如有烧蚀、磨损现象，应及时进行修复或更换。

- 抽屉式开关维护：对于抽屉式开关，检查抽屉的插拔是否顺畅，触头接触是否良好，机械联锁装置是否正常。

三、配电箱

- 内部清洁：打开配电箱门，使用压缩空气或吸尘器对内部进行吹扫，清除灰尘和杂物，检查电气元件的安装是否牢固，接线是否整齐。

- 熔断器检查：检查熔断器的熔体是否熔断，熔断器座是否松动，如有问题应及时更换。

四、注意事项

- 停电操作：在进行吹扫维护工作前，必须严格按照操作规程进行停电、验电、挂接地线等操作，确保工作人员的人身安全。

- 防护措施：工作人员应穿戴好绝缘手套、绝缘鞋等防护用品，使用合格的工具进行操作。在操作过程中，要注意与带电设备保持安全距离。

- 监护制度：维护工作应至少由两人进行，一人操作，一人监护，确保操作过程中的安全。

- 避免损坏元件：在吹扫过程中，要注意控制压缩空气的压力和方向，避免直接吹向敏感元件，防止元件损坏或松动。对于一些不能承受较大压力的元件，如电子元件、传感器等，应采用软毛刷或低压空气进行清洁。

- 防止受潮：如果环境湿度较大，应采取防潮措施，如在设备内部放置干燥剂等，避免设备受潮导致绝缘性能下降。

- 恢复原状：维护工作完成后，要确保所有设备和元件恢复到原来的安装位置和状态，接线正确牢固，柜门关闭严密。

记录与验收方面

- 记录工作：对维护工作的内容、发现的问题及处理情况进行详细记录，以便日后查阅和分析。

- 验收检查：维护工作完成后，要进行全面的验收检查，确保设备正常运行，各项参数符合要求。如有异常情况，应及时进行处理。



附件 17 EXL-50U 中性束加热系统安全运行规程

EXL50U 中性束加热系统安全运行规程

■目的

保障 EXL-50U 中性束加热系统运行过程中人员和设备安全

■适用范围

适用于 EXL-50U 中性束离子源实验平台

■操作规程

1.离子源测试平台安全操作规程

- 1)检查系统是否存在安全隐患，检查系统冷却水状态是否正常。
- 2)实验前清场，确保已取接地杆，并关门上锁。
- 3)实验过程中，时刻监测系统真空和水冷是否正常。
- 4)实验结束后，高压台接地（接地杆防放置在高压台），确保安全后方可靠近离子源。

2.离子源及检测设备安全操作规程

- 1)实验前，检查连接离子源的真空系统是否正常，冷却水路有无漏水情况。如果有异常，及时处理。
- 2)实验过程中，继续观察系统真空和水流情况。并通过查看离子源放电波形，监测离子源内阴极灯丝、加速器部件等是否正常。
- 3)如果灯丝烧断，必须拆开离子源进行更换。如果真空异常，请及时查找原因。

3.电源、控制、测量和数据采集系统安全操作规程

- 1)检查设备现场有无安全隐患。
- 2)开启电源、控制、测量和数据采集系统，查看各部分连接是否正常，电源有无故障。一切正常后，方可开展实验。
- 3)实验过程中，继续观测各部分的状态，遇到异常情况，停止实验检查。
- 4)实验结束后，关闭各系统电源。

4.水冷回路安全操作规程

- 1)检查现场水路，无泄漏。

- 2)打开主水路和分水器阀门（需专业人员调整，固定后不变动）
- 3)开启各机组水泵电源，逐渐增加频率(先设置 10Hz，再 2Hz/次,最终到要求参数)，即：
 - 机组一：冷源循环机组，工艺泵和循环泵，设置 35Hz 0.1MPa
 - 机组二：离子源冷却机组，逐渐增加频率，工艺泵出口压力 0.6Mpa
设置 36Hz 循环泵，35Hz 0.1MPa
 - 机组三，束线冷却机组（吞噬器、漂移管道，中性化管道等），工艺泵达到 0.6Mpa，设置 35Hz 循环泵，35Hz 0.1MPa
 - 机组四，量热靶，工艺泵达到 0.7Mpa，设置 27Hz，循环泵，35Hz 0.1MPa检查各分水器进出水水压是否处于正常范围，即：
 - 离子源分水器，进水压 0.6MPa，出水压力 0.1MPa，
 - 离子源高位均压器，进水压力 0.2Mpa,出水压力 0.1Mpa
 - 量热靶分水器，进水压力 0.6Mpa，出水 0.1MPa，
 - 束线分水器，进水压力 0.7Mpa，出水 0.1MPa，
- 4)水系统运行时，监测各旁路是否有渗水、漏水现象。
- 5)实验完毕后，关闭水泵电源（关泵时主逐步降频 2Hz/次，当频率 10Hz 时，再直接停泵）
- 6)发生渗水现象时，应立即停止实验，检修正常后才能恢复实验。

5.真空抽气系统安全操作规程

- 1)开机前检查所有真空连接管道和法兰是否连接可靠。
- 2)检查真空泵制冷机是否开启，设置温度 19℃，检查冷却水路、水压，压力<0.2Mpa，禁止开机。
- 3)打开上位机，真空系统控制界面。
- 4)检查真空室和分子泵前级管道,真空压差小于 50Pa 时才能打开插板阀。
- 5)开机：打开机组冷却水路；打开旁通阀，启动前级泵；当真空室真空度低于 5Pa 时，启动分子泵，打开分子泵泵口插板阀。
- 6)关机：关闭分子泵泵口插板阀；关闭分子泵；分子泵转速为零时，关闭前级泵插板，关闭前级泵，断开控制柜电源开关；关闭分子泵、前级泵冷却水路。
- 7)突然停电：关闭分子泵泵口插板阀，待分子泵停止转动后，才能关闭冷却

水，断开控制柜电源开关。

8)突然停水：关闭分子泵泵口插板阀，停分子泵，停机前级泵，最后断开机组控制柜电源开关。所有操作必须在 20min 之内完成。

9)真空室突然暴露大气：立即关闭分子泵泵口插板阀和旁通阀，按照正常程序等停机。待查明原因后再按照程序重新开机。

6.低温泵系统安全操作规程

低温泵系统包括：低温泵泵体、制冷系统、低温管道和控制系统

1) 开机前检查注入器冷却水系统是否开启，开启后低温系统方可降温

2) 开机前，确认系统自身循环水、电、气都已正常开启，检查冷箱和杜瓦管道真空度，检查液氮储槽也为是否有足够的液氮，检查氦气储槽是否有氦气

3) 上述检查都正常后，低温系统开车，主操《低温系统操作流程》逐步降温至要求的参数

4) 在降温过程中，需要重点关注现场的压力、温度以及管道是否存在“跑、冒、滴、漏”的情况。一旦发现问题，需要及时处理并上报

■安全隐患

1.现场电源较多，且存在 50kV 高压电源，可能对人员造成高压触电，或损坏现场设备。

2.循环水水路漏水,如进入现场电路，会造成电源短路，或造成火灾。

3.冷却循环水故障，供水温高，可能造成中性束离子源、吞噬器、量热靶等器件损坏，或造成分子泵、前级泵故障停机。

4.制冷系统冷却水温度高，可能造成压缩机停机，影响系统安全运行。

新奥科技发展有限公司

2024年6月15日

附件 18 辐射安全事故应急预案

辐射安全事故应急预案

■目的

为了预防辐射事故，以保护新奥科技发展有限公司研发工作人员和公众的健康，保护财产安全，降低辐射事故造成的影响，制定本预案。

■编制依据和适用范围

1、编制依据

《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条和《射线装置分类办法》规定，结合本单位装置为使用类Ⅲ类射线装置，发生事故时，定性为一般辐射事故，即：射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

2 适用范围

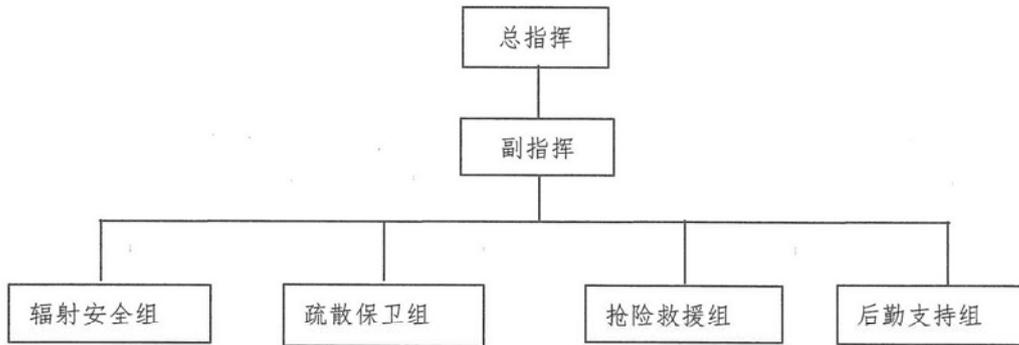
本预案适用于在本公司范围内可能或者已经造成射线装置的失控、造成辐射后果的事故应急管理工作。

■指导思想

遵循“预防为主、常备不懈”的方针，贯彻“统一指挥、大力协同、反应及时、措施果断、依靠科学、加强合作”的原则，确保公司辐射防护安全。具体工作原则：以人为本、预防为主；平战结合、应急迅速；分工明确、科学处置。

■组织机构

新奥科技发展有限公司成立辐射安全事故应急指挥小组(以下简称应急指挥小组)，下设辐射安全组、保卫疏散组、抢险救援组、后勤支持组，其组织结构图如下：



■ 岗位职责

1、总指挥

- (1) 贯彻落实辐射安全事故应急的法律法规和规定；
- (2) 组织应急预案的编制、评审、修订和演练工作；
- (3) 指挥、协调应急准备、应急响应和应急救援工作；
- (4) 批准本预案的启动与终止；
- (5) 事故信息的上报工作；
- (6) 协调与外部应急力量、相关政府部门的关系。

2、副指挥

(1) 负责协助组长做好应急救援工作，在组长不在现场时，代行组长职责，全面指挥应急救援工作；

(2) 接到报案后，立即向组长报告，并指挥封锁现场，维护秩序，疏散人员，根据事故的性质和类别及时协调相关应急组进行应急处置；

(3) 随时向组长汇报人员伤亡、抢救、应急处理进展情况；

(4) 配合事故处理，协调伤亡人员家属的安抚工作；

3、辐射安全组

(1) 根据事故情况确定事故性质等级，向组长提供建议；

(2) 负责事故调查、应急现场的辐射监测、周围环境和公众剂量评估、控制应急人员的照射方式、批准应急照射需求或执行干预行动以及事故结果的调查和影响报告。

4、疏散保卫组

(1) 负责打开应急语音广播，提醒现场人员发生应急情况，需进行应急疏散；

(2) 负责组织、引导员工疏散逃生到紧急集合点，联系值班警卫对装置周边实施警戒；

(3) 统计员负责在紧急集合点清点集合人员。

5、抢险救援组

(1) 负责找到危险源，采取果断措施控制事故危险源，保障应急响应所需的水、电等能源供应，

(2) 搜救伤员并撤离至安全地带。

6、后勤支持组

(1) 负责救援物资的供应和运输工作，保障医疗物资、防护用品的供给；

(2) 负责拨打 120，携带急救物资设备对受伤人员进行初步医疗救护，看护受伤人员就医。

■预防与预警

1、危险源监控

(1) 由运营能力群值班人员负责危险源的日常监控和维护；

(2) 中控大厅进行 24 小时不间断监控；

2、预警行动

发生辐射安全事故后，事故现场人员立即撤离，警卫值班人员立即封锁现场，专人开启应急警报，并通过语音系统，进行播报，通知人员撤离；

3、报告信息

(1) 事故发生时中控大厅值班人员，应首先通知实验负责人，并立即切断实验电源，实验负责人向应急指挥小组汇报，应急指挥小组总指挥视事故的事态启动相应级别的应急预案，向上级报告事故信息内容包括：发生的时间、地点、伤亡情况、事故范围，性质及财产损失情况。

(2) 24 小时有效报警固定电话：

内部：中控室大厅--2596392； 对讲机—10 频

外部：生态环境部华北核与辐射安全监督站：010-82212600

河北省生态环境厅辐射处：0311-87800377

廊坊市生态环境局辐射科电话：0316-2027296

廊坊市开发区生态环境局辐射科电话：0316- 6061300

廊坊市卫健委应急科电话：0316-2206316

廊坊市开发区公安局治安防爆大队：0316-6089324

■事故响应分级

根据事故的性质、严重程度、影响后果及范围等因素，按分级负责的原则，将事故应急响应级别分为三级：I级、II级、III级。

1、III级，预警级

本级别可能涉及到的情况包括：装置少量 X 射线泄漏，辐射影响范围不超过装置大厅边界；装置大厅发生火灾或其他事故，但不会造成装置及安全防护措施损坏；没有人员在事故中受伤或遭受超过公司个人剂量限值的照射。

2、II级，实验区级

本级别可能涉及到的情况包括：装置明显 X 射线泄漏，辐射影响范围不超过实验区边界（装置大厅边界外 30 米）；装置大厅发生火灾或其他事故，可能造成装置及安全防护措施小部分损坏；有人员在事故中受伤或遭受超过公司个人剂量限值的照射。

3、I级，场外级

本级别主要特点是大量 X 射线已经扩散到实验区边界（装置大厅边界外 30 米）外；装置大厅发生火灾或其他事故，可能造成装置及安全防护措施大部分损坏；有人员在事故中受伤、死亡或遭受超过国家个人剂量限值的照射；需要取得外部救援，请求地方政府启动应急预案。

■事故报告

应急领导小组视事故的响应级别进行事故报告。

1、若发生预警级响应时，于 2 小时内填写[事故快报表]，向新奥科技发展有限公司安全委员会、廊坊市开发区生态环境局报告；

2、若发生实验区级响应时，于 2 小时内填写[事故快报表]向新奥科技发展有限公司安全委员会、廊坊市开发区生态环境局、廊坊市开发区管委会、廊坊市生态环境局报告；

3、若发生场外级响应时，于 2 小时内填写[事故快报表]向新奥科技发展有限公司安全委员会、廊坊市开发区生态环境局、廊坊市开发区管委会、廊坊市生态环境局、河北省生态环境厅、生态环境部华北核与辐射安全监督站报告；

4、遭受或遭受超过国家个人剂量限值照射的，还应同时向市卫健委报告；

5、报告事故信息内容包括：发生的时间、地点、伤亡情况、事故范围，性质及财产损失情况。

■应急处置程序

1、应急疏散避险

发生辐射安全事故时，疏散保卫组组织非应急人员紧急撤离至应急集合点，值班警卫人员对现场进行封锁隔离，无关人员严禁进入封锁区域，其他各应急小组成员进入指定区域待命。

2、确定事故应急响应等级

应急指挥小组总指挥根据中控室实验负责人的报告信息，结合视频监控和现场辐射监测仪表显示数据，确定辐射事故应急响应等级，宣布应急响应启动，发布应急行动指令。

3、展开应急行动，消除辐射事故来源

由抢险救援组负责操作，将所有现场辐射装置关闭运行，消除辐射事故来源，防止事故得扩大和蔓延，必要的话进入装置大厅救援受伤人员；

4、人员救护

人员获救后，后勤支持组协助抢救伤员，根据不同的伤病情况，采取有效地急救措施，并及时拨打 120 急救指挥中心，协助护送就医；

5、现场辐射检测

辐射安全组对事故现场进行辐射检测，以便确定事故性质、级别、射线种类及其辐照水平，作好记录。严格控制相关人员进入现场，对受照人员进行辐射受照剂量估算，记录档案。

■应急状态的响应升级

1、当事故或险情进一步扩大，达到更高级别时，应急总指挥应及时向新奥科技发展有限公司领导汇报，建议进行应急状态响应升级，待上级审议通过后，本预案事故响应级别自动升级，并按照升级后的程序处理；

2、预案升级至I级时，指挥权上移后，现场应急指挥负责协调本部所有应急资源，按照上级应急指挥的要求，积极主动参与应急处置工作。

■应急结束

1、当事故现场事态被完全控制，事故隐患消除，伤员都已撤离现场，确认安全后，应急总指挥宣布应急响应结束，恢复正常工作状态。

2、应急结束后，安全办公室应在 24 小时内将事故简报向新奥科技发展有限公司安委会报告。

■善后与调查

1、善后处置

(1) 应急结束后，根据上级部门指示，安排专人负责现场保护，任何人不得破坏。得到撤销现场保护命令时，派人及时清理，做好清理现场时的安全措施。

(2) 要积极稳妥、深入细致的做好善后处置工作。对辐射安全事故中的伤亡人员、应急处置工作人员进行善后处理，对紧急调集的有关物资，要按规定予以补充。还需做好疫病防治和环境污染消除工作。

2、调查与评估

(1) 由新奥科技发展有限公司安全办公室成立事故调查组，对事故的起因、影响、责任、经验教训等问题按照“四不放过”原则进行调查，各相关组织配合协助完成。

(2) 事故调查小组需要准备的资料包括：现场文字记录、图制、照片，技术鉴定和试验报告，物证、人证材料，直接和间接经济损失材料，事故责任者自述材料，伤亡人员诊断书等。

■应急物资保障

包括应急药品、应急救援设备、应急救援设施清单（详见附件 2），应急救援物资存放在专门的物资储存库，安排专人进行保管。

■应急预案演练、培训、修订与完善

1、应急预案演练

新奥科技发展有限公司安全员负责有计划、有重点的组织开展辐射安全事故应急预案的演练，每年至少进行一次，并做好演练过程的记录，进行演练评审，提升应急预案的实用性。

2、培训教育

由新奥科技发展有限公司安全员负责组织，进行辐射安全事故应急、避险、自救、互救、减灾等辐射安全应急知识的培训，增强员工的忧患意识、社会责任

意识和自救互救能力。

3、应急预案修订与完善

应急预案的修订与完善由新奥科技发展有限公司安全员负责。每3年对辐射安全事故应急预案进行修订，若发生应急机构人员变化的，应及时进行更新。

■附件

1. 应急领导小组人员联系表
2. 应急救援物资和装备清单
3. 应急疏散图
4. 事故快报表



新奥科技发展有限公司

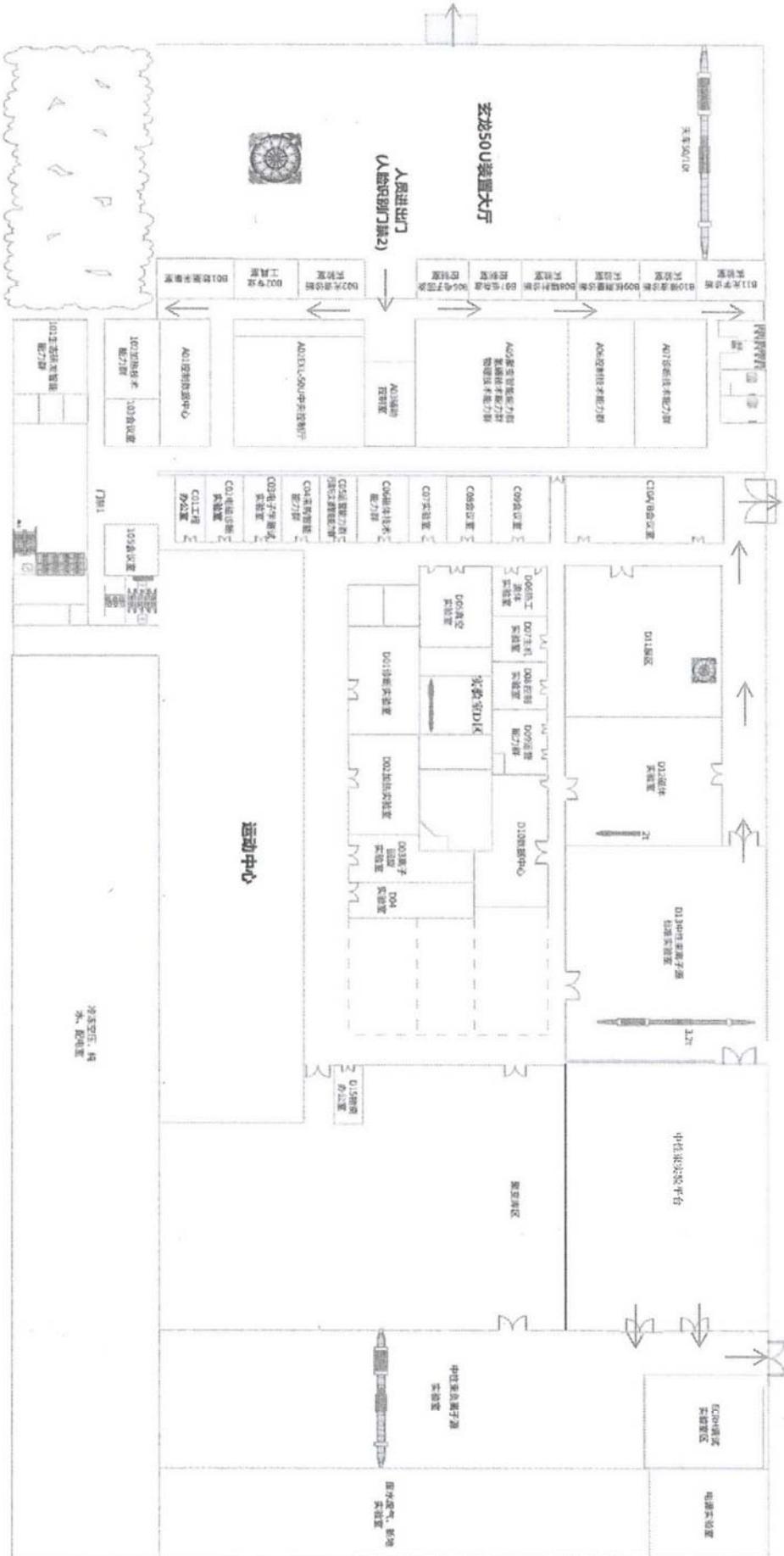
2024年6月15日

附件 1 应急领导小组人员联系表

应急领导小组人员联系表

机构名称	应急领导小组			电话	0316-2595051
组织角色	姓名	性别	职务或职称	工作部门	联系电话
总指挥	刘敏胜	男	新奥科技发展有限公司一号位	新奥科技发展有限公司	17733686998
副指挥	崔晓东	男	新奥科技发展有限公司首席安全总监	新奥科技发展有限公司	13932618815
副指挥	杨园明	男	聚变副总工程师	新奥科技发展有限公司	13933517113
抢险救援组	赵鑫	男	召集人	运营能力群	17733685232
抢险救援组	吴超	男	研发工程师	运营能力群	17733685106
抢险救援组	郝建波	男	研发工程师	电源能力群	15175661915
疏散保卫组	董占猛	男	安全管理	运营能力群	15930600613
疏散保卫组	王宇	男	研发工程师	主机能力群	18134932196
疏散保卫组	卢万辰	男	研发工程师	加热能力群	18932629690
疏散保卫组	张辉	男	研发工程师	诊断能力群	18903336983
辐射安全组	赵岳	男	安全管理	运营能力群	13833665533
辐射安全组	全正	男	研发工程师	运营能力群	13292681188
辐射安全组	齐冀	男	研发工程师	诊断能力群	18279188398
后勤支持组	董金梦	女	秘书	行政能力群	18903336983
后勤支持组	边晨	男	项目管理	生态能力群	15930600613
后勤支持组	张永生	男	司机	行政能力群	13931661755

附件 3 应急疏散图



附件 4 事故快报表

事故快报表

上报单位：

签发人：

发生事故名称			
事故发生时间		事故发生地点	
事故类型		直接经济损失（元） 算）算）（估算）（估	
伤亡情况			
事故基本情况			

报送部门：

经办人：

上报时间：