核技术利用建设项目

中陕核（西安）中子科技有限公司
新增甲级非密封工作场所项目

生态环境影响报告书

中陕核（西安）中子科技有限公司

二〇二六年九月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中陕核（西安）中子科技有限公司

新增甲级非密封工作场所项目

生态环境影响报告书

建设单位名称：中陕核（西安）中子科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省咸阳市秦都区西部科技创新港学镇中心二期 20126 南洋大道

邮政编码：710199　　联 系 人：郇阳

电子邮箱：huanyang@ssn-nt.com　　联系电话：18191873320

前言

1、建设项目由来

中陕核（西安）中子科技有限公司成立于2024年6月，公司主要从事紧凑型中子发生器、中子活化工业物料检测分析成套设备、地勘石油测井中子设备、中子管及小型中子发生器、氦-3管、中子成像装置等中子技术系列产品的研发及销售。

各类中子发生器已在无损检测、石油勘探、元素活化分析等领域得到广泛应用。中子发生器具有通电才出中子、检测高效等独特的优点，具有良好的市场前景。根据发展规划和市场需求，同时为了加快引进培养中子应用产业，搭建以中子科学为核心，培育引进产业链相关企业，形成中子产业新高地，中陕核（西安）中子科技有限公司拟租用沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼开展中子管、中子发生器生产研发活动。根据公司业务需求，拟在1#研发楼一层生产区东北角建设充氚室，用于自成氚靶充氚操作，充氚室包括充氚手套箱、放射性废物间、更衣室、缓冲间、检测去污间等配套用房，在充氚室内将氘氚混合气充入氘-氚真空管（含钛靶，留有充气口），生产氘-氚中子管（自成靶）。本项目涉及使用^{3}H核素（以氚化铀为氚源），为甲级非密封工作场所。

2、环境影响评价工作

根据《中华人民共和国生态环境法典》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号）的要求，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172.核技术利用建设项目—甲级非密封工作场所”，应编制环境影响报告书。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国生态环境法典》，2026年1月，中陕核（西安）中子科技有限公司委托核工业北京化工冶金研究院对本项目进行环境影响评价。

按照《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016），环境影响评价工作共分为三个阶段，即调查分析和工作方案制定阶段，分析论证和预测评价阶段，环境影响报告书编制阶段。

（1）调查分析和工作方案制定阶段

我单位接受委托后，按照《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》《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》中所规定的原则、方法、内容及要求，确定评价思路、评价重点；收集了项目背景资料，组织人员到项目建设所在地进行了现场踏勘，对项目周边的自然环境和社会环境进行了调查。结合有关规划和当地环境特征，按国家、陕西省环境保护政策以及环评技术导则、规范的要求，开展本项目环境影响评价工作。对本项目进行初步的工程分析，识别本项目的环境影响因素，筛选主要的环境影响评价因子，明确评价重点和环境保护目标，确定环境影响评价范围、评价标准，最后制定工作方案。

（2）分析论证和预测评价阶段

在调查分析和工作方案制定阶段的基础上，做进一步的工程分析，对拟建项目所在地及其周围环境进行现状调查，包括γ辐射剂量率、表面污染、气溶胶、空气中氚、土壤、地表水及底泥中的 ^{3}H 活度浓度，对环境质量现状进行评价，在此基础上对各环境要素进行影响预测与评价，并提出了相应的污染防治措施，从环境保护的角度论证了项目建设的可行性。

（3）环境影响评价文件编制阶段

汇总、分析论证和预测评价阶段工作所得的各种资料、数据，根据项目的环境影响、法律法规和标准等要求，编制完成《中陕核（西安）中子科技有限公司新增甲级非密封工作场所项目环境影响报告书》。

3、关注的主要环境问题

本工程关注的主要环境问题包括：

（1）本项目租用现有厂房，不涉及土建施工，仅对现有厂房进行布局改造，施工期产生一定的噪声、扬尘、废水、固体废物，对周围环境一定影响。

（2）运行期主要环境影响为项目运行对周围环境的辐射影响，评价重点为辐射工作人员及公众所受附加剂量，放射性三废的贮存及处理是否安全可靠，各项辐射安全措施是否满足要求，各项辐射管理制度是否完善。

4、报告书主要结论

拟建项目内容主要为在充氚室内将氘氚混合气充入氘-氚真空管（含钛靶，留有充气口），生产氘-氚中子管（自成靶），该场所为甲级非密封放射物质工

作场所，属于《产业结构调整指导目录（2024年版）》中“鼓励类”中第六项“核能”中第4条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，项目建设符合我国的产业政策。

（1）施工期，在采取有效的环境保护措施和做好施工管理的前提下，可有效降低噪声、扬尘、废水及固废等对环境的影响，本项目在已有建筑物内进行改造建设，不新增土地占用，对周围生态环境影响很小。

（2）运行期，工作场所采用了混凝土墙体、金属屏蔽及其他辐射防护设施及措施，工作场所周围剂量率可满足相关要求。经计算，职业照射和公众照射剂量均小于年剂量约束值。

本项目设有放射性固体废物箱及放射性废液罐，可满足相应放射性固体废物及废水的贮存要求。正常运行时，充氚操作在手套箱内完成，手套箱及充氚室保持负压，手套箱设置氚逸出净化设备及氚监测仪，当发生氚泄漏时，启动氚逸出净化设备，处理后经氚监测仪检测低于浓度阈值后排放，充氚室设置氚监测仪，监测到泄漏后加大手套箱事故风机风量，形成更大的负压，避免氚气泄漏到充氚室、外环境；生产过程中产生的中子管废品，统一存放于中子发生器及氚材料贮存库专用中子管废品存储柜内，实行分区、分类、上锁管控，经负压密闭手套箱脱氚后产生的废中子管委托具备放射性废物处置资质的单位收贮处置。

（3）本项目针对可能发生的事故，制定了完善的辐射事故防治措施，及时有效控制事故对环境的影响。

（4）中陕核（西安）中子科技有限公司成立了相应的辐射安全与环境管理领导小组，并制定了较为完善的辐射安全与环境管理措施。制定了相应的安全操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案、应急预案、台账管理等制度。可有效保障辐射工作人员和周围公众成员的权益，培养和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致的人员意外照射事故的发生。

本项目在实施了本报告书中提出的各项措施和要求后，从环境保护角度分析是可行的。

目　录

1 概述 1
1.1 项目名称、地点 1
1.2 项目概况 1
1.3 评价目的 18
1.4 评价依据 18
1.5 评价标准 21
1.6 评价范围和保护目标 27
2 自然环境与社会环境状况 31
2.1 地理位置 31
2.2 自然环境概况 31
2.3 环境质量与辐射现状 33
2.4 选址适宜性评价 43
3 工程分析与源项 44
3.1 项目规模与基本参数 44
3.2 工程设备和工艺分析 47
3.3 污染源项 49
3.4 污染源汇总 53
4 辐射安全与防护 55
4.1 工作场所布局与分区 55
4.2 辐射安全与防护措施 58
4.3 三废的治理 65
4.4 服务期满后的环境保护措施 69
5 环境影响分析 72
5.1 施工期环境影响分析 72
5.2 运营期环境影响评价 73
5.3 放射性废物环境影响分析 85
5.4 非放射性废物环境影响分析
5.5 事故影响分析 91
6 辐射安全管理 104
6.1 辐射安全管理机构与人员 104
6.2 辐射安全管理规章制度 105

6.3 辐射监测 107
6.4 辐射事故应急 116
6.5 年度评估 125
6.6 核安全文化 127
6.7 从事辐射活动能力的分析 127
6.8 “三同时”验收 130
7 利益-代价简要分析 132
7.1 利益分析 132
7.2 代价分析 132
7.3 正当性分析 133
8 结论与建议 134
8.1 项目工程概况 134
8.2 辐射安全与防护 134
8.3 环境影响分析 135
8.4 辐射安全管理 137
8.5 总结 138
8.6 建议和承诺 138

1 概述

1.1 项目名称、地点

项目名称：中陕核（西安）中子科技有限公司新增甲级非密封工作场所项目

建设性质：新建

建设地点：沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼东北角

建设单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

建设规模：建设 1 间充氚室，使用放射性同位素氚（^{3}H），日等效最大操作量 $1.85\times10^{12}Bq$，属于甲级非密封工作场所。

建设内容：在 1#研发楼一层生产区东北角建设 1 间充氚室，同时建设更衣室、检测去污间、缓冲间、中子发生器及氚材料贮存库、放射性废物间等配套用房，为工作人员提供必要的可更换衣物和表面污染监测设备。充氚室西南角设置中子发生器及氚材料贮存库，用于分区贮存中子管和中子发生器、氚靶及中子管废品（含氚靶），在中子发生器及氚材料贮存库东北侧设置放射性固废箱，用于贮存手套、口罩及棉纱、废分子筛、废中子管等放射性固体废物；在充氚室内将氘氚混合气充入氘-氚真空管（含钛靶、留有充气口），生产氘-氚中子管（自成靶），该场所为甲级非密封工作场所。

项目投资：项目总投资约为 600 万元，其中环保投资约 110 万元，占总投资的 18.33%。

劳动定员和工作时间：根据中陕核（西安）中子科技有限公司提供的资料，本项目建成后，公司拟安排 2 名辐射工作人员专职负责充氚的相关工作，为新增辐射工作人员，不兼岗公司其他辐射工作。本项目辐射工作人员实行 8h 工作制度，年工作日为 250 天。

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况

中陕核（西安）中子科技有限公司成立于 2024 年 6 月，为国有控股企业，大股东为中陕核工业集团有限公司，注册资本金为 3000 万元人民币，现有员工 52 名。公司主要从事紧凑型中子发生器、中子活化工业物料检测分析成套设备、地勘石油测井中子设备、中子管及小型中子发生器、氦-3 管、中子成像装置等中

子技术系列产品的研发及销售。

公司联合兰州大学中子技术核心团队，依托雄厚的科研联合团队，共同推动先进中子技术科创研发，扩展应用场景，致力于成为国内首家中子产业核心技术、部件、标准源整机及工业化场景应用整装设备的“研发+制造+服务”集成解决方案供应商。

1.2.2 项目建设背景及意义

（1）项目建设背景

中子发生器是利用同位素核反应产生高能中子的Ⅱ类射线装置，其具有小型便携、安全可控、操作简便等优点，在油气勘探、铀矿勘探、金属矿勘探、工业物料成分分析、违禁品检测等领域发挥了重要作用，是不可或缺的核心探测装备。

目前，欧美发达国家在微型中子源研发方面保持领先地位，并对我国实施严格的技术封锁与产品禁运限制。国内自 20 世纪 70 年代开始微型中子源的研发，但整体起步较晚，现有产品在工作寿命、高温稳定性、中子产额稳定性等关键性能指标上与国际先进水平存在明显差距，难以满足深地层油气勘探等复杂工况下的实际应用需求，微型中子源已成为我国相关领域关键核心技术“卡脖子”产品。以氘氚反应为主要原理的中子管，其核心在于充氚工序和靶件制备工艺。当前国内缺乏满足多样化科研与工程需求的商品化氚靶产品，自成靶技术研发与工程化应用迫在眉睫。

中陕核（西安）中子科技有限公司在微型中子源的研发领域具备较强技术基础与核心竞争力。通过建设专用充氚室，可进一步突破关键工艺瓶颈，提升中子管性能可靠性与充氚工艺稳定性、可重复性，为中子管技术迭代升级提供支撑，推动其在多场景、多领域工程化应用，进而打破国外技术垄断，提升我国微型中子源自主可控与国产化保障能力。

（2）项目建设意义

中子管是铀矿测井、页岩气资源评价等领域的关键核心装备。充氚室的建设投用，可有效保障我国每年大量油气、铀资源勘探钻井的核心设备自主供给，降低对进口同位素中子源（如镅铍源）的长期依赖。

高端中子管技术长期被国外垄断，自成靶中子管工程化技术成熟后，可为国家战略核装备、快中子系统启动中子源等关键领域提供重要技术支撑与自主技术备份，提升产业链供应链安全水平。

综上，本项目的建设技术需求迫切、战略意义突出，十分必要且紧迫。

1.2.3 建设项目基本情况

本项目拟在1#研发楼一层生产区东北角建设充氚室，充氚室包括充氚手套箱、放射性废物间、更衣室、缓冲间、检测去污间、控制室等配套用房。本项目在充氚室手套箱内将氘氚混合气充入氘-氚真空管（含钛靶，留有充气口），生产氘-氚中子管（自成靶），生产的部分氘-氚中子管用于组装测井用氘-氚中子发生器，部分氘-氚中子管直接外售。年产氘-氚中子管100支，单支充氚不超过10Ci（3.7×10^{11}Bq），3天完成2支自成靶充氚，本项目辐射工作场所放射性核素的日等效操作量为1.85×10^{12}Bq，为甲级非密封工作场所。

1.2.4 建设单位原有核技术利用项目情况

（1）原有核技术利用项目环保手续

2024年10月8日，中陕核（西安）中子科技有限公司新增销售类核技术利用项目在陕西省生态环境厅建设项目环境影响登记表备案系统进行了备案登记，备案号：202461011600000126。

2026年7月28日取得了西安市生态环境局换发的《辐射安全许可证》（编号：陕环辐证〔A2434〕），许可种类和范围为销售Ⅳ类、Ⅴ类放射源，销售、使用Ⅱ类射线装置，销售非密封放射性物质，有效期至2031年7月27日。

中陕核（西安）中子科技有限公司现行《辐射安全许可证》许可的放射源、非密封放射性物质及射线装置内容如表1-1~表1-3所示。

表1-1 许可的放射源统计表

序号	核素	类别	总活度（Bq）/活度×枚数	活动种类	备注
1	^{3}H	Ⅴ类	3.90E+11*99	销售	/
2	^{3}H	Ⅴ类	3.70E+12*20	销售	/
3	^{3}H	Ⅳ类	3.70E+14*20	销售	/
4	^{252}Cf	Ⅳ类	1.50E+10*2	销售	/
5	^{252}Cf	Ⅴ类	1.50E+8*2	销售	/

表 1-2 许可的非密封放射性物质统计表

序号	核素	物理状态	年最大用量（Bq）	活动种类	备注
1	^{3}H	液态	7.40E+13	销售（不贮存）	/

表 1-3 许可的射线装置统计表

序号	活动种类和范围					使用台账		
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台（套）	装置名称	规格型号	技术参数
1	客户单位	中子发生器	Ⅱ类	销售	99	/	/	/
2	油田测井现场（非固定场所）	中子发生器	Ⅱ类	使用	2	测井用氘氚中子发生器	XFZF25442	中子产额100000000n/s
						测井用氘氚中子发生器	XFZF25308	中子产额1000000n/s

2025 年 7 月，委托核工业二〇三研究所编制完成了《中陕核（西安）中子科技有限公司生产、销售、使用中子发生器核技术利用建设项目环境影响报告表》，并于 2025 年 12 月 30 日取得陕西省西咸新区行政审批服务局出具的审批意见（文号：陕西咸审服准〔2025〕205 号，见附件），目前该项目正在准备建设中。

2026 年 1 月，委托核工业二〇三研究所编制完成了《中陕核（西安）中子科技有限公司使用中子发生器野外测井及维修 X 射线探伤机项目环境影响报告表》，并于 2026 年 4 月 13 日取得陕西省西咸新区行政审批服务局出具的审批意见（文号：陕西咸审服准〔2026〕61 号，见附件），目前该项目正在准备建设中。

（2）辐射安全与管理现状

①辐射安全管理小组及规章管理制度

为加强对辐射安全和防护管理工作，公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，明确了机构成员以及职责，指定专人负责单位辐射安全管理工作。

公司已制定《辐射安全防护和管理制度》《中子发生器操作规程》《射线装置的维护、维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射安全管理部门安全职责》《辐射工作人员个人剂量管理制度》

《辐射工作人员职业健康体检管理制度》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《辐射工作场所监测制度》《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《辐射安全负责人岗位职责》《放射性废物管理制度》等制度，用于规范公司辐射安全管理，同时公司已针对可能发生的辐射事故，制定了相应的《辐射事故应急预案》。

②辐射工作人员职业健康体检结果

公司现有9名辐射工作人员，2025年4月公司安排辐射工作人员在核工业四一七医院进行了职业健康检查，并建立了职业健康监护档案。根据核工业四一七医院出具的职业健康检查报告可知，9人均可继续从事辐射类相关工作。

③辐射工作人员考核成绩合格单

建设单位现有9名辐射工作人员均参加了辐射防护安全知识和法律法规教育，并取得了核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格单。具体人员名单见下表。

表1-4 辐射工作人员一览表

序号	姓名	类别	证书编号	有效期
1	董荣	科研、生产及其他	FS25SN2300022	2025年3月17日至2030年3月17日
2	高磊	科研、生产及其他	FS25SN2300045	2025年4月12日至2030年3月12日
3	韩聪	放射性测井	FS25SN1300028	2025年4月1日至2030年4月1日
4	吉晓熠	科研、生产及其他	FS25SN2300021	2025年3月17日至2030年3月17日
5	刘韵洋	科研、生产及其他	FS25SN2300020	2025年3月17日至2030年3月17日
6	王利	科研、生产及其他	FS25QH2300008	2025年3月23日至2030年3月23日
7	王明鑫	放射性测井	FS25SN1300030	2025年4月1日至2030年4月1日
8	闫星泉	科研、生产及其他	FS25QH2300009	2025年3月23日至2030年3月23日
9	张敏	放射性测井	FS25SN1300029	2025年4月1日至2030年4月1日

④辐射事故应急预案备案

2024年8月，公司制定了辐射事故应急预案，于2024年9月23日在西安市生态环境局国家民用航天产业基地分局进行了备案。

中陕核（西安）中子科技有限公司于2026年7月28日取得西安市生态环境局换发的《辐射安全许可证》，新增使用中子发生器项目。换证前，公司许可范围为销售中子发生器（II类射线装置）、销售（不贮存）氚（^{3}H）非密封放射性

物质，以及销售（不贮存）氚（^{3}H）、锎-252（^{252}Cf）IV、V类放射源；上述业务仅开展销售，不贮存放射性物品，无放射性工作场所，未在固定场所开展放射性操作，因此无需开展辐射工作场所年度监测。

1.2.5 建设项目产业政策分析

（1）产业政策符合性分析

本项目新增甲级非密封工作场所，属于生产中子发生器配套项目，根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“鼓励类”中第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”。因此项目的建设符合国家产业政策。

（2）市场准入政策符合性分析

《市场准入负面清单》（2025 年版）指出“未经许可，不得从事涉核、放射性物品生产、运输和经营”，许可准入措施为“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的辐射安全许可”。因此，拟建项目在取得辐射安全许可后方可从事涉核、放射性物品生产、运输和经营。

1.2.6 建设项目选址合理性分析

（1）项目周边外环境

本项目位于沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼。

秦创原创新生态城位于西咸新区沣西新城，咸户路以西，科技路以北，是秦创原创新驱动平台总窗口的核心承载区，总占地约 506 亩，规划总建筑面积约 91 万平方米，项目分为三期开发建设，一期项目用地面积约 87 亩，总建筑面积约 22 万㎡；二期项目占地面积约 95 亩，总建筑面积约 10.5 万㎡，目前一期和二期工程均呈空置状态。本项目所在的 1#研发楼位于二期用地范围内，为已建成标准厂房，目前，1#研发楼东侧、南侧 200m 范围内均属于秦创原创新生态城工业生产区地块范围，其规划建设内容为研发、生产厂房，由于经济环境所迫，已停止剩余地块开发计划。三期项目占地面积约 27 亩，总建筑面积约 3.1 万 m^2，目前处于未开发状态。项目北侧地块规划建设内容为法士特研发生产基地，属于工业项目。



图 1.1 厂址周围现状照片

（2）项目选址合理性分析

沣西新城所在地块性质为工业用地，本项目的建设均在 1#研发楼范围内，不新增用地，符合城市总体规划和土地利用规划。本项目为中陕核（西安）中子科技有限公司中子发生器项目配套的甲级非密封工作场所，为其氘-氚中子发生器中的中子管进行充氚，本项目选址于地勘测井设备实验室和中子发生器测试实验室东侧，整个研发楼的东北角，场所集中布置，避开了人员集中活动区域。本项目充氚室辐射防护设施和管理措施，可将运行过程中产生的电离辐射影响降至最低，因此项目选址合理可行。

1.2.7 建设项目区域规划符合性分析

规划名称：《西咸新区沣西新城分区规划》（2016-2035）；

规划编制机关：西咸新区管理委员会；

规划审批机关：陕西省西咸新区开发建设管理委员会；

规划环评名称：《西咸新区沣西新城分区规划（2016 年-2035 年）环境影响报告书》；

审批机关：原陕西省西咸新区环境保护局；

审查文件名称：《西咸新区沣西新城分区规划（2016年-2035年）环境影响报告书》（陕西咸环函〔2018〕61号）。

本项目与《西咸新区沣西新城分区规划（2016年-2035年）》、规划环评及审查意见符合性分析见表1-5。

表1-5 项目与规划及规划环评的符合性分析

文件名称	政策要求	本项目情况	符合性
《西咸新区沣西新城分区规划（2016-2035）》	沣西新城位于西安市与咸阳市接壤部，包括大王街道、马王街道、钓台街道，总面积142.77平方公里，其中西安市占地91.08平方公里，咸阳市占地51.69平方公里。规划范围东至沣河，南至大王街道及马王街道南部边界，西至大王街道西部边界，北至渭河。	本项目位于西咸新区沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼，属于沣西新城规划范围内。	符合
	沣西新城规划定位为：丝绸之路信息港、国家海绵城市建设示范区、西部科技创新引领区，以信息产业、大数据、国际文化交流等为主的大西安新中心重要组成部分。在产业定位上，以信息产业为主导、智能制造和现代服务业为重点、其他战略性新兴产业为支撑的“1+2+N”的产业体系。其中支撑产业包括生物医药产业、电子信息材料、节能环保设备及产品、休闲农业和地热能等方面。沣西新城主导产业：以战略性新兴产业和现代服务业为主，重点发展信息技术、节能环保、生物医药、行政商务、文化旅游、都市农业等产业。	本项目为在充氚室内将氘氚混合气充入氘-氚真空管内，生产氘-氚真空管，部分氘氚中子管用于中子发生器的组装，部分直接外售，该场所为甲级非密封工作场所，属于战略性新兴产业目录中的“核技术应用领域”，符合沣西新城规划定位。	符合
	对产业的引入采取“底线控制、优势相关、鼓励创新”的原则。底线控制，即淘汰三高（高污染、高耗能、高耗水等）。	本项目不属于高污染、高耗能、高耗水项目。	符合
《西咸新区沣西新城分区规划（2016年-2035年）环境影响报告书》	①对产业的引入采取“底线控制、优势相关、鼓励创新”的原则，底线控制即淘汰三高（高污染、高耗能、高耗水，如铸造、化工等），凡是非三高企业都可引入； ②区内建设污水处理厂，对地表水有较大的改善，但考虑到距离最终的规划目标仍有差距，评价要求严禁高耗水、高排水企业入驻区内，严格控制污水外排； ③合理规划区内环卫基础设施建设，针对固废的不同性质，采取相应的处置措施。推行生活垃圾分类收集，提高生活垃圾无害化处理率和固体废物的综合利用率。固废须按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）要求，进行贮存和处置，危废的产生和管理按照陕西省环境保护厅颁发的《危险废物转移联单管理办法》等有关规定文件的要求，收集后送往危废处理处置中心。	①本项目不属于高污染、高耗能、高耗水项目； ②本项目为新增甲级非密封工作场所，不属于高耗水、高排水项目，本项目可能产生的放射性废液主要是事故工况下导致工作人员身体沾污产生的去污水。去污废液收集至放射性废液罐内，委托有资质单位对废液进行检测，检测放射性活度满足要求后按要求排放，如检测不合格委托有资质的单位处理； ③本项目产生的放射性固体废物主要为氚净化系统中废弃的分子筛、废中子管，事故状态下产生的擦拭废物、辐射工作人员产生的棉纱、口罩、手套、废弃的氚化铀罐体等。擦拭废物、棉纱、口罩、手套、废弃分子筛等储存在放射性固废暂存间内，委托有资质单位收贮；中子管废品保持完整性，不进行拆解，暂时贮存于中子管及氚材	符合

		料贮存库，经负压密闭手套箱脱氚后由有资质单位收贮；废弃的氚化铀罐体由生产厂家回收。	
《西咸新区沣西新城分区规划（2016年-2035年）环境影响报告书》审查意见	①加强规划引导，坚持生态优先绿色集约发展，突出城市与产业协调发展的理念。严格落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单管控要求。强化“三线一单”在优布局、控规模及对项目环境准入的强制约束作用。严禁“三高一低”项目入区，采用总量控制方式，限制大气污染物及水污染物排放量大的项目入区。引进项目的生产工艺、设备、污染治理技术，以及单位产品能耗、物耗、污染物排放和资源利用率等均需达到同行业国际先进水平，落实《报告书》提出的环境要求；	本项目符合“三线一单”管控要求，为在充氚室内将氘氚混合气充入氘-氚真空管内，生产氘-氚中子管，部分氘氚中子管用于中子发生器的组装，部分直接外售，该场所为甲级非密封工作场所，不属于“三高一低”项目。项目运行期间，污染物产生量很小。	符合
	②严守环境质量底线，落实污染物总量管控要求。根据国家、陕西省、西咸新区有关大气、水、土壤污染防治行动计划相关要求，制定区域污染物减排方案，采取有效措施减少主要污染物和挥发性有机物等排放总量，实现区域环境质量改善目标；	项目运行过程中产生的大气污染物、水污染物、固体污染物相对有限。可通过源头控制、过程管理，将各类污染物排放控制在较低水平。	符合
	③结合区域大气环境质量改善目标要求，明确无煤化城市建设阶段性目标，进一步优化能源结构，加大无干扰干热岩供热技术的应用推广。加强挥发性有机物产生企业监督管理，强化移动源污染防治；	项目运营过程中不涉及煤炭使用，且无挥发性有机物的产生。	符合
	④结合区域水环境质量改善目标的要求，提高再生水回用率，提高污水厂管理标准；落实畜禽养殖禁养、景观水体建设等措施；	项目运营期无放射性废水外排。	符合
	⑤结合规划及水源地保护相关法律法规，加强水源地保护，全力保障饮用水安全；	项目建设地不涉及水源地。	符合
	⑥积极开展垃圾分类试点建设，加强固体废弃物特别是危险废物的集中处理处置。	本项目产生的放射性固体废物主要为氚净化系统中废弃的分子筛，辐射工作人员产生的棉纱、口罩、手套、废弃的氚化铀罐体、废中子管。棉纱、口罩、手套、废弃分子筛等储存在放射性固废暂存间内，委托有资质单位收贮；中子管废品保持完整性，不进行拆解，暂时贮存于中子管及氚材料贮存库，经负压密闭手套箱脱氚后由有资质单位收贮；废弃的氚化铀罐体由生产厂家回收。	符合

1.2.8“三线一单”符合性分析

1、根据原环保部《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》要求，切实加强环境管理，落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”（简称“三线一单”）约束，建立项目环评审批与规划

环评、现有项目环境管理、区域环境质量联动机制，更好地发挥环评制度从源头防范环境污染和生态破坏的作用，加快推进改善环境质量。

（1）“三线一单”符合性分析

根据陕西省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见（陕政发〔2020〕11号），本项目建设与陕西省“三线一单”符合性分析见表1-6，与陕西省环境管控单元对比分析详见附图4。

表1-6 本项目与陕西省“三线一单”符合性分析

“三线一单”	相关要求	本项目情况	符合性
生态保护红线	生态保护红线是生态空间范围内具有特殊重要生态功能必须实行强制性严格保护的区域。相关规划环评应将生态空间管控作为重要内容，规划区域涉及生态保护红线的，在规划环评结论和审查意见中应落实生态保护红线的管理要求，提出相应对策措施。除受自然条件限制、确实无法避让的铁路、公路、航道、防洪、管道、干渠、通讯、输变电等重要基础设施项目外，在生态保护红线范围内，严控各类开发建设活动，依法不予审批新建工业项目和矿产开发项目的环评文件。重点管控单元应优化空间布局和产业布局，结合生态环境质量达标情况以及经济社会发展水平等，按照差别化的生态环境准入要求，加强污染物排放控制和环境风险防控，不断提升资源利用效率，稳步改善生态环境质量。	本项目位于西咸新区沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼，位于重点管控单元范围内，不涉及生态保护红线。	符合
环境质量底线	环境质量底线是国家和地方设置的大气、水和土壤环境质量目标，也是改善环境质量的基准线。有关规划环评应落实区域环境质量目标管理要求，提出区域或者行业污染物排放总量管控建议以及优化区域或行业发展布局、结构和规模的对策措施。项目环评应对照区域环境质量目标，深入分析预测项目建设对环境质量的影响，强化污染防治措施和污染物排放控制要求。	本项目租赁已建成厂房进行生产，配备完善的环保设施，污染物均可达标排放，不会对区域环境质量产生明显影响。	符合
资源利用上线	资源利用上线是各地区能源、水、土地等资源消耗不得突破的“天花板”。相关规划环评应依据有关资源利用上线，对规划实施以及规划内项目的资源开发利用，区分不同行业，从能源资源开发等量或减量替代、开采方式和规模控制、利用效率和保护措施等方面提出建议，为规划编制和审批决策提供重要依据。	项目用原辅料全部外购，不涉及新开采资源，项目不触及资源利用上线。	符合
生态环境准入清单	环境准入负面清单是基于生态保护红线、环境质量底线和资源利用上线，以清单方式列出的禁止、限制等差别化环境准入条件和要求。要在规划环评清单式管理试点的基础上，从布局选址、资源利用效率、资源配置方式等方面入手，制定环境准入负面清单，充分发挥负面清单对产业发展和项目准入的指导和约束作用。	经对照，本项目位于西咸新区沣西新城，不属于《陕西省国家重点生态功能区产业准入负面清单（试行）》中划定的区县。	符合

（2）与《2023年西安市生态环境分区管控调整方案》符合性分析

根据《陕西省“三线一单”生态环境分区管控应用技术指南：环境影响评价（试行）》（陕环办发〔2022〕76号）及《2023年西安市生态环境分区管控调

整方案》要求，落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单（以下简称“三线一单”），建立健全生态环境分区管控体系。本项目与其符合性分析如下：

①一图

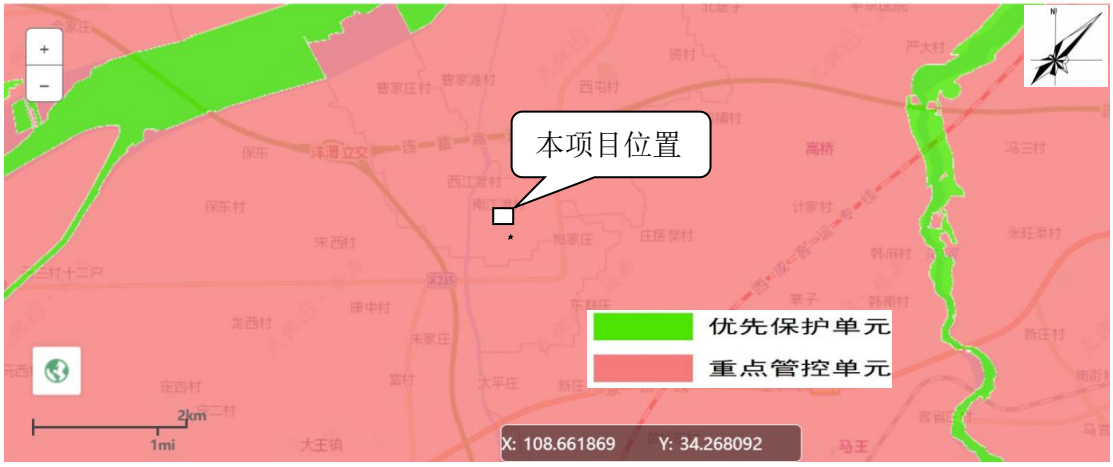
本项目位于陕西省西咸新区沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼，根据《2023 年西安市生态环境分区管控调整方案》，以及查询《陕西省“三线一单”数据应用系统平台》得知，本项目位于重点管控单元内，本项目在陕西省“三线一单”环境管控单元中的位置见图 1.2。

②一表

根据陕西省“三线一单”数据应用系统导出的“三线一单”生态环境管控单元对照分析报告，项目与生态环境管控单元准入清单表符合性分析见下表。

③一说明

建设项目符合性的说明：本项目属于重点管控单元（包括水环境城镇生活污染重点管控区、大气环境布局敏感重点管控区、高污染燃料禁燃区），符合“三线一单”生态环境分区管控要求。



（来源说明：项目空间冲突分析图来源于陕西省生态环境厅官网陕西省“三线一单”数据应用系统（V1.0））

图 1.2　空间冲突分析图

表 1-7　项目与生态环境管控单元准入清单的符合性分析

序号	市/区	区县	环境管控单元名称	单元要素属性	管控单元分类	管控要求		面积/长度	符合性
1	咸阳市	秦都区	陕西省咸阳市秦都	水环境城镇生活污	重点管控单元	空间约束	**大气环境布局敏感重点管控区：** 1.严格控制新增《陕西省“两高”项目管理暂行目	673m^2	**大气环境布局敏感重点管控区：**

			区重点管控单元6（西咸新区）	染重点管控区、大气环境布局敏感重点管控区、高污染燃料禁燃区		要求	录》行业项目（民生等项目除外，后续对“两高”范围国家如有新规定的，从其规定）。 2.推动重污染企业搬迁入园或依法关闭。		1.本项目不属于高耗水、高污染项目； 2.不属于重污染企业。
						污染物排放管控	**大气环境布局敏感重点管控区：** 1.城市建成区产生油烟的餐饮服务单位全部安装油烟净化装置并保持正常运行和定期维护。 2.持续因地制宜实施“煤改气”、“油改气”、电能、地热、生物质等清洁能源取暖措施。 3.鼓励将老旧车辆和非道路移动机械替换为清洁能源车辆。推进新能源或清洁能源汽车使用。 4.位于大气污染防治重点区域的汾渭平原，特别排放限值行业（钢铁、水泥、焦化、石化、化工、有色等行业）现有企业全面执行二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物（VOCs）特别排放限值。 **水环境城镇生活污染重点管控区：** 1.加强城镇污水收集处理设施建设与提标改造。全省黄河流域城镇生活污水处理达到《陕西省黄河流域污水综合排放标准》（DB61/224-2018）排放限值要求。 2.城镇新区管网建设及老旧城区管网升级改造中实行雨污分流，鼓励推进初期雨水收集、处理和资源化利用，建设人工湿地水质净化工程，对处理达标后的尾水进一步净化。 3.污水处理厂出水用于绿化、农灌等用途的，合理确定管控要求，确保达到相应污水再生利用标准。 4.加强城镇污水收集处理设施建设与提标改造，推进渭河南岸西部污水处理厂建设，提升污水处理能力，因地制宜在污水处理厂出水口处建设人工水质		**大气环境布局敏感重点管控区：** 本项目不设食堂，主要能源为电，不使用老旧车辆运输。不属于其中执行特别排放限值的行业。 **水环境城镇生活污染重点管控区：** 项目周边市政污水管网已敷设到位，职工生活污水经管网排入园区污水处理厂，项目运营期无放射性废水外排。

							净化工程。推进新建污水处理设施与配套管网的同步设计、同步建设、同步投运，加快污水管网建设与雨污分流改造，完成市区老旧城区管网升级改造。		
						环境风险防控	/		/
						资源利用效率	**高污染燃料禁燃区：** 严格禁燃区管控。市区和南六县市全域及北五县市城镇周边划定为高污染燃料禁燃区，禁止销售、使用煤炭及其制品等高污染燃料（35蒸吨及以上燃煤锅炉、火力发电企业、机组及水泥、砖瓦等原料煤使用企业除外）；各县市区全面退出禁燃区内洁净煤加工中心及配送网点，对配送网点及群众存量煤炭全部有偿回收。北五县市非禁燃区内可采用洁净煤或“生物质成型燃料+专用炉具”兜底。加强对直送、网络等方式销售散煤的监管，严厉打击违法销售行为，同时倒查上游企业责任，从源头杜绝散煤销售。		**高污染燃料禁燃区：** 本项目不涉及高污染燃料。

表 1-8　项目范围涉及的区域环境管控要求相符性分析

区县名称	省份	管控类别	管控要求	项目情况	符合性
西咸新区	陕西省	空间布局约束	1.执行国家法律法规对自然保护区、风景名胜区、森林公园地质公园、世界自然和文化遗产、重要湿地、重要水源地等法定保护地的禁止性和限制性要求。 2.城市建成区内现有钢铁、有色金属、造纸、印染、原料药制造、化工等污染严重企业须有序搬迁、改造入园（区）或依法关闭。 3.禁止在居民区、学校、医疗和养老机构等周边新建、扩建有色金属冶炼、焦化等行业企业；结合推进新型城镇化、产业结构调整和化解过剩产能等，有序搬迁或依法关闭对土壤造成严重污染的现有企业。 4.执行《市场准入负面清单（2019年版）》。 5.执行《产业结构调整指导目录（2019年本）》。	项目位于陕西省西咸新区沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼，项目不在自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区范围内，不在生态红线范围内；项目属于核技术利用项目，属于鼓励类，符合《市场准入负面清单》（2025年本）、《产业结构调整指导目录》（2024年	符合

				本）的要求。	
		污染物排放管控	1.禁止新建燃煤集中供热站；有序淘汰排放不达标小火电机组；不再新建35蒸吨以下的燃煤锅炉；65蒸吨及以上燃煤锅炉全部完成节能改造；10万千瓦及以上燃煤火电机组全部实现超低排放。 2.工业集聚区内工业废水必须经预处理达到集中处理要求，方可进入污水集中处理设施。 3.黄河流域城镇污水处理设施执行《黄河流域（陕西段）污水综合排放标准》；汉江、丹江流域城镇污水处理设施执行《汉丹江流域（陕西段）重点行业水污染物排放限值》。 4.新建、改建、扩建规模化畜禽养殖场（小区）要实施雨污分流、粪便污水资源化利用。 5.产生废石（废渣）的矿山开发、选矿及废渣综合利用企业必须建设规范的堆场，对矿坑废水、选矿废水、堆场淋溶水、冲洗废水、生活污水等进行全收集、全处理。 6.严禁采用渗井、废坑、废矿井或净水稀释等手段排放有毒、有害废水。存放含有毒、有害物质的废水、废液的淋浸池、贮存池、沉淀池必须采取防腐、防渗漏、防流失等措施。 7.西安市鄠邑区，宝鸡市凤翔县、凤县，咸阳市礼泉县，渭南市潼关县，汉中市略阳县、宁强县、勉县，安康市汉滨区、旬阳市，商洛市商州区、镇安县、洛南县等13个矿产资源开发利用活动集中的县（区）执行《重有色金属冶炼业铅、锌工业污染物排放标准》（GB25466）中的水污染物总锌、总铜、总铅、总镉、总镍、总砷、总汞、总铬特别排放限值；《电镀污染物排放标准》（GB21900）中的水污染物总铬、六价铬、总镍、总镉、总银、总铅、总汞、总锌、总铜、总铁、总铝、石油类特别排放限值；《电池工业污染物排放标准》（GB30484）中的水污染物总锌、总锰、总汞、总银、总铅、总镉、总镍、总钴特别排放限值。	项目运营期不设置锅炉；本项目职工生活污水经管网排入园区污水处理厂，无放射性废水外排。不涉及禽畜养殖、矿山开发、有毒有害废水外排，不属于矿产资源开发利用企业。	符合
		环境风险	1.重点加强饮用水源地、化工企业、工业园区、陕北原油管道、陕南尾矿库等领域的环境风险防控。 2.渭河、延河、无定河、汉江、丹江、嘉陵江等六条主要河流干流沿岸，要严格控制石油加工、化学原料和化学制品制造、医药制造、化学纤维制造、有色金属冶炼、纺织印染等项目，合理布局生产装置及危险化学品仓储等设施。	项目属于核技术利用项目，不涉及危险化学品及环境风险。	符合
		资源开发效率要求	1.2020年大型发电集团单位供电二氧化碳排放水平控制在550克/千瓦时以内。 2.2020年全省万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量比2013年的55.59立方米、32.43立方米分别下降15%、13%以上。 3.2020年电力、钢铁、纺织、造纸、石油石化、化工、食品发酵等高耗水行业达到先进定额标准。 4.2020年陕北、关中地区城市再生水利用率达20%以上。 5.严格限制高耗水行业发展，提高水资源利用水平；严禁挤占生态用水。 6.对已接近或达到用水总量指标的地区，限制和	项目不属于大型发电集团单位，不属于高耗水行业，无放射性废水外排，不新增取水，不属于煤炭矿区，不开发利用地下水。	符合

			停止审批新增取水。 7.煤炭矿区的补充用水、周边地区生产和生态用水应优先使用矿井水，洗煤废水闭路循环不外排。 8.具备使用再生水条件但未充分利用的钢铁、火电、化工、制浆造纸、印染等项目，不得批准其新增取水许可。 9.在地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷等地质灾害易发区开发利用地下水，应进行地质灾害危险性评估。 10.断流河流所在流域范围、地下水降落漏斗范围内不得新增工业企业用水规模。 11.地下水超采区内禁止工农业生产及服务业新增取用地下水。 12.延河、无定河总体生态水量不低于天然径流量的 30%。		

1.2.9 与相关法规、政策、规划符合性分析

本项目与相关法规、政策、规划符合性分析详见表 1-9。

表 1-9　项目涉及相关法规文件符合性分析

序号	相关规划	规划要求	本项目情况	符合性
1	《陕西省人民政府办公厅关于印发“十四五”生态环境保护规划的通知》（陕政办发〔2021〕25号）	促进产业结构转型升级。严格能耗、环保、质量、安全、技术等综合标准，以钢铁、煤炭、水泥、电解铝、平板玻璃等行业为重点，依法依规淘汰落后产能。以钢铁、煤炭、煤电等行业和领域为重点。	本项目为新增甲级非密封工作场所，不涉及钢铁、煤炭、水泥、电解铝、平板玻璃、煤电等行业，在项目运营过程中，采用前沿技术，确保能耗、环保等各方面指标符合高标准要求。	符合
2	《西咸新区“十四五”生态环境保护规划》	实施重点领域扬（粉）尘综合整治。施工工地依法落实防尘措施，重点区域道路、水务等线性工程分段作业，择时施工。强化施工扬尘“人防”“技防”技术和监管执法，将扬尘管理纳入建筑市场信用管理体系，对问题严重的依法依规实施联合惩戒。完善建筑垃圾堆放、装卸、运输、利用和处置等全过程污染防治。	本项目租赁已建成的厂房进行生产活动，不再进行土建施工，施工阶段仅为简单装修及设备安装调试。建筑垃圾主要为废弃边角废料等，及时清运，运输车辆要求完好，不装载过满，且用苫布遮盖。	符合
		加强施工噪声防治。施工单位应合理安排工期，科学布局施工区域，使用低噪声的机械、设备和工艺，确保昼夜噪声达到国家排放标准要求。加大夜间施工管理，敏感建筑物集中区域内禁止夜间进行产生环境噪声的施工作业，必须连续作业的，应依法取得有关部门的证明，并公告附近居民。	本项目租赁已建成的厂房进行生产活动，不再进行土建施工，施工阶段仅为简单装修及设备安装调试，施工单位将合理安排工期，避免在居民休息时间进行高噪声作业。符合规划中对施工噪声防治的相关规定。	符合
		加强工业企业噪声防治。强化工业噪声污染防治的监督管理，依法打击工业企业噪声超标行为。	项目运营中优先选用低噪声设备，噪声源设置基础减振措施，厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类标准要求。	符合

3	《陕西省水污染防治工作方案》陕政发〔2015〕60号	狠抓工业污染防治。取缔重污染“10+3”小企业，全面排查装备水平低、环保设施差的小型工业企业。2016年底前，全部取缔不符合国家产业政策的小型造纸、制革、印染、染料、炼焦、炼硫、炼砷、炼油、电镀、农药等十类和皂素、冶金、果汁等严重污染水环境的生产项目。	本项目属于核技术利用项目，不属于以上严重污染水环境的生产项目。	符合
		调整产业结构。依法淘汰落后产能。自2016年起，各市（区）要依据部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录、产业结构调整指导目录及相关行业污染物排放标准，制订并实施分年度的落后产能淘汰方案，报省发展改革委、省工业和信息化厅、省环境保护厅备案。未能如期完成淘汰任务的地区，暂停审批和核准其相关行业新建项目。	本项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》国家鼓励类 第六项“核能”中第4条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”。因此，项目建设符合国家产业政策。	符合
4	《陕西省人民政府关于深化大气污染治理推进实现“十四五”空气质量目标的实施意见》（陕政发〔2024〕6号）	（一）优化产业结构。1.严格准入要求。新、改、扩建项目严格落实各项准入要求，原则上采用清洁运输方式，对属于节能降碳工业重点领域的新建项目必须按照能效标杆水平建设。原则上不再新增自备燃煤机组项目，支持自备燃煤机组实施清洁能源替代。国家相关部门有明确要求的涉及产能置换项目，按照国家有关规定或经认可的置换方案执行。	本项目不涉及燃煤机组项目。	符合
5	《西安市大气污染防治条例》（2021修正）	第十八条 本市严格控制污染大气的产业发展，禁止新建、改建、扩建严重污染大气的项目。	项目运营期不涉及煤炭使用，项目不属于严重污染大气的产业类型。	符合
		第二十二条 向大气排放污染物的企业事业单位和其他生产经营者应当履行大气污染防治的法定义务，执行大气污染物排放标准，遵守大气污染物排放总量控制要求。向大气排放污染物的企业事业单位和其他生产经营者应当建立环境保护责任制度，明确单位负责人和相关人员的责任，并接受生态环境主管部门及其环境执法机构和其他负有大气环境保护监督管理职责的部门的监督检查。	本项目不涉及总量控制指标。	符合
		第二十七条 向大气排放污染物的单位应当按照有关规定设置监测点位和采样监测平台，对其所排放的大气污染物进行自行监测或者委托有环境监测资质的单位监测。原始监测记录至少保存三年。	本项目充氚工序产生的放射性废气主要为反应容器内剩余的少量含氚气体以及氚气通过真空设备管壁或者反应容器壁渗透至手套箱的部分。手套箱内和反应容器内的放射性废气经管道接入氚净化系统，净化吸附后排放。制定监测方案，委托有资质单位对空气中^{3}H的活动浓度进行监测，监测频次不低于1次/年；同时在每次工作时用厂区内设备对充氚室进行自行监测。原始监测记录至少保存三年。	符合

6	《西安市推进实现“十四五”空气质量目标暨大气污染治理专项行动2025年工作方案》市政办函〔2025〕12号	1．能源消费结构调整。（1）大力发展新能源和清洁低碳能源。（2）持续加强煤炭消费总量控制，严禁新增煤电装机规模。（3）推动燃煤热电企业关停。	本项目生产过程使用电加热，不使用煤炭。	符合
7	《陕西省大气污染治理专项行动方案》（2023-2027年）	关中地区严禁新增钢铁、焦化、水泥熟料、平板玻璃、电解铝、氧化铝、煤化工产能，合理控制煤制油气产能规模，严控新增炼油产能。	项目不属于新增钢铁、焦化、水泥熟料、平板玻璃、电解铝、氧化铝、煤化工等严禁行业。	符合
		关中地区市辖区及开发区范围内的新、改、扩建涉气重点行业企业应达到环保绩效A级、绩效引领性水平，西安市、渭南市的其他区域应达到环保绩效B级及以上水平。	本项目不属于涉气重点行业。	符合
8	《西安市大气污染治理专项行动方案（2023-2027年）》（市字〔2023〕32号）	严格落实国家和我省产业规划、产业政策、“三线一单”、规划环评等要求。	本项目不属于《陕西省限制投资类产业指导目标》（陕发改产业〔2007〕97号）行业，项目符合“三线一单”管控要求。	符合
9	《西咸新区大气污染治理专项行动方案》（2023-2027年）	严格新、改、扩建涉气重点行业绩效评级限制条件。新区范围内新、改、扩建涉气重点行业企业应达到环保绩效A级、绩效引领性水平。	项目不属于涉气重点行业。	符合
10	《西咸新区沣西新城大气污染治理专项行动方案（2023-2027年）》	强化源头管控。严格落实国家、省、市及新区产业规划、产业政策、“三线一单”、规划环评等要求，深入开展区域空间生态环境评价工作，积极推行区域规划环境影响评价，新、改、扩建化工、石化、建材、有色等项目的环境影响评价应满足区域、规划环评要求。	本项目建设符合产业政策、“三线一单”、规划环评等要求；本项目环境影响评价满足规划环评要求。	符合
		严格新、改、扩建涉气重点行业绩效评级限制条件新城范围内新、改、扩建涉气重点行业企业应达到环保绩效A级、绩效引领性水平。	根据《陕西省生态环境厅关于进一步加强关中地区涉气重点行业项目环评管理的通知》（陕环环评函〔2023〕76号）可知，本项目不属于涉气重点行业。	符合
11	《关于加强重点行业涉新污染物建设项目环境影响评价工作的意见》（环环评〔2025〕28号）	重点关注重点管控新污染物清单、有毒有害污染物名录、优先控制化学品名录以及《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（简称《斯德哥尔摩公约》）附件中已发布环境质量标准、污染物排放标准、环境监测方法标准或其他具有污染治理技术的污染物。重点关注石化、涂料、纺织印染、橡胶、农药、医药等重点行业建设项目，在建设项目环评工作中做好上述新污染物识别，涉及上述新污染物的，执行本意见要求；不涉及新污染物的，无需开展相关工作。	本项目为新增甲级非密封工作场所，主要生产工艺为充氚，无环境质量标准、污染物排放标准。	符合

1.2.10 实践正当性

自成靶中子管具有高耐温、高稳定性和长寿命的优点，在核测井领域的应用前景广阔。本项目建设充氚室，将氘氚混合气充入氘-氚真空管（留有充气口），生产氘-氚中子管（自成靶），可以大幅提高中子管研发领域的科研水平，且生产的中子管较传统同位素中子源更为安全可靠，其产生的辐射影响相对较少。在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，本项目开展具有不可替代的优势。因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践正当性”的要求。

1.3 评价目的

（1）对项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。

（2）对项目拟建地址进行辐射环境质量本底现状监测，以掌握场所及周围的辐射环境质量本底水平，并对项目运行期的辐射环境影响进行预测和评价。

（3）对不利影响提出防治措施，把环境影响减少到可合理达到的尽可能低水平。

（4）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

1.4 评价依据

1.4.1 国家法律、法规和规章

（1）《中华人民共和国生态环境法典》（2026年3月12日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自2026年8月15日起施行）；

（2）《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，2019年3月2日国务院令第709号修订）；

（3）《建设项目环境保护管理条例》（国务院第682号令，2017年7月16日公布，2017年10月1日施行）；

（4）《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4月18日公布，2011年5月1日施行）；

（5）《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，2021年1月4日生态环境部令第20号修订）；

（6）《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，2020年11月30日发布，2021年1月1日施行）；

（7）《放射性废物安全管理条例》（国务院令第612号，2011年12月20日发布，2012年3月1日施行）；

（8）《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国防科工局 公告2017年第65号，2017年11月30日发布，2018年1月1日施行）；

（9）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委令第7号，2023年12月27日）；

（10）《市场准入负面清单》（2025年版）；

（11）《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）；

（12）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430号）；

（13）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 公告2019年第57号，2019年11月24日发布，2020年1月1日施行）；

（14）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告，2021年第9号，2021年3月15日施行）。

1.4.2 地方法律、法规和规章

（1）《陕西省放射性污染防治条例》（陕西省人大，2014年10月1日起施行，2019年修正）；

（2）《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（原陕西省环境保护厅办公室 陕环办发〔2018〕29号文，2018年6月6日）；

（3）《陕西省“十四五”生态环境保护规划》（陕政办发〔2021〕25号）；

（4）《西咸新区“十四五”生态环境保护规划》；

（5）《陕西省大气污染治理专项行动方案（2023-2027年）》（陕发〔2023〕4号）；

（6）《西咸新区大气污染治理专项行动方案（2023-2027 年）》（陕西咸党发〔2023〕4 号）；

（7）《西咸新区沣西新城大气污染治理专项行动方案（2023-2027 年）》。

1.4.3 相关导则及标准

（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；

（2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

（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》（HJ 10.1-2016）；

（4）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

（5）《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）；

（6）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；

（7）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；

（8）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

（9）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

（10）《表面污染测定 第 2 部分：氚表面污染》（GB/T 14056.2-2011）；

（11）《放射性物质运输包装质量保证》（GB/T 15219-2009）；

（12）《辐射事故应急监测技术规范》（HJ 1155-2020）；

（13）《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（HAD 401/16-2023）；

（14）《核技术利用设施退役》（HAD 401/14-2021）；

（15）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）；

（16）《核技术利用放射性废物库运行管理技术规范》（HJ 1417-2025）；

（17）《石油测井中子发生器及中子管技术条件》（SY/T 5419-2007）。

1.4.4 相关文件及技术资料

（1）项目环境影响评价委托书；

（2）《西咸新区沣西新城分区规划（2016 年-2035 年）环境影响报告书》及其审查意见；

（3）《2023 年全国辐射环境质量报告》；

（4）中陕核（西安）中子科技有限公司提供的与本项目相关的管理制度和其他技术资料。

1.5 评价标准

1.5.1 剂量限值、剂量约束值

（1）剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB 18871-2002）

①职业照射

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

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

②公众照射

B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a）年有效剂量，1mSv；

（2）剂量约束值

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

综上，本次评价执行如下剂量约束值：

职业照射个人受照剂量约束值取 5mSv/a；

公众照射个人受照剂量约束值取 0.1mSv/a。

1.5.2 非密封源工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

C1 非密封源工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 提供的计算方法，可以计算核素的日等效最大操作量，并根据计算得出的日等效最大操作量得到非密封源工作场所的分级情况，分级标准详见下表。

表 C1 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	＞4×10^9
乙	2×10^7~4×10^9
丙	豁免活度值以上~2×10^7

1.5.3 剂量率控制水平

充氚操作在充氚室内完成，主要放射性来自 ^3H 衰变过程中释放的β射线及产生的韧致辐射，需考虑氚源罐、充氚工作人员操作位处、手套箱及固废收集设施、废液罐及收集管道表面剂量率水平。

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）款：

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

6.1.6 ：放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。

6.1.7 ：固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

本项目充氚手套箱、充氚室、放射性固废箱、放射性废液收集罐及管道外表面 30cm 处周围剂量当量率限值取 2.5μSv/h。

1.5.4 工作场所表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

6.2.3 表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限值要求。

B2 表面污染控制水平

工作场所的表面污染控制水平如表 B11 所列。

f）氚和氚化水的表面污染控制水平，可为表 B11 中所列数值的 10 倍。

表 B11　工作场所的放射性表面污染控制水平　　单位：Bq/cm²

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	4×10	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}

1.5.5 放射性废物管理规定

1.5.5.1 放射性废气

本项目充氚工序产生的含氚废气主要是氘氚混合气、氚气，主要存在于手套箱真空罩内、真空抽气管道和尾气捕集系统内部。正常情况下，真空罩产生的含氚尾气经真空抽气管道收集后，再经过氚净化装置直接将氚气催化氧化为含氚水吸附在分子筛中，微量未吸附尾气外排。

事故情况下，含氚废气在充氚室、手套箱内负压环境下包容，通过氚净化系统进行收集最终转为含氚水吸附在分子筛中，几乎不会外溢至充氚室外围环境。

1.5.5.2 放射性废液

本项目产生的含氚废气经催化氧化后由分子筛固体吸附，不产生放射性废液。本项目充氚装置采用自动化远程控制，正常及一般事故工况下人员无需进入充氚室，仅在中子管冷压接密封、远程关断失效、氚净化系统停运、负压丢失、泄漏持续扩大、存在次生危险或人员被困等确需人工干预的情况下，辐射工作人员才采取严格个人防护和剂量控制下，短时间进入现场处置。

因此，本项目正常情况下无放射性废液产生，仅在发生事故时产生少量去污废水（包括人员去污、现场设备去污、受污染地面、桌面、墙面去污等）。考虑到这种事故发生概率小，废液产生量也较少，且单次事故下流入废液中放射性核素含量较低，由于 ^{3}H 衰变周期较长，难以通过常规的放置衰变的方式达到可排放活度。所以本项目按照 GB 18871-2002 中的规定进行排放。

根据 GB 18871-2002 中 8.6.2 条款规定：不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍

排放注量的普通下水道，并应对每次排放做好记录：

a）每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$（ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；

b）每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

根据 B1.3.4 和 B1.3.5 条规定，对于职业照射，在一定的假设下可将 $I_{j,L}$ 用作 ALI。由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值，$I_{j,L}$ 计算公式：

$$I_{j,L}=DL/e_j$$

其中：DL——相应的有效剂量的年剂量限值，取 20mSv/a；

e_j——GB18871-2002 给出的放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。

本项目放射性核素排放导出限值见表 1-10。

表 1-10 放射性核素排放导出限值

放射性核素	职业照射待积有效剂量（Sv/Bq）				ALI_{min} 一次排放限值（Bq）
	吸入	转移因子 f_1	食入	转移因子 f_1	
^3H	/	/	1.8×10^{-11}	1	1.11×10^9

本项目放射性废液排放限值为：每一次排放的活度不超过 1.11×10^9Bq，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

事故情况下导致工作人员身体沾污，工作人员身体去污废液收集至放射性废液储罐内，根据类似项目运行经验，去污废液产生量为 190L/次，事故情况按照 1 次/年的产生频率，则放射性去污废液年产生量为 190L。放射性废液通过管道收集至放射性废液储罐，本项目设置 2 个放射性废液收集罐，单罐容积为 200L。建设单位委托有资质单位对废液进行检测，检测放射性活度满足要求后按要求排放，如检测不合格则委托有资质单位处理。

1.5.5.3 放射性固体废物

本项目放射性固体废物的解控管理，执行《放射性废物分类》（环保部公告 2017 年 第 65 号）中表 1 放射性核素固体物质的解控水平、国际原子能机构《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》（IAEA GSR Part 3）规定的固体物质解控水平，氚（^3H）固态废物解控水平为 100Bq/g。废物经监测满足解控

水平并经审管部门批准后，可解除监管；不满足解控水平的，按放射性固体废物送有资质单位收贮。

1.5.5.4 中子管技术条件

本项目对中子管进行充氚。参考《石油测井中子发生器及中子管技术条件》（SY/T 5419-2007），要求如下。

第 7.3 款：中子发生器和中子管内含有放射性物质氚，报废后使用单位不得自行处置，应按中华人民共和国国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第二十三条要求，返回生产单位或送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位处理。

1.5.6 非放射性评价因子及评价标准

1.5.6.1 评价因子

本项目非放射性评价因子识别详见表 1-11。

表 1-11 非放射性评价因子识别一览表

环境要素	现状评价因子	环境影响评价因子	总量控制因子
地表水	pH、COD、BOD_5、NH_3-N、SS	pH、COD、BOD_5、NH_3-N、SS	/
声环境	等效连续 A 声级	等效连续 A 声级	/
固体废物	生活垃圾	生活垃圾	/

1.5.6.2 评价标准

1.5.6.2.1 环境质量标准

（1）环境空气质量标准

本项目运营期无非放射性废气（含有组织、无组织）产生及外排，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018），无需开展大气环境影响评价，故本报告不再赘述环境空气质量标准。

（2）地表水环境质量标准

区域地表水渭河水体执行《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中IV类水标准，评价项目具体标准值见表 1-12。

表 1-12 地表水环境质量标准限值 单位：除 pH 外，其余均为 mg/L

序号	项目	标准值	标准来源
1	pH	6~9	《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中IV类
2	COD	30	
3	BOD_5	6	
4	氨氮	1.5	

5	高猛酸盐指数	10	
6	总磷	0.3	

（3）地下水环境质量标准

充氚室周围地下水总α放射性和总β放射性执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中III类水标准，分别为 0.5Bq/L 和 1Bq/L。

（4）声环境质量标准

根据西咸新区声环境功能区划方案，项目位于沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼，属于创新港 C、G 片区，建设项目所在厂区声环境执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 3 类声功能区标准，昼间≤65dB(A)，夜间不生产。

1.5.6.2.2 污染物排放标准

（1）水污染物排放标准

本项目不新增工作人员，现有人员生活污水经化粪池处理之后排至市政污水管网，最终进入污水处理厂进一步处理。化粪池外排口废水执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）三级标准，缺项执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）B 级标准。详见表 1-13。

表 1-13 项目污、废水排放标准

类别	标准	项目	单位	限值
生活污水	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）三级标准	pH	/	6~9
		SS	mg/L	400
		BOD_5		300
	《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）B 级标准	COD		500
		氨氮		45
		总磷		8
		总氮		70

（2）大气污染物排放标准

施工期扬尘执行《施工场界扬尘排放限值》（DB 61/1078-2017）中 TSP 浓度限值为 0.7mg/m^3（基础、主体结构及装饰工程）。

本项目运行期间无非放射性废气产生。

（3）噪声排放标准

施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）限值要求，即昼间≤70dB(A)，夜间≤55dB(A)；

运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准，即昼间≤65dB(A)，夜间不生产。

表 1-14 噪声执行标准

项目	标准名称			标准限值	
噪声	《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）			昼间	夜间
				70dB(A)	55dB(A)
	厂界	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）	3 类标准	65dB(A)	55dB(A)

（4）固废排放标准

一般工业固体废弃物执行《一般工业固体废物贮存、处置污染控制标准》（GB 18599-2020）中的有关规定；项目运营期无危险废物产生。

1.6 评价范围和保护目标

1.6.1 辐射环境影响评价范围和保护目标

1.6.1.1 辐射环境影响评价范围

根据本项目的实际情况及《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）规定，本项目属于甲级非密封工作场所项目，本项目辐射环境评价范围为以项目实体边界为中心，半径 500m 的区域。评价范围示意图见附图 2。

1.6.1.2 辐射环境保护目标

本项目辐射环境影响评价范围内无自然保护区、风景名胜和文物古迹等需要特殊保护的环境敏感对象，无学校、医院、行政办公等环境敏感点。本项目评价范围内主要环境保护目标为评价范围内本项目辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员以及公众成员。

本项目工作场所周围 500m 范围内主要辐射环境保护目标见表 1-15。

表 1-15 评价范围内的主要辐射环境环保目标一览表

项目	人员类别	场所	方位	距离	常居留人数
充氚项目（甲级非密封工作场所）	充氚项目辐射工作人员	充氚室	充氚室内	/	2 人
		二楼夹层操作间	楼上	紧邻	
	中子发生器生产项目辐射工作人员	二楼夹层操作间	楼上	紧邻	4 人
	公众	1#研发楼东侧空地处	东侧	0~185m	流动人群
	公众	秦创原创新生态城	东侧	185~460m	约 50 人
	公众	道路	东侧	460~500m	流动人群
	公众	江渡新苑南区	东南侧	395~500m	约 50 人
	公众	1#研发楼内	南侧	0~12m	约 5 人
	公众	1#研发楼南侧空地处	南侧	12~500m	流动人群
	公众	1#研发楼内	西侧	0~100m	约 20 人
	公众	1#研发楼西侧空地处	西侧	100~500m	流动人群
	公众	1#研发楼北侧空地处	北侧	0~500m	流动人群

		（规划法士特研发生产基地，在建）			

1.6.2 非放射性评价范围和保护目标

1.6.2.1 评价工作等级

（1）大气评价工作等级

本项目正常工况下无非放射性废气产生，因此项目不会对周围大气环境产生不利影响，故不再进行大气环境影响评价分析。

（2）地表水评价工作等级

本项目产生的废水主要为辐射工作人员的生活污水，生活污水经化粪池处理后通过市政管网排入污水处理厂进一步处理，排放方式属于“间接排放”，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）中规定，本项目地表水评价等级为三级 B。

（3）声环境影响评价工作等级

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）进行划分：

1）声环境功能区：本项目位于西咸新区沣西新城秦创原创新生态城，区域声环境功能属于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）的 3 类区；

2）噪声级增加量：产噪设备声级值在 70~80dB(A)之间，经采取降噪隔音措施后，项目建成后评价范围内敏感目标噪声级增加量在 3dB(A)以下；

3）受影响人口数量变化：项目建设前后受影响人口数量变化不大。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）声环境影响评价工作级别的划分规定：建设项目所处的声环境功能区划为 GB 3096 规定的 3 类地区，或建设项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在 3dB(A)以下（不含 3dB(A)），且受影响人口数量变化不大时，按三级评价。

综上所述，确定项目声环境影响评价等级为三级。

（4）生态环境评价工作等级

1）划分依据

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）工作等级的划分：

a）涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境时，评价等级为一级；

b）涉及自然公园时，评价等级为二级；

c）涉及生态保护红线时，评价等级不低于二级；

d）根据 HJ 2.3 判断属于水文要素影响型且地表水评价等级不低于二级的建设项目，生态影响评价等级不低于二级；

e）根据 HJ 610、HJ 964 判断地下水水位或土壤影响范围内分布有天然林、公益林、湿地等生态保护目标的建设项目，生态影响评价等级不低于二级；

f）当工程占地规模大于 20km^2 时（包括永久和临时占用陆域和水域），评价等级不低于二级；改扩建项目的占地范围以新增占地（包括陆域和水域）确定；

g）除本条 a）、b）、c）、d）、e）、f）以外的情况，评价等级为三级；

h）当评价等级判定同时符合上述多种情况时，应采用其中最高的评价等级。

2）评价等级确定

1#研发楼占地面积约 1200m^2，小于 2km^2。项目评价区域内无自然保护区、世界文化和自然遗产、风景名胜区、森林公园、地质公园、重要湿地、原始森林、珍稀濒危野生动植物天然集中分布区、重要水生生物的自然产卵厂及索饵场、越冬场、洄游通道和天然渔厂等敏感目标，不属于特殊及重要生态敏感区，为一般区域。

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）中 6.1.8 规定：符合生态环境分区管控要求且位于原厂界（或永久用地）范围内的污染影响类改扩建项目，位于已批准规划环评的产业园区内且符合规划环评要求、不涉及生态敏感区的污染影响类建设项目，可不确定评价等级，直接进行生态影响简单分析。本项目符合生态环境分区管控要求，在原厂界范围内进行建设，位于西咸新区沣西新城范围内，《西咸新区沣西新城分区规划（2016 年-2035 年）环境影响报告书》已取得原陕西省西咸新区环境保护局出具的审查意见，本项目符合规划环评要求，不涉及生态敏感区，因此不再确定生态环境影响评价等级，对生态影响进行简单分析。

1.6.2.2 评价范围

根据项目排污特征和区域环境状况，确定项目评价范围见表 1-16。

表 1-16 评价范围划分

序号	环境要素	评价等级	评价范围

1	环境空气	/	/
2	地表水环境	三级B	不设置地表水评价范围
3	声环境	三级	四周边界外200m范围内
4	生态环境	三级	厂界范围内

1.6.2.3 主要环境保护目标

项目位于沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼内，中心地理坐标为东经108°40′7.922″，北纬34°14′38.194″。项目评价区域内无自然保护区、风景名胜区、生态功能保护区、文物保护地等法律、法规规定的环境敏感区，评价范围内无声环境保护目标。

2 自然环境与社会环境状况

2.1 地理位置

本项目建设地点位于西咸新区沣西新城。

沣西新城位于关中平原腹地，咸阳市区西半部，介于东经 108°33′36″至 108°47′51″，北纬 34°14′13″至 34°29′40″之间。东邻渭城区和西安市未央区，南邻西安市长安区、户县，西接兴平，北连礼泉县。南北长 28.5 公里，东西宽 21 公里，总面积 259.4 平方公里，其中城区面积 22.4 平方公里，建成区面积 15.4 平方公里。

项目建设地点位于陕西省西咸新区沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼。坐标经度：108 度 40 分 7.922 秒；纬度：34 度 14 分 38.194 秒，具体位置见附图 1、周边关系图见附图 2。

2.2 自然环境概况

2.2.1 地形地貌

沣西新城西北高，东南低。最高点为双照乡东三支渠入口处，海拔 527 米；最低点为沣东乡渔王村沣河入渭处，海拔 382 米，最大高差 145 米。受河流盆地与具继承性活动的基底断裂控制，构成阶梯式现代河谷地貌景观。地势由北向南呈阶梯状倾向渭河谷底。按形态成因分为黄土台塬、河流冲积平原两种类型。北部黄土台塬区可划分出台塬与塬间凹地 2 个亚类；南部河流冲积平原（渭河冲积平原）区分为三级河流阶地、河漫滩与河床等 5 个亚类，共 2 类 7 个亚类。

2.2.2 区域地质、水文地质

1、区域地质条件概述

本区位于关中盆地西部－汾渭断陷盆地西段，是典型的新生代断陷盆地。新生代以来强烈下陷，堆积物厚达 600m。汾渭断陷盆地地处秦岭东西向构造带，祁吕贺山字型前弧东翼、新华夏系和陇西系扭构造等四个构造体系复合部位，是白垩纪末，第三纪初喜马拉雅山运动的结果。

根据《中国地震动参数区划图》的划分，该区地震动峰值加速值为 0.20g，

地震基本烈度为八度。

2、区域水文地质条件概述

沣西新城属于西咸新区，地处沣河、渭河交汇处。区域主要地表水体有渭河、沣河、太平河、皂河等，主要河流概况介绍如下：

沣河是黄河支流渭河右岸支流，位于关中中部西安西南，正源沣峪河出西安市长安区（原长安县）西南秦岭北坡南研子沟，流经喂子坪，出沣峪口，先后纳高冠、太平，北行经沣惠、灵沼至高桥入咸阳市境，与渭河平行东流，在草滩农场西入渭河。全河长 78km，平均比降 8.2%，流域面积 1386km^2，平均径流量 4.8 亿 m^3。

渭河是黄河最大支流，发源于今甘肃省定西市渭源县鸟鼠山，主要流经今甘肃天水、陕西省关中平原宝鸡、咸阳、西安、渭南等地，至渭南市潼关县汇入黄河。渭河干流横跨甘肃东部和陕西中部，全长 818km，流域总面积 134766km^2。

渭河多年年平均径流量 75.7 亿 m^3。

3、地下水

根据项目所在区域地下水的赋存条件，性质和水力特征，地下水类型主要为：潜水、承压水。

潜水：孔隙型潜水主要赋存于现代河床、漫滩和一级阶地冲洪积层中，埋藏浅，富水性好，水量丰富。裂隙型潜水赋存于风化壳和破碎构造带中，有时以泉水形式出露。破碎构造和变带质岩区富水性中等。水面与河水水面基本一致，埋深较浅。

承压水：主要赋存于基岩风化带中的孔隙裂隙中，富水性较差，水位埋深随基岩的起伏而变。区内地下水和地表水均为无色、透明、无嗅、无味，水化学类型为重碳酸盐型。本区地下水和地表水水质良好，符合施工用水和生活用水标准，对混凝土具微腐蚀性。

2.2.3 气候气象

沣西新城地处内陆中纬度地带，属暖温带大陆季风气候，四季分明，雨热同季。

本区多年平均气温 13.2℃，采暖期平均气温-1.7℃，最热月（7 月）平均气温 21.2～26.5℃，最冷月（1 月）气温-1.9～-0.5℃，极端最高气温 42℃，极端最低气温-19.7℃；湿度南高北低；全年太阳辐射 4.61×10^9～4.99×10^9J/m^2，年累积光照时数 2182h，6、7、8 三个月日照时数约占全年 32%；多年平均降雨量 545mm，主要集中在 7～9 月，占总量的 50～60%；全年无霜期 219 天。

本区冬季多北风和西北风，夏季多南风和东南风，多年主导风向为东北风，频率 16.2%，静风频率 23%，多年平均风速 1.9m/s。

2.3 环境质量与辐射现状

中陕核（西安）中子科技有限公司委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司于 2026 年 3 月 25 日对项目周围γ辐射剂量率水平进行了现状检测并出具了监测报告（编号：QNJC-2026-1379-FH），委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司于 2026 年 8 月 21 日对项目周围噪声环境进行了现状检测并出具了监测报告（编号：QNJC-2026-3483-FH）；委托中核化学计量检测中心 核工业北京化工冶金研究院分析测试中心于 2026 年 4 月 9 日对项目周围空气中氚、气溶胶总α、总β，水中氚、总α、总β，土壤和底泥中总α、总β进行样品采集及分析监测。同时参考《2023 年全国辐射环境质量报告》（生态环境部辐射环境技术监测中心），引用陕西省空气水分和降水中氚监测结果。

2.3.1 辐射现状监测项目

2.3.1.1 监测项目

根据 HJ 10.1-2016 相关要求，甲级非密封工作场所需给出大气、水（含地下水、地表水）、土壤中与该项目相关的放射性核素含量。

综上，本项目监测项目如下：

（1）γ辐射剂量率

布点位置：项目充氚室相关区域、厂区东侧秦创原创新生态城、东南侧江渡新苑南区、厂址西南侧空地处、厂区北侧空地处。项目充氚室相关区域以及 500m 范围内环境保护目标处。

监测频次及数量：布设 36 处，各监测 1 次。

（2）土壤中总α、总β活度浓度

布点位置：东北一路与科创大道交叉口北侧第一个交叉路口（上风向对照点）、中国西部科技创新港-2 期 C 区 13 号楼（下风向）、江渡新苑北区西北角（环保目标处）。

监测频次及数量：布设 3 处，各监测 1 次。

（3）底泥中总α、总β活度浓度

布点位置：新河桥。

监测频次及数量：布设 1 处，监测 1 次。

（4）地表水中 ^{3}H、总α、总β活度浓度

布点位置：新河桥

监测频次及数量：布设 1 处，监测 1 次。

（5）空气中 ^{3}H、总α、总β活度浓度

布点位置：东北一路与科创大道交叉口北侧第一个交叉路口（上风向对照点）、中国西部科技创新港-2 期 C 区 13 号楼（下风向）、江渡新苑北区西北角（环保目标处）。

监测频次及数量：布设 3 处，各监测 1 次。

2.3.1.2 监测方法及质量保证

（1）监测方法

本项目监测方法见表 2-1，监测仪器明细见表 2-2、表 2-3。

表 2-1 监测方法

监测项目	监测依据
γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 《辐射环境测量技术规范》（HJ 61-2021）
土壤中总α、总β	参考水质总α放射性的测定 厚源法（HJ 898-2017） 参考《水质 总β放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）
地表水、空气中 ^{3}H	参考《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）

表 2-2 监测仪器明细表

仪器名称	剂量率仪
仪器型号	FH40G-X+FHZ672E-10
仪器编号	QNJC-YQ-010
测量范围	探头：1nSv/h~100μSv/h 主机：10nSv/h~1Sv/h
溯源单位/证书编号	中国测试技术研究院/校准字第 202602100689 号
有效期至	2027.02.03

表 2-3 监测仪器明细表

样品名称	测量项目	测量方法	仪器名称/型号/编号	检定/校准有效期
地表水	氚	水中氚的分析方法（HJ 1126-2020）	低本底液体闪烁计数器 Quantulus 1220 YQ-HJ-0103	2025.01.10~2027.01.09
空气	氚	环境空气 水蒸气中氚的测定 分子筛吸附采样法》（HJ 1383-2024）	低本底液体闪烁计数器 Quantulus 1220 YQ-HJ-0103	2025.01.10~2027.01.09
水样、气溶胶、土壤、底泥	总α	水质总α放射性的测定 厚源法（HJ 898-2017）	低本底α、β测量仪 LB6008 YQ-HJ-0135	2025.06.16~2027.06.15
水样、气溶胶、土壤、底泥	总β	水质总β放射性的测定 厚源法（HJ 899-2017）	低本底α、β测量仪 LB6008 YQ-HJ-0135	2025.06.16~2027.06.15

（2）质量保证措施

1）γ辐射剂量率

本次评价委托具备辐射检测资质的陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司开展检测，公司已取得中国计量认证，具备本项目所涉及γ辐射剂量率的检测资质。依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热15min以上，仪器探头离地1m，设置好测量程序，仪器自动读取数据，计算均值和标准偏差后，通过校准因子及扣除宇宙射线响应值后得到数值。

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）采用即时测量方法进行测量。检测仪器每年定期经有资质的计量部门检定，检定合格后方可使用；检测仪器在检定期内。每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数据量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、监测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。

2）土壤、底泥、地表水中总放射性

本次评价委托具备总α、总β放射性检测资质的中核化学计量检测中心 核工业北京化工冶金研究院分析测试中心开展检测，公司已取得中国计量认证，具备本项目所涉及总α、总β放射性的检测资质。检测人员通过岗前培训、持证上岗。

采样过程中，保证采样器和样品容器的清洁，防止交叉污染。严格遵守采样

操作规范，采集足够的样品量。详细填写采样记录，包含准确的点位信息，检测指标，采样时间等信息。样品送达后，接样人员和送样人员清点样品。接样人员将接收的样品放于样品室内，同时防止挤压、刺破样品袋。

分析过程中实验室分析测试仪器设备定期进行检定，并在有效期内。样品的预处理和分析测量方法采用国标、行标或技术规范的方法。在分析时同时分析测量空白样品，且空白样品与待测样品同时进行预处理和分析测量。空白样品的计数率与仪器本底的计数率没有明显的差异。严格按规定的程序进行数据的记录、检查、复审、保存。内部成果审查采用三级质量检查制度，即项目负责人、审核人、授权签字人三级审核。

3）地表水、空气中 ^{3}H 活度浓度

本次评价委托具备 ^{3}H 活度浓度检测资质的中核化学计量检测中心 核工业北京化工冶金研究院分析测试中心开展检测，公司已取得中国计量认证。检测人员通过岗前培训、持证上岗。

分析过程中，实验室仪器设备定期进行检定，并在有效期内。样品的预处理和分析测量方法采用国标、行标或技术规范的方法。在分析时同时分析测量空白样品，且空白样品与待测样品同时进行预处理和分析测量。空白样品的计数率与仪器本底的计数率没有明显的差异。严格按规定的程序进行数据的记录、检查、复审、保存。

2.3.1.3 监测结果

（1）γ辐射剂量率现状检测结果与评价

本次评价委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司开展环境γ辐射剂量率现状检测，检测时环境条件：天气阴，温度 16℃，湿度 63~67%，西风≤3 级。拟建项目及周围环境保护目标处γ辐射剂量率监测结果见表 2-4，监测点位见图 2.1。

表 2-4 拟建项目及周围环境保护目标处γ辐射剂量率检测结果（nGy/h）

点位序号	监测点位	辐射剂量率（nGy/h）（测量值±标准差）
1	拟建项目西侧地勘测井实验室 1#	81.5±1.1
2	拟建项目西侧地勘测井实验室 2#	79.9±0.9
3	拟建项目西侧地勘测井实验室 3#	78.0±0.8
4	拟建项目西南侧中子发生器测试实验室 1#	79.6±0.7
5	拟建项目西南侧中子发生器测试实验室 2#	77.8±0.6
6	拟建项目西南侧中子发生器测试实验室 3#	72.8±0.8
7	拟建项目西南侧中子发生器测试实验室 4#	68.3±1.4
8	拟建项目西侧地勘测井实验室 4#	66.4±0.8

9	拟建非密封工作场所 1#	78.1±0.6
10	拟建非密封工作场所 2#	77.6±0.5
11	拟建非密封工作场所 3#	77.3±0.5
12	拟建非密封工作场所 4#	78.5±0.9
13	拟建非密封工作场所 5#	78.5±1.0
14	拟建项目西侧地勘测井实验室 5#	78.7±0.5
15	拟建项目西侧地勘测井实验室 6#	78.9±0.4
16	拟建项目西侧地勘测井实验室 7#	81.0±0.3
17	拟建项目西南侧中子发生器测试实验室 5#	74.1±0.6
18	拟建项目西南侧中子发生器测试实验室 6#	74.8±0.6
19	拟建项目西南侧中子发生器测试实验室 7#	73.1±1.2
20	拟建项目西侧十万级洁净区 1#	66.7±0.6
21	拟建项目西侧十万级洁净区 2#	73.5±0.9
22	拟建项目西侧十万级洁净区 3#	73.5±0.9
23	拟建项目西侧十万级洁净区 4#	74.1±0.6
24	拟建项目西侧十万级洁净区 5#	76.0±0.4
25	镐京大道与东北七路交叉口西南角 1#	64.5±0.7
26	镐京大道与东北七路交叉口西南角 2#	66.6±0.6
27	镐京大道与东北七路交叉口西南角 3#	66.1±0.6
28	江渡新苑北区西北角 1#	60.5±0.5
29	江渡新苑北区西北角 2#	62.4±0.4
30	江渡新苑北区西北角 3#	63.1±0.6
31	中国西部科技创新港-2 期 C 区 13 号楼 1#	71.4±1.2
32	中国西部科技创新港-2 期 C 区 13 号楼 2#	69.2±0.7
33	中国西部科技创新港-2 期 C 区 13 号楼 3#	70.2±0.5
34	工程中心北门路对面 1#	60.1±0.5
35	工程中心北门路对面 2#	62.4±0.4
36	工程中心北门路对面 3#	60.8±0.3

参照《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）可知，陕西省咸阳市室内天然辐射剂量率为 87～123nGy/h，平均值为 104nGy/h；陕西省咸阳市原野天然辐射剂量率为 48～68nGy/h，平均值为 60nGy/h；陕西省咸阳市道路天然辐射剂量率为 32～68nGy/h，平均值为 51nGy/h。

监测结果表明，新建充氚室附近场所室内辐射剂量率范围在 66.4～81.5nGy/h，室外辐射剂量率范围在 60.1～71.4nGy/h，与咸阳市原野、道路、建筑物室内γ辐射剂量率调查结果处于同一范围，为天然环境本底水平。拟建地辐射环境现状质量良好。

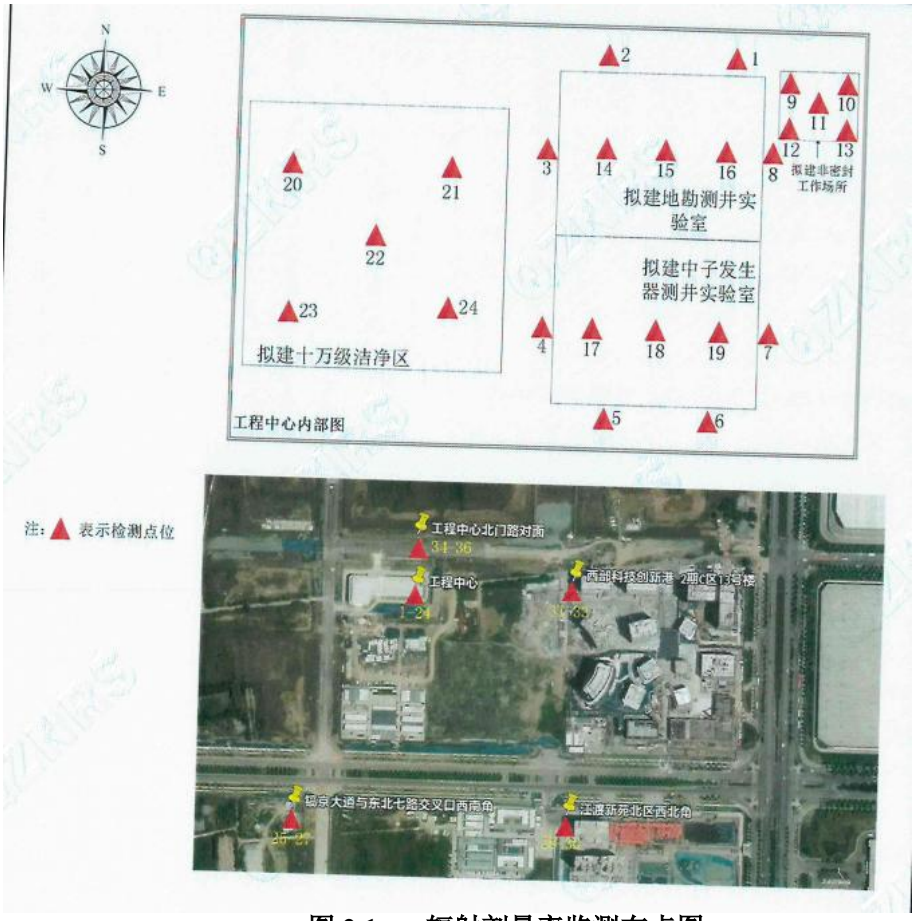


图 2.1　γ辐射剂量率监测布点图

（2）土壤、底泥环境放射性现状监测结果与评价

本次现状调查对拟建场所周围土壤和底泥环境进行了监测，监测结果见表2-5，监测布点图见图2.2。

表 2-5　土壤中放射性核素活度浓度检测水平

点位编号	点位名称	检测项目	计量单位	监测结果	检出限（探测限）
土壤-1	东北一路与科创大道交叉口北侧第一个交叉路口（上风向对照点）	总α	Bq/kg	644	41.3
		总β	Bq/kg	1.94E+03	52.5
土壤-2	中国西部科技创新港-2期C区13号楼（下风向）	总α	Bq/kg	325	25.6
		总β	Bq/kg	908	34.6
土壤-3	江渡新苑北区西北角（环保目标处）	总α	Bq/kg	419	26.7
		总β	Bq/kg	853	54.4
底泥	新河桥	总α	Bq/kg	296	22.5
		总β	Bq/kg	928	54.8

从表2-5可知，本项目最大风频上风向对照点土壤中总α放射性为644Bq/kg，下风向监测点土壤中总α放射性为325Bq/kg，敏感点处土壤中总α放射性为419Bq/kg，主导风向下风向、环保目标处与上风向基本处于同一水平；上风向对

照点土壤中总β放射性为 1940Bq/kg，下风向监测点土壤中总β放射性为 908Bq/kg，敏感点处土壤中总β放射性为 853Bq/kg，主导风向下风向、环保目标处与上风向基本处于同一水平。

新河底泥中总α放射性为 296Bq/kg，总β放射性为 928Bq/kg。

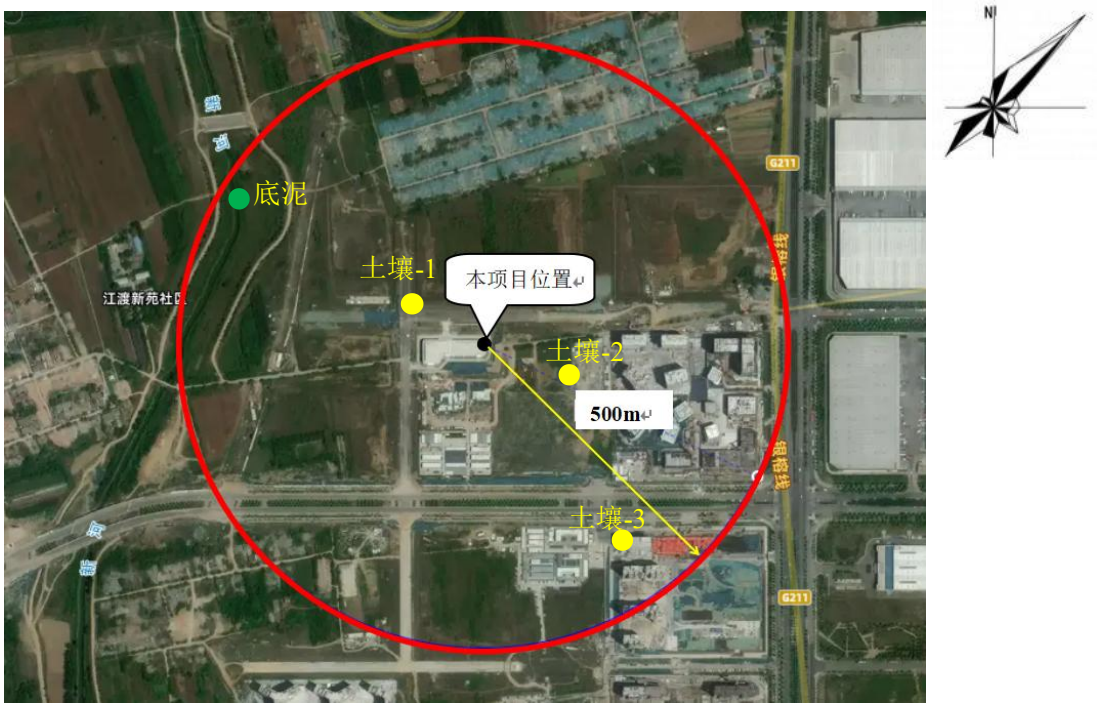


图 2.2　土壤、底泥环境放射性现状监测布点图

（3）地表水环境放射性现状监测结果与评价

本次现状调查对拟建场所西侧新河地表水环境进行了监测，监测结果见表 2-6。

表 2-6　地表水中放射性核素活度浓度检测水平

点位编号	点位名称	检测项目	计量单位	监测结果	检出限（探测限）
氚	新河桥	氚	Bq/L	＜0.96	0.96
		总α	Bq/L	0.321	5.27E-02
		总β	Bq/L	0.299	1.38E-01

从表 2-6 可知，新河中总α放射性为 0.321Bq/L，总β放射性为 0.299Bq/L。参考《2023 全国辐射环境质量报告》（生态环境部辐射环境技术监测中心），图 3.3.1-3 黄河流域布点和监测结果示意图，黄河流域水中放射性浓度中总α放射性检出值范围为（0.038~0.28）Bq/L，总β放射性检出值范围为（0.090~0.31）Bq/L，拟建项目所在区域地表水中总α放射性基本与调查水平持平，总β放射性位于调查范围内。

从表 2-6 可知，新河中氚未检出，参考《2023 全国辐射环境质量报告》（生态环境部辐射环境技术监测中心），表 3.2.4-1，陕西省空气水分和降水中 ^{3}H 活度浓度均未检出。本次监测结果地表水中氚活度浓度未见异常。

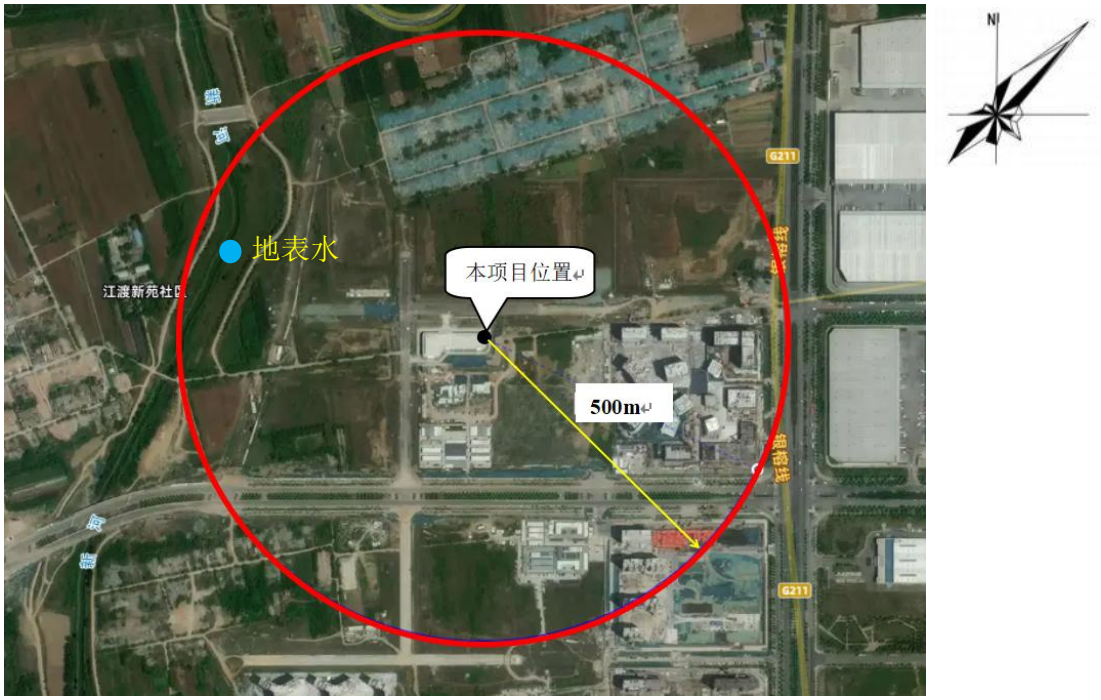


图 2.3　地表水环境放射性现状监测布点图

（4）空气中放射性现状监测结果与评价

本次对拟建项目周围空气中 ^{3}H 活度浓度和气溶胶中总α放射性、总β放射性进行了监测，监测结果见表 2-7、表 2-8。

表 2-7　气溶胶中放射性核素活度浓度检测水平

点位编号	点位名称	检测项目	计量单位	监测结果	检出限（探测限）
气溶胶-1	东北一路与科创大道交叉口北侧第一个交叉路口（上风向对照点）	总α	mBq/m^3	1.43E-01	9.63E-03
		总β	mBq/m^3	5.61E-01	1.31E-02
气溶胶-2	中国西部科技创新港-2 期 C 区 13 号楼（下风向）	总α	mBq/m^3	7.95E-02	1.02E-02
		总β	mBq/m^3	3.02E-01	2.16E-02
气溶胶-3	江渡新苑北区西北角（环保目标处）	总α	mBq/m^3	1.29E-01	1.12E-02
		总β	mBq/m^3	8.20E-01	2.04E-02

表 2-8　空气中放射性核素活度浓度检测水平

点位编号	点位名称	检测项目	计量单位	监测结果	检出限（探测限）
空气-1	东北一路与科创大道交叉口北侧第一个交叉路口（上风向对照点）	氚	mBq/m^3	＜118	118

空气-2	中国西部科技创新港-2 期 C 区 13 号楼（下风向）	氚	mBq/m³	＜125	125
空气-3	江渡新苑北区西北角（环保目标处）	氚	mBq/m³	＜121	121

参考《2023 全国辐射环境质量报告》（生态环境部辐射环境技术监测中心），表 3.2.4-1，陕西省空气水分和降水中 ^{3}H 活度浓度均未检出。对比可知，本次环境空气中氚活动浓度监测结果未见异常。

气溶胶中的总 α 放射性为 0.0795~0.143mBq/m³，总 β 放射性为 0.302~0.82mBq/m³。主导风向下风向及环保目标处总 α、总 β 与上风向基本处于同一水平。



图 2.4　气溶胶环境放射性现状监测布点图

2.3.2 声环境质量现状监测与评价

2026 年 8 月 21 日，陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司对项目周围噪声环境进行了现状检测并出具了监测报告（编号：QNJC-2026-3483-FH）。

（1）监测布点

声环境现状监测在厂界四周各设置一个噪声监测点，共布设 4 个噪声监测点，各监测点位置见图 2.5。

（2）监测因子

等效连续 A 声级。

（3）监测时间及频次

2026 年 8 月 21 日，昼夜各监测一次。

（4）监测分析方法

按照《声环境质量标准》（GB 3096-2008）和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中的有关规定执行。

表 2-9 监测仪器明细表

序号	名称	型号	编号	测量范围	溯源单位/证书编号	有效期至
1	多功能声级计	AWA6228+	QNJC-YQ-080	20dB(A)~142dB(A)	陕西力源仪器设备检测有限公司/826007462-001	2027.04.09
2	声校准器	AWA6021A	QNJC-YQ-082	94dB/114dB	陕西力源仪器设备检测有限公司/826007461-001	2027.04.09
3	风速仪	8917	QNJC-YQ-077	风速：（0.2~30.0）m/s	陕西省计量科学研究院/QL10255901Z 号	2026.09.07
				温度：-20℃~59.9℃ 湿度：0.1%RH~99.9%RH	陕西省计量科学研究院/YP40252483Z 号	2026.09.02

（5）检测时天气状况

表 2-10 检测时环境状况

序号	检测时间	气象参数			
		天气	温度(℃)	湿度(%RH)	风速(m/s)
1	2026 年 8 月 21 日（昼间）	晴	27.6~28.5	74.5~75.7	1.79~2.27
2	2026 年 8 月 21 日（夜间）	晴	26.1~26.9	76.3~77.6	1.69~2.03

（6）检测结果

表 2-11 噪声检测结果

序号	测量点位		检测结果（Leq）		标准限值		是否达标
			昼间，dB(A)	夜间，dB(A)	昼间，dB(A)	夜间，dB(A)	
/	声校准器校准	测量前	93.7	93.7	/	/	/
		测量后	93.6	93.8	/	/	/
1	秦创原创新生态城1#研发楼厂界	西侧厂界 1m	47	46	65	55	达标
2		南侧厂界 1m	49	45	65	55	达标
3		东侧厂界 1m	52	49	65	55	达标
4		北侧厂界 1m	48	44	65	55	达标

备注：噪声测量值已修约。

由表 2-11 可知，东、南、西、北四厂界监测点昼间监测值为 47~52dB(A)，夜间监测值范围为 44~49dB(A)，能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中的 3 类标准要求，项目区域声环境质量良好。



图 2.5　噪声现状监测布点图

2.4 选址适宜性评价

本项目所在区域地壳结构简单未见明显的差异活动，地壳相对稳定。地质和地震条件良好，没有影响放射性同位素安全使用的颠覆性因素。结合本项目特征辐射污染因子和电离辐射环境影响评价范围，项目选址评价范围内无学校、医院、行政办公等环境敏感点，1#研发楼东侧、南侧 200m 范围内均属于秦创原创新生态城工业生产区地块范围，其规划建设内容为研发、生产厂房，与本项目性质类似，项目选址不涉及饮用水水源保护区等保护目标，区域周边社会环境相对简单，且项目采用一定的屏蔽防护与辐射安全措施、放射性污染防治等措施，对周围环境的辐射影响较小。环境现状调查结果表明，项目拟建厂址及周围环境的环境质量达标，项目拟建场址及周围环境的辐射水平均处于当地天然本底正常波动范围内。

3 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

3.1.1 项目概况

中陕核（西安）中子科技有限公司租用陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司沣西新城秦创原创新生态城的1#研发楼部分场地开展中子管、中子发生器的生产研发活动。本项目拟在1#研发楼一层生产区东北角建设充氚室，充氚室包括充氚手套箱、放射性废物间、更衣室、缓冲间、检测去污间、中子发生器及氚材料贮存间等配套用房。本项目在充氚室手套箱内将氘氚混合气充入氘-氚真空管（含钛靶，留有充气口），生产氘-氚中子管（自成靶），生产的部分氘-氚中子管用于组装测井用氘-氚中子发生器，部分氘-氚中子管直接外售。年产氘-氚中子管100支，单支充氚不超过10Ci（3.7×10^{11}Bq），3天完成2支自成靶充氚。每年使用2瓶氚化铀，单瓶氚化铀内初始^{3}H含量为1.85×10^{13}Bq（500Ci），在充氚室的手套箱内进行氚原料贮存。充氚室日等效最大操作量为1.85×10^{12}Bq，为甲级非密封工作场所。

表3-1　项目建设内容及规模一览表

类别	建设内容及规模		备注
主体工程	略		新建
	略		新建
辅助工程	略		新建
	略		新建
	略		新建
	略		新建
储运工程	略		新建
公用工程	供暖	本项目职工冬季以空调取暖，夏季采用空调制冷。	依托
	供水	由厂区内供水管网接入。	依托
	供电	由市政供电管网提供。	依托
环保工程	废气	拟设3条独立管道分别引至室外排放。①第一条排风管道连接中子发生器及氚材料贮存库、放射性固废间、充氚室，设计排风量为2100m^3/h，风速不低于0.5m/s，管道贴梁底安装，经西墙排风口引出室外沿墙体向上至二层平台，充氚室内排风量大于送风量，可维持负压状态，引至室外排放；②第二条排风管道连接手套箱排气台，引至氚净化系统处理后由装置出口引至北墙排风口，而后引出室外沿墙体向上至建筑楼顶，设计排风量为200m^3/h；③第三条排风管道由预留通风橱经东墙引至二层室外平台排放，设计风量1800m^3/h。	新建
	固体废物	本项目产生的放射性固体废物主要为氚净化系统中废弃的分子筛，事故状态下的擦拭废物，辐射工作人员产生的棉纱、口罩、手套，废中子管，废弃的氚化铀罐体等。擦拭废物、棉纱、口罩、手套等储存在放射性固废暂存间内，委托有资	新建

		质单位收贮；中子管废品保持完整性，不进行拆解，暂时贮存于中子管及氚材料贮存库，经负压密闭手套箱脱氚后由有资质单位收贮；废弃的氚化铀罐体由生产厂家回收。	
	废水	本项目正常情况下无放射性废水产生，仅在发生事故时产生少量去污废水（包括人员去污、现场设备去污、受污染地面、桌面、墙面去污等）。去污废液收集至放射性废液储罐内，委托有资质单位对废液进行检测，检测放射性活度满足要求后按要求排放，如检测不合格则委托有资质单位处理。	新增2个放射性废液储罐

3.1.2 基本参数

本项目利用氚化铀作为氚源，氚化铀在加热高温下分解释放出氚气，其中^{238}U为储氢材料，不参与充氚过程。单瓶氚化铀内初始^{3}H含量为1.85×10^{13}Bq（500Ci），^{238}U含量为1.0×10^{9}Bq（27mCi），拟使用放射性物质的情况见下表。

表 3-2 本项目涉及的非密封源特性

核素名称	理化性质	半衰期	毒性分组	衰变模式	最大能量
^{3}H	气态	12.35a	低毒	β^-	β 18.6keV
^{238}U	固体（粉末）	4.5×10^{9}a	低毒	α	γ 4.196MeV

根据中陕核（西安）中子科技有限公司规划，计划年生产氘-氚中子管（自成靶）100支，生产的部分氘-氚中子管用于组装测井用氘-氚中子发生器，部分氘-氚中子管直接外售。单支氘-氚中子管（自成靶）充氚不超过10Ci（3.7×10^{11}Bq），则年用氚量为3.7×10^{13}Bq（1000Ci），单瓶氚化铀内初始^{3}H含量为1.85×10^{13}Bq（500Ci），则2罐氚化铀即可满足年用量，厂区内只存放1罐氚化铀，氚化铀储罐为连续使用，待使用完毕后由厂家负责更换。

本项目产品方案见下表。

表 3-3 项目产品主要参数一览表

产品名称	核素名称	理化性质	年产量	单支活度	用途
氘氚中子管	^{3}H	固态	100支	3.7×10^{11}Bq（10Ci）	用于组装测井用氘氚中子发生器

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）关于非密封工作场所分级的相关规定（日等效最大操作量计算公式为：日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子），本项目日等效最大操作量计算见下表。

表 3-4 非密封工作场所分级

核素种类	日最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	操作方式修正因子	毒性组别修正因子	日等效最大操作量（Bq）	用途	操作场所

^{3}H	1.85×10^{13}	3.7×10^{13}	0.1 很简单操作	0.01 低毒	1.85×10^{12}	1.85×10^{12}	充氚	手套箱
^{3}H	1.85×10^{13}	1.85×10^{13}	1000 源的贮存	0.01 低毒	1.85×10^{8}		贮存	手套箱
^{238}U	1.0×10^{9}	1.0×10^{9}	1000 源的贮存	0.01 低毒	1.0×10^{4}		贮存	手套箱
备注：①制备时使用 1 瓶氚化铀，可通过控制氚化铀加热温度来调节反应容器内压力，因此 ^{3}H 和 ^{238}U 日最大操作量保守按 1 瓶氚化铀中最大量考虑。 ②氚化铀的加热使用过程是在密封容器中进行并且有多道安全防护措施防止氚气泄漏，因此 ^{3}H 进行充氚时的操作方式按“很简单的操作”的气体进行考虑，操作方式修正因子取 0.1。 ③^{238}U 为固体储氢材料，氚释放时需对其进行加热操作，因此充氚时 ^{238}U 的操作方式按“源的贮存”的表面污染水平较低的固体进行考虑，操作方式修正因子取 1000。 ④氚化铀储罐贮存时，^{3}H 的操作方式按“源的贮存”的表面污染水平较低的固体进行考虑，操作方式修正因子取 1000。 ⑤本项目设 1 台手套箱作为氚化铀罐操作与贮存次级包容体，箱内常驻氚化铀（UH_3）罐不超过 1 罐，该布置使初级包容（罐壳焊接体）与次级包容（手套箱）在时空上重合，消除罐体在独立源柜与操作箱间转运带来的接头泄漏及 UH_3 遇湿氧粉化风险，符合 GB 18871-2002 第 4.5.2 条纵深防御要求，冷态停用＞1 个月或扩产至大批量时，备用罐转存独立贮源室。								

由表 3-4 可知，本项目实施后，工作场所放射性核素的日等效最大操作量为 1.85×10^{12}Bq，大于 4.0×10^{9}Bq，属于甲级非密封工作场所。

3.1.3 主要原辅材料

本项目主要原辅材料见下表。

表 3-5　主要原辅材料情况

名称	物理状态	规格	年用量	包装方式	储存场所	使用工序	备注
^{3}H	固体（储罐内储存时）	1.85×10^{13}Bq/瓶（500Ci/瓶）	2 瓶/a	氚化铀罐体	充氚室的手套箱内	充氚工序	氚化铀为氚源，单瓶 ^{238}U 含量为 1.0×10^{9}Bq（27mCi）

3.1.4 主要生产设备

本项目主要生产设备见下表。

表 3-6　主要生产设备情况

序号	名称	数量	安装位置	备注
1	真空系统	1 套	充氚室内	/
2	氚气供给与计量系统	1 套	充氚室内	/
3	加热与温控系统	1 套	充氚室内	/
4	充氚工作台	2 个	充氚室内	/
5	手套箱	1 个	充氚室内	手套箱顶部、底部及四侧为 2mm 钢板，铅玻璃厚度为 5mm，铅手套为 0.6mmPb；手套箱泄漏率≤1×10^{-10}Pa·m³/s；手套箱内部维持负压，与外界压差控制在 200～500Pa，在手套箱排风总管、氚净化系统入口设置过滤器

6	铁质钟罩	1 个	手套箱内	4mm 厚的铁
7	氚净化系统	1 套	充氚室内	用于含氚废气的净化

3.2 工程设备和工艺分析

3.2.1 测井用氘-氚中子发生器设备组成

氘-氚中子发生器主要包括氘-氚中子管（将离子源、离子引出加速系统、钛金属靶和气压调节系统（锆合金材质）全部密封在一支陶瓷或玻璃管内，构成一支结构简单紧凑的电真空器件）、必要的电源和控制系统等组装成一个有机的整体。

略

图 3.1 中子管结构示意图

略

图 3.2 中子管实物图

略

图 3.3 氘-氚中子发生器结构示意图

略

图 3.4 自成靶中子管结构示意图

3.2.2 充氚工艺流程

略

图 3.6 工艺流程图

3.2.3 工作负荷

本项目拟配备 2 名辐射工作人员负责充氚工作，为本项目专职辐射工作人员，不兼岗公司其他辐射工作。考虑到同位素氚的使用量最大可支撑每年 100 支中子管的制作，充氚操作过程由两人共同完成，从系统真空预处理到氚气回收与净化处理需要 3 天时间（大部分是抽真空和稳压检漏时间），充氚操作包括尾气回收与净化，操作人员均在操作间内远程操作，充氚人员在整个充氘氚过程停留在充氚室内的时间均不超过 35min。

考虑辐射工作人员近距离接触非密封放射性物质工序，包括氚化铀储罐运输，充氚管路与中子管连接、断开连接、冷压接密封，中子管成品运输，放射性固废运输，放射性废液运输等环节。各环节操作时间见下表。

表 3-7　各涉源环节工序人员配置及操作时间

涉源环节	单次最长操作时间	中子管数量/工作天数	年工作时间	工作人员数量
氚化铀储罐运输	10min/次	2 次/年	0.34h	2 人
充氚管路与中子管连接、断开连接、冷压接密封	0.5h/支中子管	100 支/年	50h	
中子管成品运输（传递）	0.5min/支中子管	100 支/年	0.83h	
放射性固废运输	5min/次	50 次/年	4.17h	
放射性废液运输	20min/次	1 次/年	0.33h	
操作间内	8h/d	250 天/年	2000h/a	

充氚结束后，氘-氚中子管由实验室打靶操作人员运送至打靶室，本项目辐射工作人员不参与该工序。

3.2.4 人流、物流规划

本项目工作场所分别设有相对独立的人员和物流通道。人流和物流规划图见图 3.7，具体路线设置描述如下：

（1）工作人员路线

本项目采用远程操控系统，在充氚过程中，人员在二楼夹层的操作间内远程操控充氚系统进行作业，只有在传递中子管和连接、断开充氚管路、冷压接密封等必须人工操作的时候才进入充氚室内进行人工操作。

在进入充氚室时，工作人员首先进入更衣室，更换专用防护服，佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪后进入充氚室。完成相关操作后，进入检测去污间进行表面污染检测，检测达标后，脱除防护服，摘取个人剂量计和个人剂量报警仪，更衣后离开。

如进行氚表面污染检测时存在超标情况（工作服、手套、工作鞋表面污染水平超过 40Bq/cm^2），工作人员脱除防护服进入检测去污间进行冲洗，冲洗后进行表面污染检测，检测达标后更衣离开工作场所。

（2）物流路径

①氚源：氚气贮存在不锈钢密封罐中，由充氚室西侧物流门（货气锁常闭门）进入，安置于手套箱内，无特殊情况不移动。用完的源罐由供货商上门回收。

②中子管：中子管于充氚室西侧传递窗进入或运出，传递至本层实验室。

③放射性固体废物：废弃的分子筛、棉纱、口罩、手套、废中子管等按放射性固体废物处理，废弃的分子筛、棉纱、口罩、手套暂存于放射性固废间的固体废物箱内，定期由有资质单位收贮；中子管废品保持完整性，不进行拆解，暂时贮存于中子管及氚材料贮存库，经负压密闭手套箱脱氚后由有资质单位收贮。放射性固废间设置于充氚室西侧。

④放射性废液：如工作人员进行表面污染检测时存在超标情况（工作服、手套、工作鞋表面污染水平超过 40Bq/cm^2），工作人员脱除防护服进入检测去污间内进行冲洗，冲洗用水用管道收集，排入废液罐中贮存，委托有资质单位对废液进行检测，检测放射性活度满足要求后按要求排放至普通下水道，如检测不合格则委托有资质单位处理。

略

图 3.7　人流、物流图

3.3 污染源项

3.3.1 建设阶段

本项目建设阶段主要为 1#研发楼一层充氚室、二楼夹层操作间改造装修（含辐射安全设施安装、设备安装调试等）。

（1）扬尘和装修废气

施工过程中会产生扬尘，扬尘主要来自施工过程中建筑材料现场搬运及堆放产生的扬尘、切割打磨装饰材料产生的粉尘、建筑垃圾清理及堆放产生的扬尘。

（2）建筑垃圾、生活垃圾

施工期固体废物主要包括建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。施工过程将会产生少量建筑垃圾，包括废金属、铁丝、废装修材料等杂物。施工人员的生活垃圾按人均 1.0kg/d 的产生量估算，施工人员以 10 人计，则每天生活垃圾产生量为 10kg/d。

（3）噪声

施工期噪声主要来自于各类机械、运输车辆的噪声，噪声源强约为 75～90dB(A)。

（4）废水

施工期废水排放主要包括施工人员的生活污水。生活污水在此期间按日均施工人员以 10 人计，生活用水量按 50L/人·d 计，则日生活用水量为 500L/d。废水产生量以耗水量的 85%计，则生活污水的日产生量为 425L/d。

（5）设备的安装、调试

本项目设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，本项目工作场所内不存在放射性物质，因此不存在电离辐射。安装过程会产生少量包装材料及其他固体废物。

施工期间可能产生的污染物主要为施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾以及施工人员生活污水和施工人员生活垃圾；装修施工期间的污染物主要包括废气、废水、噪声及废弃的装修材料等；设备安装期间的主要污染物为包装材料及其他固体废物等。

3.3.2 运行阶段

1、核素的辐射特性简介

^{3}H 核素的半衰期为 12.35a，纯β^-衰变，最大β粒子能量为 18.6keV，低毒。

2、辐射源项分析

（1）β射线及韧致辐射

建设单位根据实际需求采购一定放射性活度的 ^{3}H，^{3}H 以金属铀粉吸附形式储存于不锈钢密封源罐中，源罐中 ^{238}U 为α衰变，其半衰期长，α射线射程较短，利用罐体材料（3mm 铁）可屏蔽α射线，不再考虑其辐射影响。^{3}H 全部用完后，罐体中仅存在一定活度的铀粉，根据前文分析可不考虑其α衰变造成的辐射影响。废弃的氚化铀罐体由供货商上门回收，不在厂区内贮存。

充氚过程 ^{3}H 经过β^-衰变产生β粒子，该粒子能量为 18.6keV，β粒子被自身源物质及源周围的其他物质阻止时产生韧致辐射。β射线穿透力很弱，在屏蔽物质内射程很短，不会对环境产生明显影响，但β射线被阻止时会产生韧致辐射，韧致辐射不可以忽略。

（2）β表面污染

反应容器和手套箱均为密封装置，正常情况下氚靶制备过程中氚气不泄漏，不会造成手套箱外β表面污染。事故情况下氚气泄漏会引起墙壁、地面、工作服、手套箱等产生放射性沾污，造成β表面污染。

（3）放射性三废

1）放射性废液

本项目可能产生的放射性废液主要是事故情况下去污产生的含氚废水，事故情况按照 1 次/年的产生频率考虑。

房间地面、墙面去污废水：充氚室建筑面积 25m^2，冲洗积水按 2mm 计，则单次去污废水约为 0.05m^3（50L）。

应急淋浴水：事故工况下保守按照 2 人淋浴考虑，单人单次 5~10min，流量 0.1L/s，则淋浴水约为 60L/次~120L/次。

手套箱外表面冲洗废水：手套箱冲洗水量约为 20L/次。

因此放射性废液产生量约为 190L/次，事故工况为 1 次/年，放射性废液产生量为 190L/a。

根据中陕核（西安）中子科技有限公司设计规划，即使在事故情况下产生放射性废液，也可通过管道收集至放射性废液罐内储存，单罐储存容量 200L，设置 2 个废液罐，建设单位委托有资质单位对废液进行检测，检测放射性活度满足要求后按要求排放，如检测不合格则委托有资质单位处理。

2）放射性固体废物

由工艺流程分析可知，本项目充氚工序产生的放射性固体废物主要为氚净化系统中废弃的分子筛，棉纱、口罩、手套，废中子管，废弃的氚化铀罐体等。

①手套、口罩和棉纱

充氚过程中工作人员穿戴专用工作服、手套、口罩，并定期采用棉纱和去污剂对工作台面进行擦拭清洁，工作结束后，手套、口罩和棉纱等作为放射性固体废物收集贮存。充氚过程每人每支氘-氚中子管产生 0.5kg 固体废物，2 人一起完成，则单支氘-氚中子管固体废物产生量 1kg，年生产 100 支氘-氚中子管，则充氚过程放射性固体废物年产生量为 100kg。

②废弃的分子筛

本项目年用氚量为 3.7×10^{13}Bq，每年分子筛捕获 HTO 的活度计算见式 3-1：

$A_{捕获年}=A_{总年}\times f_{逸出}\times f_{T2\rightarrow HTO}\times \eta_{收集}\times \eta_{分子筛捕集效率}$ 式 3-1

式中：

$A_{捕获年}$——年捕获氚活度，Bq/a；

$A_{总年}$——年用氚量，Bq/a；

$f_{逸出}$—工艺操作微量逸出氚占总用氚比例，本项目取 1%：

$f_{T2\rightarrow HTO}$—逸出氚在到达分子筛前端之前已转化为 HTO 的比例，在工艺系统及尾气管道内氧化转化，本项目取 99%；

$\eta_{收集}$—负压尾气系统收集效率，本项目取 95%；

$\eta_{分子筛捕集效率}$—分子筛对 HTO 捕集效率，本项目取 99.9%；

由此得出 $A_{捕获年}$为 3.47×10^{11}Bq，一般来说分子筛更换周期为 7~8 年，按 8 年计算，分子筛累积氚活度约 2.776×10^{12}Bq（约 75Ci），该数值为基于运行工况的保守估算值，用于废放射性分子筛源强及固体废物管理分析。

③废弃的氚化铀罐体

每 1 年产生 2 瓶废弃的氚化铀罐体，重量为 0.5kg/罐，年产生量为 1kg/年。

④中子管废品

生产过程废中子管报废率按 2%计算，产生量为 2 支/年，保持完整性，不进行拆解，暂时贮存于中子管及氚材料贮存库，经负压密闭手套箱脱氚后由有资质单位收贮。

充氚车间手套箱操作工位设置 2mm 铁的密封放射性固体废物收集箱，外形尺寸 400mm×400mm×400mm（有效容积约 46L），用于分类收集废分子筛、报废吸气热子等低水平含氚放射性固体废物，箱体配有密封盖板，防止污染物弥散。收集箱累积一定量废物后转运至放射性废物库 200L 标准不锈钢密封废物桶（材质为 2mm 铁）内暂存，定期委托有资质单位收运处置。

3）放射性废气

根据建设单位提供资料及行业经验，充氚工艺逸散到空气中形成含 H-3 的放射性气溶胶，根据充氚工艺运行实测经验，按照 95%充到中子管，4%由吸气热子吸附，1%进入氚尾气净化装置。参考中国工程物理研究院核物理与化学研究所杨海素《加速器含氚废气净化系统的技术指标估算》（CNIC-01808，CAEP-0158）研究结论，催化氧化-分子筛吸附组合工艺氚尾气净化系统综合去

污因子可取不低于 1000，对应净化效率≥99.9%，本项目含氚废气采取的净化措施为催化氧化-分子筛吸附组合工艺，因此净化效率取 99.9%。单支中子管中 H-3 活度为 3.7×10^{11}Bq（10Ci），则单支中子管 H-3 排放量为 3.7×10^{6}Bq，年产 100 支中子管 H-3 排放量为 3.7×10^{8}Bq。根据建设单位提供资料，氚净化系统排风量为 200m^3/h，单支中子管充氚时间为 0.5h，氚净化系统年运行 50h，则氚排放浓度为 3.7×10^{4}Bq/m^3。

（4）非放射性污染物

1）废水

本项目非放射性废水主要为新增辐射工作人员产生的生活污水，工作人员生活用水按 50L（人·d）计，则 2 名工作人员生活用水量为 0.1t/d（25t/a），排污系数按 0.9 计，则生活污水产生量约为 0.09t/d（22.5t/a）。生活废水经厂区化粪池处理后经市政管网排入污水处理厂进一步处理。

2）固体废物

本项目非放射性固体废物主要为新增辐射工作人员产生的生活垃圾。生活垃圾产生量按 0.5kg/（人·d）计，则生活垃圾产生量约 1kg/d（0.25t/a），生活垃圾经收集后交由环卫部门统一处理。

3）噪声

本项目运行过程中噪声来自真空泵及排风装置，在充氚室设置 1 套排风装置，噪声值源强为 70dB(A)~85dB(A)，真空泵噪声源强为 70dB(A)。

3.4 污染源汇总

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 3-8 所示。

表 3-8 本项目污染物情况统计表

污染物	污染因子	排放量	处理方式
^{3}H	β射线、韧致辐射	最大β粒子能量为 18.6keV	屏蔽防护
^{3}H	β表面污染	/	定期采用棉纱和去污剂对工作台面进行擦拭清洁
放射性废液	事故工况下去污产生的含氚废水	190L/a	收集后暂存至放射性废液罐内储存，储水罐容积为 200L，设置 2 个废液罐，委托有资质单位进行检测，满足要求后按要求排放，如检测不合格则委托有资质单位处理
放射性废	含氚废气	3.7×10^{8}Bq/a	经氚净化系统处理后，由排风管道引至屋顶排放

气			
放射性固体废物	废弃的手套、口罩和棉纱等	100kg/a	暂存于放射性固废暂存间，定期交由有资质单位收贮
	废弃的分子筛	约 7~8 年更换一次，单个分子筛重量 10kg	
	中子管废品	2 支/a	保持完整性，不进行拆解，暂时贮存于中子管及氚材料贮存库，经负压密闭手套箱脱氚后由有资质单位收贮
	废弃的氚化铀罐体	1kg/a	交由生产厂家进行回收
非放射性污染物	职工生活废水	22.5t/a	经厂区化粪池处理后经市政管网排入沣西新城沣河污水处理厂进一步处理
	生活垃圾	0.25t/a	交由环卫部门处置
	噪声	噪声值约 70dB(A)~85dB(A)	选用低噪声设备、基础减振、厂房隔声等

4 辐射安全与防护

4.1 工作场所布局与分区

4.1.1 辐射工作场所布局

略

综上，本项目辐射工作场所分布相对集中，整体布局合理。

4.1.2 工作场所分区

4.1.2.1 分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“6.4 辐射工作场所分区”规定，将辐射工作场所分为控制区和监督区。

控制区划分原则：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区划分原则：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门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。采用适当的手段划出监督区的边界；在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

4.1.2.2 本项目分区情况

根据上述分区原则，结合本项目情况，进行辐射工作场所防护区域划分，结果见下表 4-1，分区管理情况示意图见图 4.1。

表 4-2　辐射工作场所分区管理一览表

名称	位置
控制区	略
监督区	略

建设单位应对工作场所的墙壁和顶棚落实下述装修要求：

1）地面应采用塑料覆面，特别要注意塑料接缝处焊接的平整，对与设备、套管及墙壁的连接处要做成圆角，并有一定高度。

2）设计上各区按规定的颜色区分开并设区级标志。墙壁和天棚涂以油漆。

本项目分区管理采用以工作场所实体边界内对不同区域进行划定，并结合项目实际情况，对控制区外四周相邻区域划分为监督区，落实防护手段及安全措施，可较好地预防或限制潜在照射，分区划分比较合理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求。

充氚室控制区和监督区分布图见图 4.1。

略

图 4.1 充氚室控制区、监督区分布图

略

图 4.2 充氚操作间分区图

4.1.3 工作场所屏蔽设计方案

（1）功能用房设计

充氚作业过程产生β射线，β射线与物质相互作用会产生韧致辐射。β射线穿透力较弱，在固体屏蔽材料中射程有限，但需重视次生韧致辐射的屏蔽防护。

本项目在 1#研发楼一层生产区东北角设置充氚室，并配套建设更衣室、检测去污间、缓冲间、中子发生器及氚材料贮存库、放射性废物间等功能用房。充氚室、中子发生器及氚材料贮存库、更衣室围护墙体采用 240mm 厚实心砖墙，顶板采用 150mm 厚混凝土楼板，地坪采用 150mm 厚混凝土地坪。

充氚室设置物料传递窗，采用 5mm 普通玻璃；充氚室、放射性废物间、中子发生器及氚材料贮存库配套设置普通门、防盗门，各类门仅实现物理隔离与人流管控，不设置辐射屏蔽结构。

（2）生产装置屏蔽措施

项目氚以铀粉吸附形式贮存于不锈钢密封源罐内，源罐置于手套箱内部，非必要不转移。源罐壳体为 3mm 不锈钢；手套箱箱体顶部、底部及侧壁板材厚度 2mm 钢板，观察窗采用 5mm 铅玻璃，配套铅手套屏蔽当量 0.6mmPb；箱内另设置 4mm 厚铁质钟罩，多重屏蔽降低β射线及次生韧致辐射外照射水平。手

套箱泄漏率≤1×10^{-10}Pa·m^3/s；手套箱内部维持负压，与外界压差控制在 200～500Pa，防止箱内含氚气体向外无组织逸散。在手套箱排风总管、氚净化系统入口设置过滤器，承担主要气溶胶负荷，用于保护下游催化氧化床与分子筛吸附床，避免气溶胶杂质造成催化剂中毒、分子筛孔隙堵塞。

中子管存放于中子发生器及氚材料贮存库的存储柜内，存储柜柜体采用 2mm 厚钢板。

（3）生产原料屏蔽

本项目采用氚化铀作为氚源。盛装氚化铀的内容器外形为圆柱形，直径 14mm，高度 100mm；容器选用低氚渗透率 316L 不锈钢制作，筒体壁厚 3mm，封头壁厚 4mm，采用全焊接密封结构。氚化铀内容器整体放置于外层密封罐体内，外层罐体为圆柱形，外径 80mm，筒体高度 180mm，总高度约 260mm，有效容积约 0.8L。

（4）充氚过程：充氚系统管道采用不锈钢材质；中子管本体具备 2mm 铁合金管体屏蔽，外部设置壁厚 4mm 铁质钟罩进行二次屏蔽，详见图 4.5。

（5）成品中子管：充氚后的成品中子管为含源器件，自身带有 2mm 铁合金管体屏蔽。

（6）放射性废物贮存设施：放射性废水储罐、废液管道、放射性固废箱均采用 2mm 厚钢板制造，可实现辐射屏蔽。

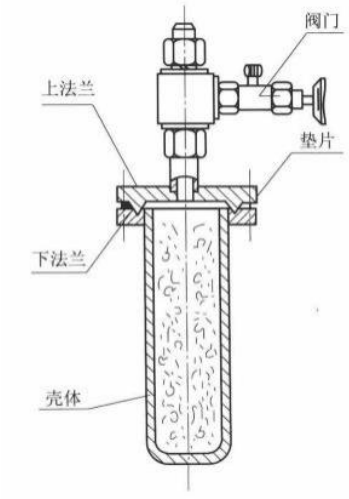


图 4.3　氚化铀包装示意图

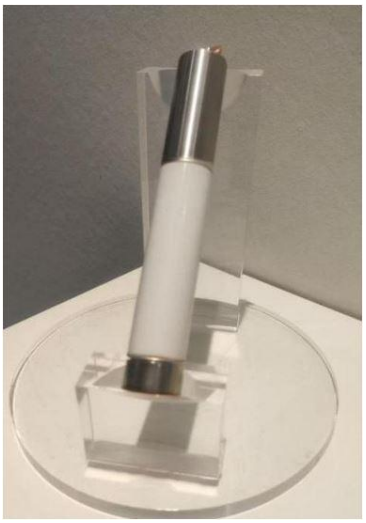


图 4.4　中子管屏蔽



图 4.5　钟罩屏蔽

表 4-5　充氚相关区域屏蔽体材质及厚度

屏蔽措施名称		厚度
源项屏蔽	源罐	3mm 不锈钢

	中子管管壁	2mm 铁合金
	手套箱	手套箱箱体顶部、底部及侧壁板材厚度 2mm 钢板，观察窗采用 5mm 铅玻璃，配套铅手套屏蔽当量 0.6mmPb；手套箱泄漏率≤1×10^{-10}Pa·m³/s；手套箱内部维持负压，与外界压差控制在 200～500Pa，在手套箱排风总管、氚净化系统入口设置过滤器
	钟罩	4mm 铁
场所屏蔽	东墙	240mm 厚实心砖墙
	南墙	240mm 厚实心砖墙
	西墙	240mm 厚实心砖墙
	北墙	240mm 厚实心砖墙
	顶板	150mm 厚混凝土
	地板	150mm 厚混凝土
	西侧物流门	普通门
	南侧人员进出门	普通门
	传递窗	5mm 厚普通玻璃
放射性废物间	东墙	240mm 厚实心砖墙
	顶板	150mm 厚混凝土
	地板	150mm 厚混凝土
	北侧门	防盗门
中子发生器及氚材料贮存库	东墙	240mm 厚实心砖墙
	南墙	240mm 厚实心砖墙
	西墙	240mm 厚实心砖墙
	北墙	240mm 厚实心砖墙
	顶板	150mm 厚混凝土
	地板	150mm 厚混凝土
	北侧门	防盗门
放射性废物储存设施	放射性废液储罐、废液管道	废液储罐容积为 200L/个，2mm 钢板，设置 2 个，放置于检测去污间的下水管道连接处
	放射性固废箱	2mm 钢板，放置于放射固废间内

4.2 辐射安全与防护措施

4.2.1 操作场所安全设施

1、专用的放射性物质贮存场所

原料氚化铀罐体存放于充氚室手套箱内部，常规工况下不转运移动。充氚室出入口配套入侵报警装置、24h 视频监控系统，设置人脸识别门禁与电控锁，实现人员准入管控，禁止无关人员进入。

中子发生器及氚材料贮存库用于存放成品中子管和中子发生器；库内设置 5 组保险柜，分区存放成品中子管、成品中子发生器、中子管废品、氚靶及备用物资，保险柜执行双人双锁管理制度。贮存库出入口设置入侵报警装置、人脸识别电控门禁，限制无关人员进入。

放射性固体废物暂存间用于临时存放项目产生的放射性固体废物，房间出入口配置人脸识别电控锁，严禁无关人员进入。

原料氚化铀、废弃氚化铀收发转运工作由专人负责，所有流转信息在保卫

值班室完成台账登记，实现放射性物质全过程管控，保障辐射安全。

2、工作状态指示灯、电离辐射警告标志

充氚室人员通道门、物流门均装设工作状态指示灯，配套实施门-灯联锁控制及自动闭门装置。充氚室人员门外、中子发生器及氚材料贮存库门外、放射性固体废物暂存间门外设置标准电离辐射警告标志，并辅以中文警示说明。氚化铀屏蔽容器、贮存库保险柜、放射性固体废物收集桶外表面，均张贴规范电离辐射警示标识。

3、氚气测量装置

①手套箱内部布设 1 套氚监测探头。手套箱、真空罩为密闭操作体系，是事故工况下氚泄漏主要潜在源项，实现手套箱内部氚浓度实时连续监测。

②充氚室内设置 1 台空气中氚监测仪，持续监测房间内氚气浓度，可快速识别氚泄漏异常，为应急处置提供依据。

③氚净化系统管路配套 1 台氚排放监测仪（设备厂家集成安装于净化系统内部），用于监测经净化处理后的含氚废气浓度，核实废气排放是否达标，同时计量含氚废气排放活度与累计排放总量。

4、辐射监测

本项目在检测去污间配置专用辐射监测设备，配备 1 台便携式空气中氚监测仪，用于常态化监测工作场所周边环境辐射剂量，实时掌握区域辐射水平；配套设置 1 台氚表面活度测量仪，专门用于检测工作人员作业后的体表、衣物表面放射性污染情况，及时排查表面污染风险，保障工作人员辐射作业安全。

5、视频监控系统

项目针对各放射性作业及贮存区域布设全覆盖视频监控设备，其中充氚室墙角、人员进出通道、货物物流通道、传递窗等关键点位共设置 7 个监控摄像头，放射性固废间设置 1 个监控摄像头，中子发生器及氚材料贮存库设置 2 个监控摄像头。

整套监控系统可全面覆盖各功能区域的人员进出、设备操作及物资流转全过程，监控画面清晰可辨，可精准识别人员体貌特征、作业活动状态，且支持视频回放，实现作业区域 24 小时可视化监管，有效提升场所安全管控能力。

6、出入口管理

1#研发楼外围设置实体围护屏障，主出入口分设车辆通道与人员通道，并配套出入口管控系统，可完成进出人员身份核验、权限授权、出入登记管控，同时自动采集进出车辆车牌信息，实现车辆出入动态监管。

充氚区内涉核材料转运出入口、人员出入口均安装人脸识别门禁系统；其余连通门均设置为常闭状态，非作业必要不得开启，最大限度防范无关人员误入、放射性物质非正常带出风险。

7、放射性废水管线及储水罐

检测去污间下水口布设收集管路，配套设置 2 台容积 200L 放射性废水收集罐，采用一用一备模式，用于收集事故状况下辐射人员体表去污产生的含氚放射性废液。含氚废液实行密闭单独收集，不接入厂区常规污水管网，收集废液暂存于储罐内，后续按照放射性废物管理要求委托有资质单位对废液进行检测，检测放射性活度满足要求后按要求排放，如检测不合格则委托有资质单位处置。

8、通风系统

本项目配套设置独立、完善的送排风系统，针对充氚室、中子发生器及氚材料贮存库等涉氚作业、贮存区域实现专项通风管控，保障区域负压环境与气流组织合理性，防范氚气泄漏积聚风险。

送风系统设置 1 条专用新风管道，管道沿西侧走廊向南敷设，经门洞上方穿出室外对接送风设备，新风管路分别接入充氚室、中子发生器及氚材料贮存库，系统总新风量为 3500m³/h，可满足各作业区域新鲜空气补给需求，保障作业环境空气质量。

排风系统设置 3 条独立专用排风管道，分区分类收集处置区域废气，实现分级排放管控：第一条排风管道连通中子发生器及氚材料贮存库、放射性固废间、充氚室，持续维持各房间负压环境，有效防止室内含氚气体外逸，废气统一引至二层室外平台达标排放；第二条排风管道对接手套箱排气系统，收集的作业含氚废气先导入氚净化系统进行专业净化处理，处理达标后经由楼顶排气筒高空排放；第三条排风管道对接区域预留通风橱，废气经东墙管路引至二层室外平台排放。

本项目氚靶制备过程可能造成氚气泄漏的工序为靶片吸氚过程，靶片吸氚过程在手套箱内进行，充氚室其他操作区域氚气泄漏风险极低，因此手套箱的

排风系统连入氚净化系统。正常运行时，靶片吸氚过程产生的氚气由工艺管道（反应容器）包容（一级包容），外部亦有维持负压的手套箱包容（二级包容），氚气不会泄漏至充氚室；设计基准事故是工艺管道（反应容器）破损，在发生此类事故时，手套箱作为二级包容可以实现对于事故状态泄漏氚气的收集排放和处理，氚气不会泄漏至充氚室；超设计基准事故是工艺管道（反应容器）破坏，同时手套箱破损（比如手套孔破损），发生此类事故时，手套箱设置事故风机，保证破损处断面风速维持 lm/s 以上，通过负压实现氚不泄漏至充氚室，若充氚室氚检测仪报警出现异常工况，则加大手套箱事故风机风量，可避免氚泄漏至充氚室。

系统设置科学的气流组织与精准的压力控制体系，作业充气阶段，混合气定向流入两支中子管；充气作业完成后，系统维持高真空状态，驱动残余含氚氚废气单向流向吸气热子吸附单元，避免废气滞留扩散。真空罩稳态运行压力控制在 0.5～2Pa，常规工作压力维持在 1Pa 左右，同时严格管控压力参数，升压速率≤0.05Pa/s，压力波动≤±0.1Pa。系统通过多点实时压力监测，自动调节管路阀门开度，实现双工位压力均衡控制，保障通风系统稳定、安全运行。

略

图 4.6　充氚室辐射安全防护措施布置图

4.2.2 辐射防护设施和个人防护用品

由前文工程分析可知，本项目充氚作业过程中主要辐射危害因素包括：氚衰变产生β射线及韧致辐射造成的外照射危害；事故工况下氚气吸入导致的内照射危害；作业区域设备、台面存在的放射性表面污染风险。针对项目存在的各类辐射危害特征，建设单位配套设置完善的辐射安全防护设施与个人防护管理措施，全方位防控内外照射及表面污染风险，具体防护措施如下：

1、内照射防护措施

内照射防护以“密闭源项、防止吸入、规范操作、严控污染”为核心原则，结合本项目涉氚作业特点，制定专项防控措施：

（1）设备密闭负压防控。本项目中子管充氚系统整体为高真空全密闭设备体系，作业全过程维持负压运行状态，设备密封性良好，正常工况下可有效杜

绝氚气外逸，从源头避免氚气泄漏造成的人员吸入风险，保障常规作业无内照射隐患。

（2）作业环境卫生管控。严格落实作业区域卫生管理制度，定期对工作台面、设备表面开展擦拭去污、清洁巡检，持续保持作业区域洁净，杜绝放射性污染物残留堆积。同时严格执行作业区域禁令，严禁工作人员在涉氚作业区域进食、饮水、吸烟及存放个人生活用品，有效阻断放射性物质经口鼻、消化道进入人体的途径。

（3）个人防护用品佩戴管控。明确辐射作业人员上岗防护要求，作业期间必须规范穿戴专用辐射工作服、防护手套、防护口罩等个人防护用品，通过物理防护阻隔氚气吸入、体表沾染风险，最大限度降低工作人员内照射及体表污染危害，保障人员作业安全。

2、表面污染防护措施

针对涉氚作业过程中可能出现的设备、台面及人员体表放射性表面污染风险，本项目从建筑构造设计、个人防护、作业后检测去污及废物管控等方面建立完善的表面污染防控体系。

（1）建筑及设备防污染设计。充氚室作业设备表面、工作台台面均采用平整光滑材质，不易吸附放射性污染物，便于日常擦拭与去污作业。室内地面与墙体交接位置采用无接缝工艺设计，整体密闭性好，无卫生死角，可有效减少放射性污染附着、积存，为常态化去污清洁提供良好条件。

（2）作业过程防护隔离。工作人员进入充氚室开展涉氚操作前，必须全程穿戴专用辐射工作服、防护手套、防护口罩等防护用品，通过物理隔离方式减少人体、衣物与放射性作业环境直接接触，从作业过程降低体表及衣物表面污染概率。

（3）作业后检测与去污处置。项目配套设置专用检测去污间，并配备氚表面活度监测仪，用于作业后污染筛查。每批次充氚作业结束后，工作人员需对工作台面、作业器具开展表面污染检测，确认无放射性污染异常后方可更换衣物、离开作业区域。若检测发现人员体表、衣物或设备台面存在污染，立即采用专用棉纱及去污剂开展擦拭去污处理，直至污染水平达标。

（4）污染废物规范管理。作业过程中产生的擦拭棉纱、去污废弃物等沾染

放射性的固体废物，全部按照放射性固体废物管理要求统一收集、单独暂存，严禁随意丢弃，避免二次污染扩散，实现表面污染全过程闭环管控。

3、外照射防护措施

本项目外照射危害主要来源于氚衰变产生的β射线及次级韧致辐射，严格遵循辐射防护“时间防护、距离防护、屏蔽防护”三大基本原则，结合项目作业工况，以屏蔽防护为核心、时间与距离防护为辅助，构建全方位外照射防控体系，最大限度降低工作人员及公众受照剂量。

（1）时间防护。在满足项目生产、试验及客户需求的前提下，持续优化作业工艺流程，合理规划充氚操作步骤，精简现场作业时长。通过标准化、流程化作业管理，最大限度缩短辐射工作人员在辐射区域的停留时间，从时间维度降低累积受照剂量，实现辐射防护最优化。

（2）距离防护。严格落实作业区域分区管控，在充氚室出入口、中子发生器及氚材料贮存库、放射性固废存放区域等关键位置张贴规范、醒目的电离辐射警示标志。同时配套人脸识别门禁管控系统，严格限制无关人员进入涉辐射作业区域，通过物理隔离与距离管控，有效规避公众及非作业人员遭受不必要的辐射照射。

（3）屏蔽防护。针对本项目β射线及韧致辐射特征，配套分级屏蔽防护设施，实现源项全覆盖屏蔽。氚源贮存阶段，依托自带铁质源罐实现静态屏蔽，有效阻隔贮存状态下的辐射外溢；充氚作业阶段，氚气于密闭不锈钢负压管道内流动传输，从源头减少辐射外泄。作业核心设备中子管本体配置 2mm 厚铁合金管体屏蔽结构，外部增设 4mm 厚铁质钟罩屏蔽层，经辐射屏蔽核算，该复合屏蔽结构可有效衰减β射线及次生韧致辐射，完全满足项目辐射屏蔽安全要求，可将作业区域辐射水平控制在合规限值范围内。

为全面落实各项辐射防护要求，中陕核（西安）中子科技有限公司为本项目各辐射工作场所配齐专业辐射防护设备，同时为在岗辐射工作人员统一配备齐全的个人防护用品，从硬件设施、个体防护双重维度筑牢辐射安全防线，保障作业全过程辐射安全可控。

本项目拟配备的防护设备具体见表 4-6 所示，个人防护用品及监测设备见表 4-7 所示。

表 4-6　本项目拟配备的防护设备

序号	装置	屏蔽材料及厚度	设置场所
1	手套箱	手套箱顶部、底部及四侧为 2mm 钢板，铅玻璃厚度为 5mm，铅手套为 0.6mmPb	充氚室
2	铁质钟罩	4mm 铁	充氚室内，手套箱外
3	氚净化系统	其中分子筛外壳为 3mm 钢	充氚室
4	存储柜	2mm 铁	5 个，放置在中子发生器及氚材料贮存库内
5	氚化铀罐	3mm 不锈钢	手套箱内
6	废物桶	2mm 钢板	2 个，放射性固废间内

表 4-7　个人防护用品及监测设备一览表

序号	设备及材料名称	数量	设置场所
1	便携式空气中氚监测仪	1 台	检测去污间
2	氚表面污染监测仪	1 台	检测去污间
3	手套箱内固定式氚监测仪	1 台	手套箱内
4	充氚室内手套箱外固定式氚监测仪	1 台	充氚室内手套箱外
5	固定式氚排放监测仪	1 台	由厂家直接安装于氚净化系统内
6	个人剂量计	4 枚	工作人员随身佩戴
7	个人剂量报警仪	2 台	工作人员随身佩戴
8	放射性污染防护服、防护手套、口罩等	若干	缓冲间

4.2.3 辐射安全防护措施的可行性

结合生态环境部（国家核安全局）《甲级非密封放射性物质操作场所监督检查技术程序》（2020 发布版）中相关检查内容，将本项目拟采取的上述防护措施汇总对照分析如下。

表 4-8　本项目设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

序号	检查项目		设计内容	符合情况
1	A 场所设施	工作场所功能、设置及分区布局	已设计	符合
2		场所分区的管控措施及标识	已设计	符合
3		电离辐射警告标志	已设计	符合
4		卫生通过间	已设计	符合
5		通风系统完整性及效能	已设计	符合
6		排风过滤器	已设计	符合
7		密封箱室	已设计	符合
8		屏蔽防护设施	已设计	符合
9		防过热或超压保护	已设计	符合
10		防止放射性液体操作造成污染的措施	已设计	符合
11		机械手或其他远距离操作工具	不涉及	/
12		火灾报警仪	已设计	符合
13		放射性废水处理系统及标识	已设计	符合
14		放射性物料与成品暂存场所或设施	已设计	符合
15		放射性固体废物暂存场所或设施	已设计	符合
16		安保设施	已设计	符合
17		防火设备、应急出口	已设计	符合
18	B 监测设备	人员出口污染监测仪	已设计	符合
19		固定式辐射监测报警仪	不适配本项目核素	/
20		固定式或移动式气溶胶取样监测设备	拟配备	符合
21		气载放射性流出物取样监测设备	/	/
22		便携式辐射监测仪	拟配备	符合

23		个人剂量计	拟配备	符合
24		个人剂量报警仪	拟配备	符合
25	C 防护用品	个人辐射防护用品	拟配备	符合
26	D 应急物资	去污用品和应急物资	拟配备	符合
27		合适的灭火器材	拟配备	符合
28		放射性同位素应急容器	拟配备	符合

由表 4-8 可知，本项目涉辐射设备、辐射工作场所管控及工作人员辐射防护相关拟采取的辐射安全管理与工程防护措施，满足生态环境部（国家核安全局）《甲级非密封放射性物质操作场所监督检查技术程序》（2020 年发布版）相关条款要求，各项内照射防控、表面污染管控、外照射屏蔽、辐射监测、个人防护、分区管理措施与程序规定相契合。

4.2.4 项目安全设施可行性小结

本项目设置固定专用辐射工作场所，各场所配套完善的辐射安全与防护工程设施。项目辐射工作场所布设的各项辐射安全和防护措施，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等法规、标准相关规定。

综上所述，本项目配套多台氚监测设备，可对辐射工作场所内部、废气排放口氚气浓度开展连续监测，能够及时识别氚气泄漏隐患，保障工作人员与公众辐射安全；项目选用的各类屏蔽结构及防护厚度，经后文屏蔽核算验证，可有效衰减辐射源释放的β射线并降低次生轫致辐射水平；同时，项目拟定的管控方案可有效防范放射性表面污染扩散。综合分析，本项目拟配套实施的各项辐射安全与防护措施满足规范要求，项目辐射安全设施方案合理、技术可行。

4.3 三废的治理

4.3.1 放射性“三废”治理措施

4.3.1.1 放射性废气治理措施

本项目产生的废气主要为充氚工艺过程产生的含氚放射性废气。

（1）通风系统设置：项目配套设置 1 套新风系统、3 套独立排风系统。设置 1 路新风管道，沿西侧走廊向南敷设，由门洞上方穿出连接室外送风装置；新风管道接入充氚室、中子发生器及氚材料贮存库，设计新风量 3500m³/h。

充氚室共布设 3 条独立排风管道，分别引至室外排放，具体设置如下：①

第一条排风管道：收集中子发生器及氚材料贮存库、放射性固废间、充氚室区域空气，设计排风量 2100m³/h，管道内风速不低于 0.5m/s；管道贴梁底敷设，通过西墙排风口穿出室外，沿墙体向上敷设至二层室外平台。充氚室排风量大于新风送入风量，可使充氚室维持负压环境，防止放射性气体向外扩散。②第二条排风管道：收集手套箱排气，废气先送入氚净化系统处理，处理后的尾气由装置出口接入北墙排风口，引出室外后沿墙体敷设至建筑楼顶排放，设计排风量 200m³/h。③第三条排风管道：为预留通风橱排风支路，管道经东墙引出至二层室外平台排放，设计风量 1800m³/h。

略

图 4.7　充氚室内通风管道布置图

略

图 4.8　二层通风管道布置图

本项目配套设置 1 套专用氚净化系统，专门对中子管充氚工序、手套箱作业产生的含氚放射性废气进行集中收集与深度净化处理，可大幅降低外排废气氚活度浓度，有效降低工作人员职业照射剂量与公众环境受照剂量，减小项目运行对周边环境的辐射影响。

氚净化系统主要由氚浓度测量仪、真空泵、真空增压泵、收集罐、循环罐、预热器、Pd 催化反应器、Pt 催化反应器、冷凝器、分子筛吸附器及配套管路、自控系统等组成。系统采用“负压抽集—浓度判别—催化氧化—冷凝分水—分子筛吸附”的成熟工艺对含氚废气进行净化处理。

氚净化系统采用真空泵抽取充氚管路和手套箱内的气体，设置氚浓度监测仪表对进入氚净化系统的气体氚浓度进行监测。系统为自动控制：当监测浓度低于设定的运行控制值（取工作场所氚化水/HTO 导出空气浓度 DAC 的 1/10 作为报警值，即 5×10^{4}Bq/m³；职业照射 HTO 的 DAC 按 GB 18871-2002 表 B3 吸入剂量系数 1.8×10^{-11}Sv/Bq 及参考人年呼吸空气体积约 2400m³ 推算，约为 5×10^{5}Bq/m³）时，经确认系统出口氚浓度满足放射性气体排放管理要求后排放；当监测浓度高于设定值时，气体进入收集罐/循环罐进行处理。收集罐压力达到设定值（25kPa）后，真空增压泵启动，将收集罐内气体转入循环罐；循环罐压力达到设定值（50kPa）后系统自动启动净化处理。含氚废气依次经过 Pd 催化

反应器（工作温度 300～350℃）、Pt 催化反应器（工作温度 350～400℃），在高温催化条件下将气态氚充分氧化生成氚化水蒸气，残余少量未氧化氚由后续吸附器进一步截留；随后混合气体进入冷凝器，在≤10℃低温条件下冷凝析出液态氚化水，剩余气体进入吸附器，由分子筛对氚化水汽进行深度吸附截留，确保尾气氚浓度满足排放控制要求。

分子筛设计更换周期约为 7～8 年/次，建设单位以系统出口氚浓度达标恢复时长作为判定依据：当氚净化系统末端氚浓度降至控制阈值 $5\times10^{4}Bq/m^{3}$（入口报警值）所需时间显著延长时，及时判定分子筛失效并联系厂家更换。

分子筛更换全程由厂家在负压手套箱密闭环境内完成，失效分子筛采用双层密封放射性废物容器单独封装，转运至项目放射性固体废物暂存间分区分类暂存，最终交由持《放射性固体废物贮存/处置许可证》单位处置。项目对放射性废物产生、暂存、转运、收贮全过程建立完整台账，严格落实辐射监测、标识管理及转运审批制度，确保放射性废物闭环合规管理。

4.3.1.2 放射性废液治理措施

本项目正常生产工况下无放射性废液产生。项目含氚废气采用催化氧化、冷凝分离、分子筛吸附的净化工艺，全过程为气相处理工艺，不产生工艺放射性废水；同时充氚装置采用自动化远程控制运行模式，正常工况及一般事故工况下工作人员无需进入充氚作业区域，从源头避免了常规去污废水的产生。

仅在远程关断失效、氚净化系统停运、区域负压丢失、氚泄漏持续扩大、存在次生安全风险等极端紧急工况下，工作人员在严格佩戴个人防护用品、受控剂量条件下短时间进入现场开展应急处置，可能因人员体表去污、设备表面去污、作业区域地面、墙面、台面污染清理等作业产生少量含氚放射性去污废液。

根据同类涉氚项目运行经验及本项目设计资料，事故污染工况下人员体表去污、房间墙面及地面去污、手套箱外表面擦拭冲洗等作业产生的放射性去污废液单次产生量约为 190L/次。项目按极端事故工况 1 次/年的频率核算，放射性废液年最大产生量为 190L。

针对事故工况下可能产生的放射性废液，项目在检测去污间配套设置 2 台 200L 放射性废水储罐，采用一用一备模式，配套专用收集管路，可对所有应急

去污废液实现密闭、专项收集，严禁混入普通生产、生活污水管网，杜绝无序排放。

所有收集的含氚放射性废液统一密闭暂存后，由建设单位委托具备资质的第三方检测机构开展放射性活度检测。若检测结果满足合规排放要求，按照规范要求实施达标排放；若检测活度不满足排放标准，则严禁外排，全部委托有资质的放射性废物处置单位进行专业化收贮处置。项目对放射性废液的产生、收集、暂存、检测及处置全过程建立台账管理，实现废液产生及处置环节可追溯、可监管，有效控制放射性废液环境风险。

4.3.1.3 放射性固体废物治理措施

本项目运行期间产生的放射性固体废物主要包括：氚净化系统更换的废弃分子筛、报废氚化铀罐体、废弃中子管、作业过程产生的受污染防护用品（废手套、废口罩）、设备及台面去污擦拭废棉纱等。项目针对不同类型放射性固体废物分类落实收集、暂存、转运及处置措施，实现放射性固体废物全过程规范化管控。

（1）各类放射性固体废物处置方式

①废弃分子筛：为氚净化系统定期更换产生的放射性固体废物，更换全过程在负压密闭手套箱内完成，更换后采用专用容器密封封装，转运至项目放射性固体废物暂存间分区存放，最终委托有资质单位处置。

②废弃氚化铀罐体：报废的氚化铀罐体，由原生产厂家按照溯源管理要求回收处置，不在厂区内暂存，不随意外委处置，保障源项闭环管控。

③废弃中子管：作业产生的中子管废品，统一存放于中子发生器及氚材料贮存库专用中子管废品存储柜内，实行分区、分类、上锁管控，经负压密闭手套箱脱氚后产生的废中子管委托具备放射性废物处置资质的单位收贮处置。

④受污染劳保用品及去污耗材：作业过程产生的废防护手套、废口罩、污染擦拭棉纱等低值放射性固体废物，全部集中收集至专用放射性固废箱内密闭暂存，定期委托有资质单位统一收贮，杜绝随意丢弃、混放处置。

（2）固体废物规范化管理措施

本项目放射性固体废物管理严格遵循《放射性废物安全管理条例》《核技术利用放射性废物库运行管理技术规范》（HJ 1417-2025）等法规标准要求。

项目严格执行分类收集、单独整备、密闭封装、分区暂存的管理原则，对所有放射性固体废物进行规整封装，彻底消除游离污染物，严格控制废物表面污染水平，防止二次污染扩散。

建设单位建立完善的放射性固体废物台账，详细记录废物种类、产生量、产生时间、暂存位置、处置去向等信息，实现全过程可追溯管理。

4.3.2 非放射性“三废”治理措施

4.3.2.1 废水治理措施

本项目运营期产生的非放射性废水主要为辐射工作人员日常生活污水，无生产工艺废水产生。工作人员生活污水水质简单、无有毒有害及放射性污染物，经厂区现有化粪池预处理，接入市政污水管网，最终送入区域污水处理厂集中深度处理。

4.3.2.2 固废治理措施

本项目运营期产生的非放射性固体废物主要为工作人员日常办公、生活产生的生活垃圾，产生量约 1kg/d（0.25t/a）。项目设置专用生活垃圾收集桶，对生活垃圾分类、定点、密闭收集，做到日产日清，收集后的生活垃圾统一交由当地环卫部门规范清运、处置。

4.3.2.3 噪声治理措施

本项目运营期噪声污染源主要为真空泵、排风装置等设备运行噪声。其中排风装置噪声源强为 70～85dB(A)，真空泵设备噪声源强约 70dB(A)。为有效控制设备噪声影响，项目优先选用低噪声型设备，同时对动力设备采取基础减振、设备密闭布置、厂房墙体隔声等综合降噪措施，可有效降低设备噪声向外扩散。

4.4 服务期满后的环境保护措施

本项目属于非密封放射性物质使用项目，工作场所及辐射设施服务期满、终止运行后，建设单位须严格按照放射性工作场所退役相关管理规定，开展场地退役、去污整治、终态监测及验收工作，确保退役过程环境安全、场地辐射水平合规可控。

4.4.1 设计阶段对退役设施的考虑

本项目在工程设计阶段充分兼顾后期退役需求，按照“便于退役、便于去污、减少残留、降低处置难度”的原则开展工艺及土建设计，为后续退役工作提供有利条件。

（1）建筑及设备适配退役设计。项目涉氚作业区域采用模块化、易拆除的建造方式，便于后期设备拆解、拆除及整备作业；非密封放射性工作场所地面、墙面采用平整光滑、易去污、耐腐蚀的专用材质，墙角、地角均做圆角处理，无死角、无缝隙，可有效减少放射性污染物附着积存，大幅提升退役期间去污清洗效率，避免污染扩散残留。

（2）全过程废物减量设计。项目配套建设专用放射性固体废物暂存间、放射性废水收集储罐及独立负压排风净化系统，对项目运行期间产生的放射性“三废”实施集中收集、分类暂存、规范处置，从运行阶段最大限度减少污染物累积存量，降低退役阶段废物清理、处置压力，减少退役风险与工作量。

4.4.2 退役环保措施

项目服务期满后，建设单位不得擅自拆除、废弃辐射设施，须严格按照法定流程开展退役治理工作。

项目正式退役前，建设单位需编制专项退役实施方案，并同步开展退役环境影响评价工作，编制退役环评文件，报生态环境主管部门审批，取得批复后方可严格按照审定方案开展退役施工、设备拆除、场地去污等作业。

退役实施过程中，首先开展全面场地源项调查，系统排查设备、构筑物、地面及墙面放射性残留水平。对存在放射性残留、无法达到解控水平的设备及设施，优先开展系统性去污处理；对无法彻底去污、残留水平超标的设备构件，进行密闭收集、专项暂存，根据污染性质采取自然衰变搁置或委托有资质单位专业化回收处置。

退役全过程参与作业的工作人员统一按照辐射工作人员进行管理，严格落实个人剂量监测、辐射防护用品佩戴、作业时长管控等防护措施，保障退役作业人员辐射安全。

退役施工、去污整治工作全部完成后，建设单位委托具备资质的第三方监

测机构开展场地终态辐射监测，全面核查场地、建构筑物表面污染及辐射剂量水平，按规范完成退役环保验收工作，验收合格后方可完成场地退役闭环管理。

4.4.3 退役目标

本项目退役工作总体目标为：通过系统去污、设备拆除、废物处置及场地整治，使退役后非密封源工作场所残留放射性水平满足国家无限制开放使用要求；退役过程产生的放射性固体废物、废液全部得到安全、规范的收贮与处置；退役作业产生的气态、液态流出物严格执行达标排放，全过程实现安全、合规、无污染退役，彻底消除项目遗留辐射环境风险。

5 环境影响分析

5.1 施工期环境影响分析

本项目对一层相应房间进行布局施工建设，在项目的建设过程中，建设单位拟采取污染防治措施，减轻对周边地区的环境影响。

5.1.1 施工期大气环境影响分析

本项目建设阶段产生的扬尘主要包括：运输车辆的道路扬尘等。施工中采取必要扬尘污染防治措施后（如施工场界设置围栏等屏障、运输及露天堆放材料加盖篷布、施工现场洒水抑尘等），施工扬尘对大气环境影响不大。

施工机械的废气和运输车辆尾气，因施工区废气有一定扩散条件，短时对区域环境空气有一定影响，但不会造成污染性影响。通过加强对施工机械的保养，严格尾气排放可将废气影响减至最低。

装修过程中产生的废气污染物相对较少，采用“环保型”油漆及涂料，装修过程中加强通风或室内空气净化措施，可将装修废气的影响降至最低。项目周围最近居民聚集区在 100m 以上，因此施工期废气对其影响较小，施工期应注意装修废气防护，使对东南侧居民的影响减至最小。

5.1.2 施工噪声环境影响分析

本项目施工建设阶段的噪声主要来自工作场所内部隔断墙体建设、建筑装修、设备安装等阶段，但项目的建设期短暂，对周围环境影响随着施工结束而消除。建设阶段加强环保措施，尽可能采取有效的减噪措施，避免在同一时间集中使用大量的动力机械设备，加强对施工噪声的治理，施工企业对施工噪声进行自主管控，文明施工，夜间禁止一切高噪声施工活动，以免影响附近居民的休息。

通过采取上述降噪措施后，该项目施工厂界噪声符合《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）标准要求。

5.1.3 施工期固体废物环境影响分析

建设阶段产生的固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。建设阶段产生的固体废物妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后运输至合法堆场堆放。生活垃圾经统一收集后交由环卫部门处理。对固体废

物从收集、清运到弃置应实现严格的全过程管理；设垃圾桶收集生活垃圾。施工单位认真落实上述措施后，对环境影响较小。

因此，本项目应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭。由于本项目对外界的影响是暂时的，随着施工的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目建设阶段对外界的影响较小。

5.1.4 施工废水环境影响分析

施工期废水主要为施工人员的生活污水。

生活污水主要为施工人员在施工场地内产生的生活污水，由于生活污水中污染物较简单，主要是 COD 和 NH_3-N，且污染物浓度较低，一般 COD 约为 250mg/L，NH_3-N 约为 20m/L，施工时注意节约用水、一水多用；生活废水经厂区内化粪池处理后排入园区管网，少量装修废水经沉淀池沉淀后用于厂区泼洒抑尘，不外排。另外对于施工期用水泄漏，加强管理，防止跑冒滴漏。因此，项目施工期产生的废水对外环境影响较小。

5.1.5 施工期生态环境影响分析

本项目在已有楼房内进行改造建设，根据西咸新区沣西新城土地利用总体规划，项目所在地周围为允许建设用地，项目建设不会对施工范围内的土壤、植被、动物及生态系统造成影响。

本项目施工范围内无森林保护区，无文物古迹，无珍稀、濒危保护动植物，无水源保护区，无湿地、林场和草场，施工期对生态环境影响可忽略不计。

5.2 运营期环境影响评价

5.2.1 辐射环境影响分析

氚（^3H）半衰期 12.35a，发生纯β衰变，最大β粒子能量 18.6keV，毒性分组为低毒。项目中 ^3H 以氚化铀（金属铀粉吸附氚）形式储存于不锈钢密封源罐内。

源罐内载体材料金属铀含 ^{238}U，^{238}U 半衰期 4.5×10^9a，发生α衰变，最大α粒子能量 4.196MeV，毒性分组为低毒。α粒子电离能力强、穿透能力极弱，3mm 铁质罐体外壳即可完全屏蔽α射线，外环境无需考虑 ^{238}U 的辐射影响。

β射线为高速运动电子流，电离作用相对较弱、具有一定穿透能力；β粒子与物质相互作用被阻挡吸收时会诱发韧致辐射，韧致辐射光子穿透能力远高于初级β粒子。因此在开展β辐射屏蔽设计与环境影响分析时，不仅需要考虑初级β粒子的屏蔽，同时必须兼顾β粒子与屏蔽材料作用生成的次级韧致辐射的屏蔽防控。

1、β射线辐射环境影响分析

β粒子在屏蔽材料中的最大射程计算参照《辐射防护导论》（方杰主编、李士骏主审，原子能出版社，1991 年）第 127 页经验公式开展计算。

$$R = 0.412 \times E^{(1.265-0.0954\,InE)}\ （0.01<E_{\beta}<2.5MeV）\qquad （5\text{-}1）$$

$$R' = R/\rho \qquad （5\text{-}2）$$

式中：

R—β粒子在某种材料中的射程，g/cm^2；

E—β粒子的最大能量，MeV，本项目取值 0.0186MeV；

R'—所需屏蔽材料厚度，cm；

ρ—某种材料的密度，g/cm^3。

表 5-1　β射线在不同材料中的最大射程计算结果

核素名称	β射线最大能量 E（MeV）	材料类别	材料密度ρ（g/cm^3）	所需屏蔽材料厚度（cm）
^3H	0.0186	空气	1.293×10^{-3}	0.45
		铁	7.1~7.9	8.25×10^{-5}
		有机玻璃	1.18	4.96×10^{-4}
		铅	11.34	5.17×10^{-5}

根据表 5-1 计算结果，分别从氚源贮存、充氚操作、中子管贮存、放射性“三废”暂存等环节分析β射线外照射影响：氚源贮存阶段，依靠 3mm 不锈钢源罐壳体即可实现对氚β射线有效屏蔽。充氚作业工况下，中子管本体为 2mm 铁合金壳体，外部设置壁厚 4mm 铁质钟罩，组合屏蔽结构可满足β射线屏蔽需求；辐射工作人员在充氚室内作业时，同时穿戴个人防护用品，进一步降低β射线照射水平，β射线对工作人员影响较小。贮存状态下的中子管内部封存氚气，中子管自身壳体厚度 2mm 铁合金，存放于壁厚 2mm 铁质存储柜内，合计 4mm 铁质屏蔽，能够有效阻挡β射线。项目放射性废液储罐、放射性固体废物收集箱均设置 2mm 铁质屏蔽结构，可实现β射线有效屏蔽。

综合各环节屏蔽条件分析，本次环境影响评价不再考虑β射线造成的外照射

影响。

2、β表面污染

本项目β表面污染主要来源于氚气微量泄漏、物料接触迁移造成的设备表面、墙体、地面、作业工装及器具放射性沾污，若表面污染管控不当，不仅会造成作业区域放射性残留，还可能通过人员接触、物品带出等方式扩散，带来潜在内照射及二次污染风险。为确保本项目非密封放射性工作场所β表面污染水平满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值要求，建设单位针对性落实完善的表面污染防控与管控措施，具体如下：

（1）人员资质管控。所有辐射作业人员均经专项辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗，熟练掌握涉氚作业规范、表面污染防控及去污处置技能，具备岗位所需防护知识与操作能力。

（2）全流程密闭作业。项目氚气吸附、充氚等核心涉源工序全部在密闭负压手套箱内完成，将放射性物料完全限定在密闭作业空间内，从源头最大限度杜绝氚扩散与表面污染产生。

（3）规范操作管控。严格落实作业管理制度，严禁工作人员徒手直接接触放射性物料、涉源设备及污染区域，从操作层面阻断放射性沾污途径。

（4）常态化污染监测。项目检测去污间配置 1 台氚表面污染监测仪，建立作业前后常态化自检制度，定期对工作台面、设备表面、作业区域地面墙面开展表面污染巡测，及时排查污染隐患。

（5）严格分区管控。严格按照辐射工作场所分区管理要求落实管控措施，清晰划分控制区与监督区，落实门禁管控，严禁无关人员、未经授权人员进入辐射作业区域，避免非作业人员接触污染区域造成沾污风险。

作业全部结束后，工作人员须对作业场所、设备体表开展全面辐射水平及表面污染检测。若检测发现表面污染水平超出 GB 18871-2002 规定限值，立即停止作业并开展专项去污清理，直至表面污染水平检测达标，方可恢复现场作业及日常使用。通过全过程、全环节管控，可有效控制项目β表面污染风险，保障作业区域辐射环境安全可控。

3、β粒子产生的韧致辐射影响

氚衰变释放的β粒子入射至屏蔽介质时，会与原子核电场相互作用产生次级

韧致辐射。韧致辐射为X/γ光子，穿透能力远高于初级低能β粒子，因此在辐射影响分析中需要核算韧致辐射造成的外照射水平。

屏蔽结构外侧关注点处由β射线诱发产生的韧致辐射剂量率，计算方法参照《辐射防护基础》（李星洪主编，原子能出版社，1982年7月）第159页所列经验公式开展。

$$\dot{D} = 4.59 \times 10^{-8} AZ \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a \left(\frac{\overline{E}_\beta}{R}\right)^2 e^{-\mu R_1} \quad (5\text{-}3)$$

式中：

$\dot{D}$ —β射线被第一屏蔽层吸收后产生的韧致辐射，在离源R（厘米）处的空气中产生的吸收剂量率（mGy/h）；

A—β源的活度，Bq，本项目氚源贮存按照最大购入量（1瓶，活度为1.85×10^{13}Bq）计算，充氚操作按照单支中子管中氚活度值3.7×10^{11}Bq计算，固废贮存按照日最大操作量的10%考虑，即1.85×10^{12}Bq计算；本项目放射性废液产生量很少，低于放射性固废产生量，因此不再考虑；

Z—第一屏蔽层材料的原子序数；空气、玻璃、钢（铁）的*Z*取自《辐射防护基础》表6.3，空气取7.36，钢（铁）取26，有机玻璃取6.3，普通玻璃取10.6，铅玻璃保守按照普通玻璃计，取值为10.6；根据《辐射防护导论》表4.4，铅的原子序数为82；

$\overline{E}_\beta$ —β射线的平均能量，MeV，根据《辐射防护基础》P159“韧致辐射的平均能量E_β是入射β粒子的最大能量的1/3，即$\overline{E}_\beta \approx E_{max}/3$”；本项目为$6.2\times10^{-3}$MeV；

R_1—β射线穿过屏蔽材料的厚度，cm；

$\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a$–能量等于$\overline{E}_\beta$的γ光子在空气中的质能吸收系数（$cm^2\cdot g^{-1}$）。^{3}H的平均能量为$6.2\times10^{-3}$MeV，根据《辐射防护导论》中附表1，$\mu_{en}/\rho_{空气}=0.2242cm^2\cdot g^{-1}$，$\mu_{en}/\rho_{铁}=0.7972cm^2\cdot g^{-1}$，$\mu_{en}/\rho_{混凝土}=0.988cm^2\cdot g^{-1}$，$\mu_{en}/\rho_{铅玻璃}=0.3647cm^2\cdot g^{-1}$；

μ—β射线在屏蔽材料中的线衰减系数（cm^{-1}）。μ根据下式计算。

$$\mu = \frac{20}{E_{\beta\,max}^{1.54}}\rho \quad (5\text{-}4)$$

式中：

ρ—物质的密度（g/cm^3），空气、玻璃、钢（铁）的ρ取自《辐射防护基础》

表 6.2，空气取 0.001293，钢（铁）取 7.1，铅取 11.34，有机玻璃取 1.18，普通玻璃取 2.4，铅玻璃取 4.77；

$E_{\beta\,max}$—β射线的最大能量，MeV，本项目为 0.0186MeV。

关注点选择：关注点布置在铁质钟罩、氚净化系统、屏蔽容器、各功能用房外表面 30cm 处。

根据上述公式和中陕核（西安）中子科技有限公司提供的源强参数，本项目 ^{3}H 产生的韧致辐射剂量率预测结果见下表。

表 5-2　韧致辐射所致关注点处剂量率计算结果

关注点位置	屏蔽材料厚度	A（Bq）	Z	$\overline{E}_\beta$（MeV）	R（cm）	$\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a$（$cm^2 \cdot g^{-1}$）	ρ（g/cm^3）	μ（cm^{-1}）	R_1（cm）	参考点处吸收剂量率（μSv/h）
氚源罐外表面 30cm 处	3mm 不锈钢	1.85E+13	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.3	＜0.001
氚源罐外表面 1m 处	3mm 不锈钢	1.85E+13	26	6.2E-03	100	0.7972	7.1	6.57E+04	0.3	＜0.001
充氚时距中子管 30cm 处	4mm 铁质钟罩	3.7E+11	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
充氚时距中子管 1m 处	4mm 铁质钟罩	3.7E+11	26	6.2E-03	100	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
充氚时人员在充氚室内	5mm 铅玻璃	3.7E+11	10.6	6.2E-03	30	0.3647	4.77	4.41E+04	0.4	＜0.001
贮存时距离中子管 30cm 处	2mm 铁	3.7E+11	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.2	＜0.001
贮存时距离中子管 1m 处	2mm 铁	3.7E+11	26	6.2E-03	100	0.7972	7.1	6.57E+04	0.2	＜0.001
中子管转移时距离中子管 50cm 处	2mm 铁	3.7E+11	26	6.2E-03	50	0.7972	7.1	6.57E+04	0.2	＜0.001
距离固废箱 30cm 处	2mm 铁	1.85E+12	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.2	＜0.001
充氚室东墙外（室外空地处）	4mm 铁质钟罩+240mm 实心砖墙	1.85E+13	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
充氚室南墙外（楼梯	4mm 铁质钟罩+240mm 实心砖	1.85E+13	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001

间、走廊）	墙									
充氚室西墙外（走廊）	4mm 铁质钟罩+240mm 实心砖墙	1.85E+13	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
充氚室北墙外（室外空地）	4mm 铁质钟罩+240mm 实心砖墙	1.85E+13	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
充氚室楼上（操作间、值班室）	4mm 铁质钟罩+150mm 混凝土	1.85E+13	26	6.2E-03	420	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
		1.85E+13	26	6.2E-03	420	0.988	2.35	2.17E+04	15	
中子发生器及氚材料贮存库墙体外	2mm 铁存储柜+2mm 铁合金管壁+240mm 实心砖墙	3.7E+13	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
中子发生器及氚材料贮存库楼上	2mm 铁存储柜+2mm 铁合金管壁+150mm 混凝土	3.7E+13	26	6.2E-03	420	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
		3.7E+13	26	6.2E-03	420	0.988	2.35	2.17E+04	15	
放射性固废间墙体外	2mm 铁存储柜+2mm 铁合金管壁+240mm 实心砖墙	1.85E+12	26	6.2E-03	30	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
放射性固废间楼上	2mm 铁存储柜+2mm 铁合金管壁+150mm 混凝土	1.85E+12	26	6.2E-03	420	0.7972	7.1	6.57E+04	0.4	＜0.001
		1.85E+12	26	6.2E-03	420	0.988	2.35	2.17E+04	15	

（5）韧致辐射影响小结

结合本项目各涉氚工艺环节屏蔽条件及韧致辐射剂量核算结果，对项目源项贮存、充氚操作、人员作业、中子管储运及三废暂存环节的韧致辐射环境影响总结如下：

①源项贮存与充氚操作环节。在现有屏蔽结构完整投用条件下，氚源罐表面外侧 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h；充氚作业工况下，中子管外侧 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h，充氚室屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率同样小于 0.001μSv/h，均满足辐射工作场所周边 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 的控制要求，韧致辐射外照射水平可控。

②工作人员作业位置。对工作人员常规作业位置辐射水平进行核算，中子管外侧 1m 处、氚源罐外侧 1m 处，以及工作人员开展充氚管路连接、断开等操作过程中的综合辐射剂量率均小于 0.001μSv/h，作业人员站位处韧致辐射剂量水平极低，职业外照射影响可忽略。

③中子管贮存与转移环节。中子管在库内贮存状态下，屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h；中子管转运过程中，设备外表面 50cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h，满足项目辐射剂量控制限值要求，贮存及转运过程韧致辐射环境风险极低。

④放射性“三废”贮存设施。项目放射性固体废物箱配套屏蔽结构投用后，箱体外侧 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h，符合辐射剂量控制标准要求，三废暂存环节韧致辐射对外环境无明显影响。

综上，本项目在各项屏蔽设施完好、规范作业的前提下，各工况、各关注点韧致辐射剂量率水平低于规范控制限值。

5.2.2 人员受照剂量

5.2.2.1 外照射

由β射线辐射环境影响分析可知，本项目充氚工艺配套屏蔽设施能够完全屏蔽 β 射线，因此β射线不会对工作人员和公众造成辐射照射，但考虑 ^{3}H 韧致辐射对工作人员及公众产生的影响。

（1）预测模式

人员的年有效剂量参考《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff}=Dr\times t\times T\times 10^{-3} \quad (5\text{-}5)$$

式中：

D_{Eff}——辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

Dr——辐射剂量率，μSv/h；

t——年工作时间，h；

T——居留因子。

（2）辐射工作人员年有效剂量

本项目人员年有效剂量估算结果详见下表。

表 5-3　韧致辐射所致人员附加年剂量计算结果

人员类别	关注点位置描述	剂量率（μSv/h）	t（h/a）	居留因子	受照剂量（mSv/a）
职业人员	充氚时人员在充氚室内	＜0.001	50	1	＜0.002
	中子管转移时距离中子管 50cm 处	＜0.001	0.83	1	
	放射性固废运输时距离固废箱 30cm 处	＜0.001	4.17	1	
	充氚室楼上（操作间）	＜0.001	2000	1	
	氚化铀储罐运输	＜0.001	0.34	1	
公众人员	充氚室东墙外（室外空地处）	＜0.001	2000	1/40	＜5.00E-05
	充氚室南墙外（楼梯间、走廊）	＜0.001	2000	1/4	＜5.00E-04
	充氚室西墙外（走廊）	＜0.001	2000	1/4	＜5.00E-04
	充氚室北墙外（室外空地）	＜0.001	2000	1/40	＜5.00E-05
	充氚室楼上（值班室）	＜0.001	2000	1	＜2.00E-03
	中子发生器及氚材料贮存库南墙、西墙外（走廊）	＜0.001	2000	1/4	＜5.00E-04
	中子发生器及氚材料贮存库楼上（值班室）	＜0.001	2000	1	＜2.00E-03
	放射性固废间楼上（值班室）	＜0.001	2000	1	＜2.00E-03

由上表计算结果可知，本项目运营期在外照射工况影响下，辐射工作人员最大年有效剂量为 0.002mSv，低于辐射工作人员 5mSv/a 的年剂量约束值；公众最大年有效剂量为 0.002mSv，同样满足公众 0.1mSv/a 的年剂量约束值控制要求，职业人员及公众辐射受照剂量均处于合规可控水平。

本次剂量核算基于最不利工况原则，以项目最大源强、最大瞬时剂量率、满负荷作业时长的极限条件开展保守估算，计算结果为理论最大值。在项目实际运行过程中，工作人员作业为间断性操作，不会长期、固定处于辐射最大剂量点位，且项目配套的时间防护、距离防护、屏蔽防护措施可进一步降低受照水平。因此，工作人员与公众实际接受的年有效辐射剂量将显著低于本次核算的理论最大值，项目运营期辐射环境影响极小，能够满足辐射防护最优化要求。

5.2.2.2 内照射

（1）职业人员

职业人员内照射剂量按《放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范》（GB/T 16148-2009）进行估算。保守取氚浓度报警阈值（5×10^4Bq/m^3）作为作业环境氚浓度；作业人员年停留时间 50h，成人呼吸率取 1.2m^3/h；保守假设吸入氚全部以 HTO 形态，HTO 吸入单位摄入量待积有效剂量系数取 1.8×10^{-11}Sv/Bq。则年吸入氚活度 $A_0=C\times Br\times t=5\times10^4Bq/m^3\times1.2m^3/h\times50h=3\times10^6$Bq，待积有效剂量 $H_b=A_0\times DCF_b=3\times10^6Bq\times1.8\times10^{-11}Sv/Bq=5.4\times10^{-5}$Sv（0.054mSv），估算结果表明，职业人员由氚吸入产生的待积有效剂量约 0.054mSv/a，远低于本项目设定 5mSv/a 的职业人员剂量约束值，满足辐射防护要求。

（2）公众人员

工艺产生的含氚废气送入氚净化系统净化处理后有组织排放，全年通过气载途径向环境排放氚总活度约 3.7×10^8Bq；净化后尾气经排风管道引至楼顶高于屋面 3m 位置高空排放，废气排放口排风量 200m^3/h。废气扩散会造成周边环境空气中存在微量氚，本次评价需考虑公众吸入氚产生的内照射影响。

按照《核事故应急情况下公众受照剂量估算的模式和参数》（GB/T 17982-2018）中吸入烟羽内照射剂量计算公式：

$$H_b=\Psi\times B\times DCF_b \qquad (5\text{-}6)$$

式中：

H_b—吸入烟羽内照射待积有效剂量，单位为希沃特（Sv）；

Ψ—近地面空气中核素的时间积分浓度，单位为贝可秒每立方米（Bq·s·m^{-3}）；本项目年产 100 支中子管氚排放量为 3.7×10^8Bq，氚净化系统

排风量为 200m³/h，公众的居留时间保守按照每天居留 8h、全年 365 天，合计为 1.05×10⁷s/a 考虑，Ψ=最大落地浓度×居留时间；

B—人的呼吸率，单位为立方米每秒（$m^3 \cdot s^{-1}$），根据 GB/T 17982-201 中成人公众呼吸率为 0.8m³/h（$2.22\times10^{-4}m^3/s$）；

DCF_b—吸入剂量转换系数，即吸入单位活度核素所致的待积有效剂量，单位为希沃特每贝可（$Sv \cdot Bq^{-1}$），根据《放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范》（GB/T 16148-2009）附录 C 表 C.1，氚化水的吸入剂量转换系数为 $1.8\times10^{-11}Sv/Bq$。

采用 SCREEN 估算模式来预测 ^3H 排放的环境影响，预测参数和结果见下表。

表 5-4 排气筒 ^3H 排放预测参数和结果

项目	排气筒
污染源类型	点源
排放强度（Bq/h）	7.4×10^6
排气筒高度（m）	19.2
排气筒出口内径（m）	0.3
排风量（m^3/h）	200
烟气温度（K）	293
环境温度（K）	293
最大落地浓度（Bq/m^3）	1.26
最大落地距离（m）	66

表 5-5 本项目公众内照射剂量

操作核素	Ψ（$Bq \cdot s/m^3$）	*B*（m^3/s）	DCF_b（Sv/Bq）	H_b（Sv/a）
^3H	1.32×10^7	2.22×10^{-4}	1.8×10^{-11}	5.27×10^{-8}

根据上述大气扩散及估算分析可知，气载 ^3H 所致公众吸入烟羽内照射最大年有效剂量为 $5.27\times10^{-5}mSv$。

完整皮肤经皮吸收活度≈吸入活度的 0.5 倍，因此公众人员经皮肤渗透剂量约为 $2.64\times10^{-5}mSv$；公众人员所受内照射剂量总计约为 $5.27\times10^{-5}mSv+2.64\times10^{-5}mSv=7.91\times10^{-5}mSv$。

综合外照射、内照射剂量估算结果：本项目辐射工作人员最大年有效剂量为外照射剂量与内照射剂量之和，即 0.002+0.054=0.056mSv，低于本次评价设定的职业人员年剂量约束值 5mSv；公众所受最大年有效剂量为 $0.002+7.91\times10^{-5}=0.002mSv$，约 0.002mSv，低于本次评价设定的公众年剂量约束值 0.1mSv。

本评价采用保守估算假设：假设公众长期在氚最大落地浓度点位居留，采用年均最大落地浓度乘以公众年居留时间计算时间积分浓度Ψ；保守假定排放氚全部以 HTO 形态核算剂量。实际工况下排放氚以 T_2为主，T_2吸入剂量转换系数远低于 HTO，本次计算结果属于偏保守估算。

综上，项目运营期间，辐射工作人员、公众所受辐射剂量均满足剂量约束控制要求，辐射环境影响满足辐射防护最优化原则。

5.2.3 与实验室部分项目的叠加影响

（1）本项目对中子发生器测试实验室、中子管地勘测井实验室部分项目的影响

本项目对外产生的辐射剂量率可参照表 5-2 充氚室西墙外预测数据。由核算结果可知，本项目辐射水平极低，对中子发生器测试实验室、中子管地勘测井实验室产生的辐射贡献极小，因此本次评价不考虑本项目对上述实验室项目的辐射叠加影响。

（2）中子发生器测试实验室、中子管地勘测井实验室部分项目对本项目的影响

①职业人员

依据《中陕核（西安）中子科技有限公司生产、销售、使用中子发生器核技术利用建设项目环境影响报告表》相关数据，中子发生器测试实验室、中子管地勘测井实验室顶棚外侧 30cm 处最大辐射剂量率为 2.15×10^{-4}μSv/h。保守估算，上述实验室项目在本项目作业区域造成的工作人员附加年有效剂量：

2.15×10^{-4}μSv/h×2000h=4.3×10^{-4}mSv。

与本项目自身工作人员最大年有效剂量叠加：

4.3×10^{-4}+0.056=0.056mSv。

叠加后辐射工作人员年有效剂量为 0.056mSv，仍低于本次评价设定的职业人员年剂量约束值 5mSv，满足辐射防护控制要求。

②公众

依据《中陕核（西安）中子科技有限公司生产、销售、使用中子发生器核技术利用建设项目环境影响报告表》结论，中子发生器测试实验室、中子管地

勘测井实验室相关项目造成公众最大年有效剂量为 1.64×10^{-4}mSv。与本项目公众最大年有效剂量叠加计算：$1.64\times10^{-4}+0.002=2.16\times10^{-3}$mSv，叠加后公众年有效剂量为 2.16×10^{-3}mSv，仍低于本次评价设定的公众年剂量约束值 0.1mSv，满足辐射防护控制要求。

本次叠加核算选取各项目公众最大受照剂量进行叠加，属于最不利保守组合工况；现实中各项目公众最大受照敏感点位置并不完全重合，公众实际受到的叠加辐射剂量将低于本次计算结果。

5.3 放射性废物环境影响分析

（1）放射性固体废物

本项目充氚工序产生的废弃氚化铀罐体，直接交由供货厂家回收处置。

氚净化系统更换产生的废分子筛、废中子管等放射性固体废物，分类装入屏蔽容器，及时转运至放射性固体废物暂存间贮存。暂存间内配套专用废物收集桶，桶体外清晰标注废物所含核素种类、废物类别、入库日期等信息，建立完整出入库登记台账。放射性固体废物暂存间出入口设置人脸识别门禁及电控锁，限制无关人员进入；房门张贴规范电离辐射警告标志，并配套完善消防防火设施。暂存间内禁止堆放易燃、易爆、腐蚀性物品。

综上，本项目配套建设放射性固体废物暂存设施，具备规范的放射性固体废物收集、暂存、转运处置流程。运行期间放射性固体废物严格按照要求分类收集、分区暂存、规范转运，正常工况下放射性固体废物不会对周边环境产生不利影响。

（2）放射性废液

本项目正常运行工况下不产生放射性废液。本节仅考虑事故工况：当发生放射性物质泄漏，造成工作场所设施、人员体表放射性沾污，开展去污作业时所产生的放射性去污废液。

人员体表去污废液、充氚室墙面及地面去污冲洗废液、手套箱外表面冲洗废液通过专用管网收集至放射性废液储罐。单次事故去污废液产生量约 190L，保守按每年发生 1 次沾污事故估算，放射性去污废液年产生量为 190L。项目设置 2 座有效容积 200L 的放射性废液储罐，可满足废液收集、暂存需求。

放射性废液储罐区域设置防渗围堰与泄漏收集措施，防止储罐破损造成废液漫流、土壤及地下水污染；建立废液产生、取样检测、处置全过程台账记录。

事故产生的放射性去污废液密闭收集至储罐暂存后，建设单位委托具备资质的机构开展放射性活度检测。若检测结果满足排放管理要求，按照规范要求实施排放；若检测不满足排放限值要求，则委托持有相应资质单位收运处置。落实上述管控措施后，事故工况产生的放射性废液不会对周边环境造成不利影响。

（3）放射性废气

充氚室设置 3 条独立排风管道，将工艺产生的含氚废气收集后引至室外排气筒高空排放。含氚废气经排气筒排放进入大气环境后，通过大气扩散、稀释作用，环境空气中氚活度浓度进一步降低。根据前文 AERSCREEN 扩散模式预测结果，正常工况下排气筒排放氚气所致公众最大受照剂量远低于剂量约束限值，正常运行期间放射性废气对外环境辐射影响较小。

5.4 非放射性废物环境影响分析

（1）固废

本项目运营期产生的非放射性固体废物主要为工作人员日常办公、生活产生的生活垃圾，产生量约 1kg/d（0.25t/a）。项目设置专用生活垃圾收集桶，对生活垃圾分类、定点、密闭收集，做到日产日清，收集后的生活垃圾统一交由当地环卫部门规范清运、处置。项目非放射性固体废物处置方式合规，不会对周边环境造成不利影响。

（2）废水

本项目运营期产生的非放射性废水主要为辐射工作人员日常生活污水，无生产工艺废水产生。项目生活污水产生量约 0.09t/d（22.5t/a）。工作人员生活污水水质简单、无有毒有害及放射性污染物，经厂区现有化粪池预处理，接入市政污水管网，最终送入区域污水处理厂集中深度处理，废水排放方式及去向合规，对周边水环境影响较小。

（3）废气

充氚过程中无非放射性废气产生。

（4）噪声

1）噪声源强及降噪措施

项目噪声主要为真空系统、充氚系统、氚净化系统、风机等设备运行时产生的机械噪声。项目采取选用低噪声设备、基础减振、厂房隔声等措施，措施实施后综合降噪效果 15dB(A)。经治理后主要高噪声设备源强见下表。

表 5-6　噪声源强调查清单（室外声源）

序号	建筑物名称	声源名称	声源源强	声源控制措施	空间相对位置/m			距室内边界距离/m				室内边界声级/dB(A)				运行时段	建筑物插入损失 / dB(A)				建筑物外噪声声压级/dB(A)				
			声功率级/dB(A)		X	Y	Z	东	南	西	北	东	南	西	北		东	南	西	北	东	南	西	北	建筑物外距离
1	充氚室	真空系统	80	基础减振、厂房隔声、加装消声器	56.1	14.9	1.2	9.4	12.1	46.9	12.1	61.9	61.8	61.7	61.8	8:00~12：00，14：00~18:00	26.0	26.0	26.0	26.0	35.9	35.8	35.7	35.8	1
2		氚气供给与计量系统	80		56.4	22.5	1.2	9.4	6.4	54.5	4.5	61.9	62.2	61.7	62.7		26.0	26.0	26.0	26.0	35.9	36.2	35.7	36.7	1
3		加热与温控系统	80		50.8	23.1	1.2	15.0	2.4	54.9	3.7	61.8	64.6	61.7	63.1		26.0	26.0	26.0	26.0	35.8	38.6	35.7	37.1	1
4		氚净化系统	80		50.8	14.9	1.2	14.7	8.7	46.7	11.9	61.8	62.0	61.7	61.8		26.0	26.0	26.0	26.0	35.8	36.0	35.7	35.8	1

注:表中坐标以厂界中心（108.668380,34.244033）为坐标原点，正东向为 X 轴正方向，正北向为 Y 轴正方向。

表 5-7　工业企业噪声源强调查清单（室外声源）

序号	声源名称	型号	空间相对位置/m			声源源强（任选一种）		声源控制措施	运行时段
			X	Y	Z	（声压级/距声源距离）/（dB(A)/m）	声功率级/dB(A)		
1	风机	/	61.7	19.8	1.2	1	85	基础减振、加装消声器	8:00~12：00，14：00~18:00

表中坐标以厂界中心（108.668380,34.244033）为坐标原点，正东向为 X 轴正方向，正北向为 Y 轴正方向。

2）噪声预测模式

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）中预测和评价内容可知，需预测和评价建设项目在运营期厂界噪声贡献值，评价其超标和达标情

况。

①室内声源等效室外声源声功率级计算方法

声源位于室内，室内声源可采用等效室外声源声功率级法进行计算。设靠近开口处（或窗户）室内、室外某倍频带的声压级或 A 声级分别为 L_{p1} 和 L_{p2}。若声源所在室内声场为近似扩散声场，则室外的倍频带声压级可按以下公式近似求出：

$$L_{p2}=L_{p1}-(TL+6)$$

式中：L_{p1}——靠近开口处(或窗户)室内某倍频带的声压级或 A 声级，dB；

L_{p2}——靠近开口处(或窗户)室外某倍频带的声压级或 A 声级，dB；

TL——隔墙（或窗户）倍频带或 A 声级的隔声量，dB。

计算某一室内声源靠近围护结构处产生的倍频带声压级或 A 声级：

$$L_{p1}=L_w+10\lg\left(\frac{Q}{4\pi r^2}+\frac{4}{R}\right)$$

式中：L_{p1}——靠近开口处(或窗户)室内某倍频带的声压级或 A 声级，dB；

L_w——点声源声功率级（A 计权或倍频带），dB；

Q——指向性因数；通常对无指向性声源，当声源放在房间中心时，Q=1；当放在一面墙的中心时，Q=2；当放在两面墙夹角处时，Q=4；当放在三面墙夹角处时，Q=8；

R——房间常数；R=Sa/(1-a)，S 为房间内表面面积，m2；a 为平均吸声系数；

r——声源到靠近围护结构某点处的距离，m。

然后按下式计算出所有室内声源在围护结构处产生的 i 倍频带叠加声压级：

$$L_{p1i}(T)=10\lg\left(\sum_{j=1}^{N}10^{0.1L_{p1ij}}\right)$$

式中：$L_{p1i}(T)$——靠近围护结构处室内 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

L_{p1ij}——室内 j 声源 i 倍频带的声压级，dB；

N——室内声源总数。

在室内近似为扩散声场时，按下式计算出靠近室外围护结构处的声压级：

$$L_{p2i}(T)=L_{pli}(T)-(TL_i+6)$$

式中：$L_{p2i}(T)$——靠近围护结构处室外 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

$L_{p1i}(T)$——靠近围护结构处室内 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

TL_i——围护结构 i 倍频带的隔声量，dB。

然后按下式将室外声源的声压级和透过面积换算成等效的室外声源，计算出中心位置位于透声面积（S）处的等效声源的倍频带声功率级。

$$L_w=L_{p2}(T)+10\lg S$$

式中：L_w——中心位置位于透声面积（S）处的等效声源的倍频带声功率级，dB；

$L_{p2}(T)$——靠近围护结构处室外声源的声压级，dB；

S——透声面积，m^2。

然后按室外声源预测方法计算预测点处的 A 声级。

②户外声传播的衰减

户外声传播衰减包括几何发散（A_{div}）、大气吸收（A_{atm}）、地面效应（A_{gr}）、障碍物屏蔽（A_{bar}）、其他多方面效应（A_{misc}）引起的衰减。

在环境影响评价中，应根据声源声功率级或参考位置处的声压级、户外声传播衰减，计算预测点的声级，按下式计算。

$$L_p(r)=L_w+D_C-(A_{div}+A_{atm}+A_{gr}+A_{bar}+A_{misc})$$

式中：$L_p(r)$——预测点处声压级，dB；

L_w——由点声源产生的声功率级（A 计权或倍频带），dB；

DC——指向性校正，它描述点声源的等效连续声压级与产生声功率级 L_w 的全向点声源在规定方向的声级的偏差程度，dB；

A_{div}——几何发散引起的衰减，dB；

A_{atm}——大气吸收引起的衰减，dB；

A_{gr}——地面效应引起的衰减，dB；

A_{bar}——障碍物屏蔽引起的衰减，dB；

A_{misc}——其他多方面效应引起的衰减，dB。

③工业企业噪声计算

设第 i 个室外声源在预测点产生的 A 声级为 L_{Ai}，在 T 时间内该声源工作时间为 t_i；第 j 个等效室外声源在预测点产生的 A 声级为 L_{Aj}，在 T 时间内该声源工作时间为 t_j，则拟建工程声源对预测点产生的贡献值（L_{eqg}）为：

$$L_{eqg}=10\lg\left[\frac{1}{T}\left(\sum_{i=1}^{N}t_i10^{0.1L_{Ai}}+\sum_{j=1}^{M}t_j10^{0.1L_{Aj}}\right)\right]$$

式中：L_{eqg}——建设项目声源在预测点产生的噪声贡献值，dB；

T——用于计算等效声级的时间，s；

N——室外声源个数；

t_i——在 T 时间内 i 声源工作时间，s；

M——等效室外声源个数；

t_j——在 T 时间内 j 声源工作时间，s。

3）噪声预测及达标分析

采取上述降噪措施后，项目厂界噪声排放达标分析详见下表。

表 5-8　厂界噪声最大值贡献值结果一览表单位：dB(A)

预测方法	最大值点空间相对位置/m			时段	贡献值（dB(A)）	标准限值（dB(A)）	达标情况
	X	Y	Z				
东侧	66.9	18.7	1.2	昼间	51.0	65	达标
南侧	-0.7	-20.7	1.2	昼间	42.1	65	达标
西侧	-14.8	-37.4	1.2	昼间	36.1	65	达标
北侧	51.9	30.3	1.2	昼间	53.5	65	达标

由上表可知，本项目运营期东厂界贡献值为 51.0dB(A)，南厂界贡献值为 42.1dB(A)，西厂界贡献值为 36.1dB(A)，北厂界贡献值为 53.5dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准（昼间≤65dB(A)，夜间不生产）。

综上，本项目噪声源对厂界声环境的影响较小，不会对厂界声环境质量产生明显不利影响。

5.5 事故影响分析

5.5.1 辐射事故类型

本项目操作使用的非密封放射性核素为 ^{3}H（氚）。结合项目工艺、设施装备情况分析，项目潜在辐射事故主要包括以下类型：

（1）氚化铀罐、中子管（自成靶）丢失、被盗；

（2）氚净化系统分子筛吸附失效，含氚废气未经有效净化直接通过排气筒外排，造成环境空气中氚浓度升高；

（3）充氚工艺系统管路、阀门、密封部件破损或设备故障，引发氚气泄漏，造成工作场所氚浓度上升。

本项目涉及核素氚为β放射源，释放β射线穿透能力弱，各类事故情景下人员主要危害途径为氚吸入造成的内照射。

5.5.2 风险事故后果分析

5.5.2.1 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于人体后，会将自身能量传递至机体分子、细胞、组织及器官等生命基本单元，引发一系列物理、化学及生物学链式反应，造成机体细胞损伤、组织功能紊乱、代谢调节异常等生物学改变。辐射损伤呈阶梯式递进发生，首先发生生物基质的电离与激发，造成生物分子结构与性质改变；分子层面损伤进一步传导至细胞、组织及器官层面，诱发机体生化代谢紊乱，最终表现出相应的临床损伤症状。根据电离辐射剂量与生物效应的对应关系，可将辐射生物效应分为随机性效应与确定性效应（组织反应）两类。

（1）随机性效应

随机性效应核心特征为无剂量阈值，效应的发生概率与受照剂量呈正相关，但效应的严重程度与受照剂量大小无关联。该类效应主要包括辐射致癌效应与遗传效应，是低剂量辐射防护的重点关注对象。

辐射照射造成人体体细胞损伤突变时，会诱发辐射致癌效应，提升受照人员癌症发病风险；若辐射损伤累及生殖细胞遗传物质，引发基因突变或染色体畸变，相关损伤可遗传至子代，造成后代先天畸形、流产、死胎及遗传性疾病等遗传效应。由于随机性效应不存在安全剂量阈值，无法通过单纯屏蔽完全杜

绝风险，仅能通过严格落实辐射防护措施、最大限度降低人员受照剂量，减少效应发生概率。

（2）确定性效应（组织反应）

确定性效应存在明确的剂量阈值，仅当受照剂量超过阈值后才会发生，且效应的损伤严重程度会随辐射剂量升高而加剧，本质是大剂量辐射造成细胞群体大量损伤、死亡引发的组织器质性损伤。

根据损伤发生时间可分为早期组织反应与晚期组织反应。早期组织反应一般出现在受照后数小时至数周内，主要由细胞通透性改变、炎症介质释放引发，多表现为炎症类损伤，同时伴随细胞凋亡、黏膜脱落、表皮损伤等细胞缺失型病变。

晚期组织反应发生于受照后数月至数年，分为一般性损伤与结果性损伤两类。一般性损伤由靶组织直接受辐照损伤所致，如辐射引发血管阻塞造成深层组织坏死；结果性损伤由早期严重辐射损伤继发形成，如大面积表皮剥蚀、慢性感染、黏膜溃疡进一步诱发的组织狭窄、真皮坏死等病变。两类晚期损伤并非相互独立，实际辐射事故中通常伴随发生，共同造成机体远期组织功能损伤。

结合本项目实际情况，项目所用氚源活度低、正常工况辐射剂量极低，仅事故工况下存在少量辐射暴露风险，通过严格落实事故防控与应急处置措施，可有效规避确定性效应风险，同时最大限度降低随机性效应发生概率。

5.5.2.2 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见下表。

表 5-9　辐射事故等级分级一览表

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

5.5.2.3 事故后果

（1）职业人员辐射后果分析

结合本项目氚气泄漏事故情景，氚以气态形式扩散后主要通过呼吸道吸入途径对辐射工作人员造成内照射危害。项目充氚作业区域布设便携式测氚仪，实时监测充氚室内空气中氚浓度，一旦超标立即触发报警、终止作业并人员撤离，可有效控制人员受照剂量。

本项目充氚室设有便携式测氚仪实时监测，报警阈值设置为 DAC 的 1/10。一旦触发报警，控制室立即停止加热作业，加大手套箱事故风机风量，充氚室内人员迅速撤离。从泄漏发生、浓度达到报警阈值、人员识别报警到完成撤离的全过程，保守取 10min，该取值覆盖了报警响应延迟和人员撤离时间，属于偏保守的事故情景假设。

根据职业人员年剂量限值 20mSv/a，核算得到氚对应导出空气浓度限值：

辐射工作人员年剂量限值导出浓度 $DAC_{工作人员}$=20mSv/a（年剂量限值）/[2400m^3/a×1.8×10^{-11}Sv/Bq]（^{3}H 吸入剂量转换系数）≈5×10^5Bq/m^3，设置充氚室氚检测仪报警阈值为工作场所氚化水/HTO 导出空气浓度 DAC 的 1/10，即 5×10^4Bq/m^3，当监测设备触发报警，控制室立即停止加热作业、充氚室内人员迅速撤离，可避免高剂量暴露风险。

此时需计算辐射工作人员吸入氚气导致的内照射剂量值。按照《放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范》（GB/T 16148-2009）进行估算，单次事故时间按照 10min（0.17h）来计算，保守假设泄漏氚全部按 HTO 形态估算剂量，则单次事故吸入氚活度 $A_0=C\times Br\times t$=5×10^4Bq/m^3×1.2m^3/h×0.17h=1.02×10^4Bq，待积有效剂量 $H_b=A_0\times DCF_b$=1.02×10^4Bq×1.8×10^{-11}Sv/Bq=1.836×10^{-7}Sv（1.836×10^{-4}mSv）。

单次氚泄漏事故工况下，单次事故所致职业人员待积有效剂量为 1.836×10^{-4}mSv，远低于本项目职业人员年辐射剂量约束值，事故工况辐射影响可控。

（2）公众辐射后果分析

假设加热过程中氚化铀罐发生破损，罐内氚全部释放，净化装置同时失效，按此最不利工况来核算公众的内照射剂量。根据《核事故应急情况下公众受照

剂量估算的模式和参数》（GB/T 17982-2018），事故早期需要考虑吸入内照射影响，中、后期考虑食入内照射影响。

1）吸入内照射

吸入内照射包括吸入烟羽内照射和 HTO 经皮肤渗透吸收内照射，分别进行计算。

①吸入烟羽内照射剂量

公众吸入烟羽所致内照射待积有效剂量采用下式计算：

$H_b=\Psi\times B\times DCF_b$

式中：H_b—吸入烟羽所致待积有效剂量，Sv；

Ψ—近地面空气中核素的时间积分浓度，单位为贝可秒每立方米（$Bq\cdot s\cdot m^{-3}$）；假设事故情景为加热过程中氚化铀罐发生破损，罐内氚全部释放，净化装置同时失效，此时释放到空气中的氚总活度为 1.85×10^{13}Bq，排放时间按照充氚作业时长 10min（600s）考虑，Ψ=烟羽最大落地浓度×公众居留时间，居留时间取本次事故释放时长 600s；

B—成人呼吸率，单位为立方米每秒（$m^3\cdot s^{-1}$），本项目公众取 $0.8m^3/h$（$2.22\times10^{-4}m^3/s$）；

DCF_b—氚吸入剂量转换系数，即吸入单位活度核素所致的待积有效剂量，单位为希沃特每贝可（$Sv\cdot Bq^{-1}$），根据《放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范》（GB/T 16148-2009）附录 C 表 C.1，氚化水的吸入剂量转换系数为 1.8×10^{-11}Sv/Bq。

采用 SCREEN 估算模式来预测事故工况下 ^{3}H 排放的环境影响，预测参数和结果见下表。

表 5-10 事故工况下排气筒 ^{3}H 排放预测参数和结果

项目	排气筒（泄漏氚气未经净化处理直接排放）
污染源类型	点源
排放强度（Bq/h）	1.09×10^{14}
排气筒高度（m）	19.2
排气筒出口内径（m）	0.3
排风量（m^3/h）	200
烟气温度（K）	293
环境温度（K）	293
最大落地浓度（Bq/m^3）	1.89×10^{7}
最大落地距离（m）	66

表 5-11 泄漏氚气未经净化处理时事故工况下周围公众单次内照射剂量

操作核素	Ψ（Bq·s/m^3）	B（m^3/s）	DCF_b（Sv/Bq）	H_b（Sv/a）
^{3}H	1.13×10^{10}	2.22×10^{-4}	1.8×10^{-11}	4.52×10^{-5}

由上表计算结果可得：氚泄漏假想事故中，废气未经处理直接排放，公众所受吸入烟羽内照射剂量为 0.0452mSv。

②经皮肤渗透内照射剂量

空气中 HTO 水蒸气，完整皮肤经皮吸收活度≈吸入活度的 0.5 倍，因此氚泄漏假想事故中，经皮肤渗透剂量约为 0.0226mSv。

事故早期，公众人员所受单次事故急性吸入内照射剂量约为 0.0452mSv+0.0226mSv=0.0678mSv。

2）事故中、后期食入内照射

事故释放的 HTO 沉降至评价区域农田，污染本地动植物农产品；事故中、后期公众食用自产农产品产生食入内照射和饮用水产生内照射。

公众所受食入内照射参照《大气氚释放剂量评价参数灵敏度分析》（杨洁等主编）中的公式进行计算，计算公式如下：

食入内照射剂量 H_{ing}：

$$H_{\mathrm{ing}} = DCF_{\mathrm{ing-HTO}}\left(\sum_i C_{\mathrm{pp-HTO},i}\,U_{\mathrm{pp},i}\right) + DCF_{\mathrm{ing-OBT}}\left(\sum_i C_{\mathrm{pp-OBT},i}\,U_{\mathrm{pp},i}\right) + DCF_{\mathrm{ing-HTO}}\left(\sum_i C_{\mathrm{ap-HTO},i}\,U_{\mathrm{ap},i}\right) + DCF_{\mathrm{ing-OBT}}\left(\sum_i C_{\mathrm{ap-OBT},i}\,U_{\mathrm{ap},i}\right)$$

式中：

i—分别对应婴儿、幼儿、少年和成人 4 个年龄组公众；

H_{ing}—成人食入内照射剂量，Sv/a；

$DCF_{ing\text{-}HTO}$—食入无机氚（HTO）的内照射剂量转换因子，Sv/Bq，取 1.8×10^{-11}Sv/Bq；

$DCF_{ing\text{-}OBT}$—食入有机氚（OBT）的内照射剂量转换因子，Sv/Bq，取 4.2×10^{-11}Sv/Bq；

$C_{ap\text{-}HTO,i}$/$C_{pp\text{-}HTO,i}$—i 类动/植物产品中 HTO 比活度，Bq/kg；

$C_{ap\text{-}OBT,i}$/$C_{pp\text{-}OBT,i}$—i 类动/植物产品中 OBT 比活度，Bq/kg；

$U_{ap,i}$/$U_{pp,i}$—i 类动/植物产品居民年摄入量，kg/a。

①土壤水中 HTO 活度浓度：

$C_{sw}(x)= CR_{s\text{-}a}\times C_{a,HTO}(x)/H_a$

式中：

$C_{sw}(x)$—在距离释放点 x 处土壤水中 HTO 浓度，Bq/L；

$CR_{s\text{-}a}$—土壤水中 HTO 的留存比例，取值为 0.3；

$C_{a,HTO}(x)$—在距离释放点 x 处空气水分中 HTO 活度浓度，Bq/m^3，本项目取值为 359.7Bq/m^3（即 1.89×10^{7}Bq/m^3 按 10min 事故释放折算的等效年平均浓度）；

H_a—绝对湿度，6×10^{-3}L/m^3。

因此，土壤中 HTO 浓度 $C_{sw}(x)$=0.3×359.7Bq/m^3/6×10^{-3}L/m^3=1.8×10^{4}Bq/L。

②植物产品中 HTO 比活度：

$$C_{pp-HTO,i}(x)=WC_{p,i}\cdot\frac{\left[RH\cdot\frac{C_{a,HTO}(x)}{H_a}+(1-RH)\cdot C_{sw}(x)\right]}{\gamma}$$

式中：

$C_{pp\text{-}HTO,i}$（x）—x 处 i 类植物产品中 HTO 的比活度（鲜重），Bq/kg；

$WC_{p,i}$—i 类植物的含水量（鲜重），L/kg，作物取值 0.12L/kg，蔬菜取值 0.92L/kg，草料取值 0.76L/kg；

RH—相对湿度，取值 0.70；

γ—水中 HTO 饱和蒸汽压的比率，取值 0.909。

因此，作物中 $C_{pp\text{-}HTO,i}$（x）=0.12L/kg×[0.7×359.7Bq/m^3/6×10^{-3}L/m^3+（1-0.7）×1.8×10^{4}Bq/L]/0.909=6253Bq/kg。

蔬菜中 $C_{pp\text{-}HTO,i}$（x）=0.92L/kg×[0.7×359.7Bq/m^3/6×10^{-3}L/m^3+（1-0.7）×1.8×10^{4}Bq/L]/0.909=47938Bq/kg。

草料中 $C_{pp\text{-}HTO,i}$（x）=0.76L/kg×[0.7×359.7Bq/m^3/6×10^{-3}L/m^3+（1-0.7）×1.8×10^{4}Bq/L]/0.909=39612Bq/kg。

③草料水中 HTO 活度浓度：

$$CR_{f,HTO}(x)=0.5\cdot C_{sw}(x)+0.5\cdot\frac{C_{pasture,HTO}(x)}{WC_p}$$

$CR_{f,HTO}$（x）—x 处草料水中 HTO 活度浓度（假设 50%摄入来自饮用水，50%来自草料），Bq/L；

$C_{pasture,HTO}(x)$—草料中 HTO 比活度，Bq/kg；

$WC_{p,i}$—植物中的含水量（鲜重），L/kg，牧草类饲料植物取值 0.76L/kg。

因此，草料水中 HTO 活度浓度 $CR_{f,HTO}$（x）=0.5×1.8×10^4Bq/L+0.5×39612Bq/kg/0.76L/kg=3.51×10^4Bq/L。

④动物产品中 HTO 比活度：

$$C_{ap-HTO,i}(x) = CR_{a,HTO} \cdot CR_{f,HTO}(x)$$

式中：

$C_{ap-HTO,i}(x)$—x 处 i 类陆生动物产品中 HTO 比活度，Bq/kg；

$CR_{a,HTO}$—浓度比，摄入 HTO 活度浓度在吸收水分氚中所占比例，L/kg，取值 0.74L/kg。

因此，动物产品中 HTO 比活度

$C_{ap-HTO,i}(x)$=0.74L/kg×3.51×10^4Bq/L=2.6×10^4Bq/kg。

⑤植物产品中 OBT 比活度：

$$C_{pp-OBT,i}(x) = \frac{(1-WC_{p,i})\cdot WEQ_{p,i}\cdot R_{p,i}\cdot C_{pp-HTO,i}(x)}{WC_{p,i}}$$

式中：

$C_{pp-OBT,i}(x)$—x 处 i 类陆生植物产品（如作物、蔬菜、草料）中 OBT 比活度，Bq/kg；

$WC_{p,i}$—i 类植物的含水量（鲜重），L/kg，作物取值 0.12L/kg，蔬菜取值 0.92L/kg，草料取值 0.76L/kg；

$WEQ_{p,i}$—i 类产品的水当量因子，L/kg，作物取值 0.56L/kg，蔬菜取值 0.51L/kg，草料取值 0.56L/kg；

$R_{p,i}$ —i 类产品的分支因子，取值 0.54。

因此，作物中 OBT 比活度 $C_{pp-OBT,i}(x)$=[（1-0.12L/kg）×0.56L/kg×0.54×6253Bq/kg]/0.12L/kg=1.39×10^4Bq/kg；

蔬菜中 OBT 比活度 $C_{pp-OBT,i}(x)$=[（1-0.92L/kg）×0.51L/kg×0.54×47938Bq/kg]/0.92L/kg=1148Bq/kg；

草料中 OBT 比活度 $C_{pp-OBT,i}(x)$=[（1-0.76L/kg）×0.56L/kg×0.54×39612Bq/kg]/0.76L/kg=3783Bq/kg。

⑥动物产品中 OBT 比活度：

$$C_{\mathrm{ap-OBT},i}(x) = CR_{\mathrm{a,OBT}} \cdot C_{\mathrm{pasture,OBT}}(x)$$

式中：

$C_{\mathrm{ap-OBT,i}}(x)$—x 处 i 类动物产品中 OBT 比活度，Bq/kg；

$CR_{\mathrm{a,OBT}}$—摄入 OBT 的活度浓度在饲料氚中所占的比例，kg/L，取值 0.40kg/L；

$C_{\mathrm{pasture,OBT}}(x)$—饲料中 OBT 平均浓度，Bq/kg，采用公式(5-24)计算得到，本项目为 3783Bq/kg。

因此，动物产品中 OBT 比活度 $C_{\mathrm{ap-OBT,i}}(x)$=0.40kg/L×3783Bq/kg=1513Bq/kg。

综上，作物中 $C_{\mathrm{pp-HTO,i}}$（x）=6253Bq/kg，蔬菜中 $C_{\mathrm{pp-HTO,i}}$（x）=47938Bq/kg，草料中 $C_{\mathrm{pp-HTO,i}}$（x）=39612Bq/kg，动物产品中 $C_{\mathrm{ap-HTO,i}}(x)=2.6\times10^{4}$Bq/kg。

作物中 $C_{\mathrm{pp-OBT,i}}(x)=1.39\times10^{4}$Bq/kg；蔬菜中 $C_{\mathrm{pp-OBT,i}}(x)$=1148Bq/kg；草料中 $C_{\mathrm{pp-OBT,i}}(x)$=3783Bq/kg，动物产品中 $C_{\mathrm{ap-OBT,i}}(x)$=1513Bq/kg。

表 5-12 评价选取的参数

年龄组	动植物产品摄入量（kg/a）			饮水摄入量（g/d）	食入剂量转换因子（Sv/Bq）	
	粮食（大米）	蔬菜（叶菜）	肉类（羊肉）		HTO	OBT
婴儿组≤1岁	60	48	12	500	6.40×10^{-11}	1.20×10^{-10}
1岁＜幼儿组≤7岁	108	120	30	700	4.80×10^{-11}	1.20×10^{-10}
7岁＜少年组≤17岁	180	240	90	1000	2.30×10^{-11}	5.70×10^{-11}
成人组＞17岁	270	210	120	800	1.80×10^{-11}	4.20×10^{-11}

表 5-13 食入无机氚所致内照射剂量估算结果

年龄组	$DCF_{ing-HTO}$（Sv/Bq）	$C_{ap-HTO,i}$（Bq/kg，肉类）	$U_{ap.i}$	$C_{pp-HTO,i}$（Bq/kg）		$U_{pp.i}$（kg/a）		食入无机氚所致内照射剂量（Sv/a）
				作物	蔬菜	作物	蔬菜	
婴儿组≤1岁	6.40×10^{-11}	2.6×10^{4}	12	6253	47938	60	48	1.91×10^{-4}
1岁＜幼儿组≤7岁	4.80×10^{-11}	2.6×10^{4}	30	6253	47938	108	120	3.46×10^{-4}
7岁＜少年组≤17岁	2.30×10^{-11}	2.6×10^{4}	90	6253	47938	180	240	3.44×10^{-4}
成人组＞17岁	1.80×10^{-11}	2.6×10^{4}	120	6253	47938	270	210	2.68×10^{-4}

表 5-14 食入有机氚所致内照射剂量估算结果

年龄组	$DCF_{ing\text{-}OBT}$（Sv/Bq）	$C_{ap\text{-}OBT,i}$（Bq/kg，肉类）	$U_{ap.i}$	$C_{pp\text{-}OBT,i}$（Bq/kg）		$U_{pp.i}$（kg/a）		食入有机氚所致内照射剂量（Sv/a）
				作物	蔬菜	作物	蔬菜	
婴儿组≤1 岁	1.20×10^{-10}	1513	12	1.39×10^{4}	1148	60	48	1.09×10^{-4}
1 岁＜幼儿组≤7 岁	1.20×10^{-10}	1513	30	1.39×10^{4}	1148	108	120	2.02×10^{-4}
7 岁＜少年组≤17 岁	5.70×10^{-11}	1513	90	1.39×10^{4}	1148	180	240	1.66×10^{-4}
成人组＞17 岁	4.20×10^{-11}	1513	120	1.39×10^{4}	1148	270	210	1.75×10^{-4}

表 5-15 食入内照射总剂量估算结果

年龄组	食入无机氚所致内照射剂量（Sv/a）	食入有机氚所致内照射剂量（Sv/a）	食入内照射总剂量（Sv/a）
婴儿组≤1 岁	1.91×10^{-4}	1.09×10^{-4}	3×10^{-4}
1 岁＜幼儿组≤7 岁	3.46×10^{-4}	2.02×10^{-4}	5.48×10^{-4}
7 岁＜少年组≤17 岁	3.44×10^{-4}	1.66×10^{-4}	5.1×10^{-4}
成人组＞17 岁	2.68×10^{-4}	1.75×10^{-4}	4.43×10^{-4}

因此，公众人员食入内照射剂量最大值为 0.548mSv/a。

饮水内照射剂量 H_{dink} 用下式计算

$H_{dink}=C_w\times DCF_{ing\text{-}HTO}\times Q_w$

式中：C_w—饮用水中 HTO 活度浓度，Bq/L，$C_w=0.1\cdot C_{a,HTO}(x)$，$C_{a,HTO}(x)$ 本项目取值为 0.3597Bq/L（即 1.89×10^{7}Bq/m^3 按 10min 事故释放折算的等效年平均浓度）；

Q_w—公众年饮水量，L/a。

表 5-16 饮水内照射剂量估算结果

年龄组	C_w（Bq/L）	$DCF_{ing\text{-}HTO}$（Sv/Bq）	Q_w（L/a）	H_{dink}（Sv/a）
婴儿组≤1 岁	0.3597	6.40×10^{-11}	182.5	4.2×10^{-9}
1 岁＜幼儿组≤7 岁	0.3597	4.80×10^{-11}	255.5	3.02×10^{-9}
7 岁＜少年组≤17 岁	0.3597	2.30×10^{-11}	365	3.02×10^{-9}
成人组＞17 岁	0.3597	1.80×10^{-11}	292	1.89×10^{-9}

3）事故总有效剂量

事故首年公众待积总有效剂量=事故早期单次事故急性吸入内照射剂量+事故中后期食入内照射年剂量+饮水内照射剂量=0.0678mSv+0.548mSv+3.02×10^{-6}mSv/a≈0.616mSv。

本计算为事故后首年，食用自产受污染农产品和饮水所致内照射剂量；HTO 在环境中会随雨水淋洗、生物代谢逐年降低，后续年份剂量更小。

公众受照剂量低于本项目设定的剂量约束值，不会引发较严重的确定性辐射损伤；按照辐射防护的线性无阈假定，该类照射存在增加随机性效应发生概率的潜在风险，因此仍需严格落实事故预防、报警及应急管控措施，尽可能降低氚泄漏事故发生概率。

（3）中陕核（西安）中子科技有限公司在 1#研发楼周边设置实体防护屏障，合理划分厂区出入口，分别设置专用车辆通道和人员通道，并配套完善的出入口管控系统，可实现厂区进出人员身份核验、权限授权、出入动态管控，以及进出车辆车牌识别、通行记录全流程管控。同时，在充氚工作场所涉核物料进出口、人员进出口等关键点位均布设人脸识别门禁系统，严格管控人员进出权限。

本项目放射性物料进入充氚工作场所后，统一贮存于充氚室专用手套箱内，贮存环境可控。充氚室出入门配套声光报警装置、人脸识别系统及电控锁具（出入口控制系统），并按要求配置视频监控装置、入侵报警装置，实现多重安全管控，可有效防止无关人员擅自进入工作区域，项目放射性物料发生被盗、丢失的概率极低。

若发生极端情况下的放射性物料被盗事件，现场工作人员可第一时间发现，并按应急预案上报公安机关开展溯源找回工作。公众受照时长可有效控制在 24 小时以内，照射时间较短。常温、无加热工况下，氚以铀氚化物形式稳定贮存于铀床（吸气剂）中，氚外溢量仅取决于铀床平衡解吸与管体/容器密封性，属于极低本底泄漏水平，不存在高强度放射性释放风险。

5.5.3 风险防范措施

针对本项目可能发生的 3 种最大潜在事故，拟分别采取以下事故预防措施。

（1）放射性物品丢失、被盗、失控事故

为全面防范项目氚化铀等放射性物品在存放、领用、转运、保管全过程中出现丢失、被盗、失控等安全事故，杜绝放射性物料流失引发的环境风险与公

众照射风险，公司建立闭环安全保卫与台账管理制度，落实人防、物防、技防多重防控体系，具体预防措施如下：

①建立完善放射性物品安全保卫管理制度，落实专属场所物理隔离与智能门禁管控。项目设置专用放射性物品库房，独立存放涉核物料，库房出入口、充氚工作区域关键通道均设置智能报警装置、人脸识别系统及电控锁具，严格执行人员准入管控，仅限授权专职工作人员进入作业及存放区域，完全杜绝无关人员擅自进入，从空间管控层面保障放射性物品全程处于受控状态。同时在入口关键位置布设高清监控摄像头，实现画面实时录制、存储备查，形成全天候技防管控体系。

②严格执行放射性物品专项存放管控与双人管理制度。所有放射性物料均放置于具备足够辐射屏蔽性能的专用防护容器内，再统一存放于专用防盗保险柜中。保险柜严格落实双人双锁管理制度，两把钥匙分别由两名持证专职管理人员分开保管、独立管控，单人无法独立开启保险柜取放物料，最大限度规避私自取用、物料遗失等安全风险，筑牢放射性物料存放安全防线。

③落实全流程台账管理与 24 小时值守巡查制度。项目库房及充氚工作区域全覆盖安装高清监控设备和入侵报警装置，实行 24 小时不间断安保值守与视频巡查。同时建立放射性物品入库、领用、借用、归还、注销、保管校核的全流程登记台账，执行定期盘点、核对校核制度，定期核查物料存量与使用记录，确保账物相符、全程可追溯，及时发现并杜绝物料流失、管理失控等隐患，全面保障放射性物品存放和使用全过程安全可控。

（2）氚气泄漏事故防范措施

为有效防范充氚工艺系统管路、阀门、密封部件破损或设备故障引发的氚气泄漏事故，杜绝氚气逸散造成工作场所污染及工作人员内照射风险，项目制定全方位防控措施，具体如下：

①建立并严格执行《设备检修维护管理制度》，明确充氚手套箱等涉氚核心设备的日常巡检、定期检修、故障排查及保养标准，规范设备运维流程。定期对氚化铀罐体、手套箱箱体、密封接口、管路、阀门等关键密封部位进行完整性检查、气密性检测，及时排查设备磨损、密封不严、部件松动等安全隐患，从设备源头杜绝氚气泄漏风险，保障涉氚设备长期稳定、密封完好运行。

②配置多级氚浓度监测设备，实现泄漏风险实时预警。在手套箱内部设置固定式手套箱氚监测仪，对箱体内氚气浓度实施 24h 连续在线监测；同时在充氚工作室内配置固定式氚监测仪，用于辅助检测工作场所空气氚浓度。双重监测设备可精准、及时捕捉手套箱破损、密封失效引发的氚气逸散异常，快速识别泄漏隐患，便于运维人员第一时间启动应急处置流程，及时管控泄漏源，有效避免氚气持续逸散导致的人员误照射和场所放射性污染问题。

③落实易损部件常态化更换管理，防范部件老化泄漏风险。手套箱专用铅手套为高频使用易损件，长期使用易出现老化、开裂、破损等问题，是氚气泄漏的薄弱点位。项目制定铅手套定期更换台账，根据设备使用频次、运行工况，定期对老化、磨损的铅手套进行更换，同时更换后开展气密性检测，确保手套密封性能达标，彻底消除因铅手套老化破损引发的氚气泄漏隐患。

（3）过滤系统失效事故

为防范氚净化过滤系统因滤芯衰减、设备故障、监测失效、设备质量不达标等因素导致净化效率下降、过滤功能失效，造成含氚废气超标排放、环境辐射影响增大等风险，项目制定系统性预防管控措施，具体如下：

①建立健全《设备检修维护制度》，规范氚净化系统运维管理流程。定期对氚净化系统核心分子筛的吸附净化性能、工作工况进行全面核查，同步校验系统出口氚排放监测仪的监测精度、运行状态，及时排查仪器失灵、数据异常、滤芯性能衰减等隐患，确保过滤净化系统运行稳定、监测数据真实可靠，保障含氚废气处理系统始终处于有效工作状态。

②建立失效预警及停机更换机制，严控超标排放风险。日常运维及监测过程中，一旦发现分子筛净化效率不满足项目设计及环保运行要求，立即停止涉氚岗位作业，暂停含氚废气排放工序，第一时间对氚净化系统内失效、性能衰减的分子筛进行整体更换。更换完成后对系统进行调试、检测，确认净化效率、排放指标达标后方可恢复生产作业，杜绝因过滤系统失效导致含氚废气超标外排。

③严格落实设备采购质量管控，从源头保障系统设备性能。在分子筛选型设计、氚排放监测仪采购阶段，严格执行设备质量验收标准，筛选具备资质的正规供货厂家，核查设备出厂检测报告、性能参数及合格证明。强化设备进场

验收、安装调试及试运行检测，杜绝不合格、性能不达标设备投入使用，从设备源头规避因设备质量缺陷导致的过滤系统失效、监测失灵等安全隐患。

5.5.4 应急处理措施

当发生泄漏事故时，操作人员应立即切断充氘氚系统相关电源，在失去电源供电加热的情况下，短时间内氚气将停止释放。手套箱设置事故风机，通过负压实现泄漏的氚不会进入充氚室。

操作人员离开充氚室并关闭门，进入检测去污间冲洗，冲洗废水由单独管道收集至放射性废液罐内储存，单罐储存容量200L，设置2个废液罐，满足贮存需求。在确认无体表沾染的情况下，操作人员离开工作场所。

如发生氚气泄漏事故，造成充氚室内台面、墙壁等区域表面污染，工作人员穿戴的一次性防护服、手套、口罩、擦拭用纸等作为放射性固体废物收集贮存。按照每次2名工作人员表面去污工作，每人每次产生0.5kg固体废物计，则单次事故产生量1kg。放射性固体废物收集暂存于固废收集箱，定期交由有放射性废物处置资质单位处置。

6 辐射安全管理

6.1 辐射安全管理机构与人员

6.1.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条相关规定：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。其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。

中陕核（西安）中子科技有限公司已设立辐射安全与环境保护管理小组。该小组主要职责为建立健全公司各项辐射安全管理制度，建立非密封放射性物质全流程管理台账，承担辐射安全许可证保管、申领、变更等全流程管理，统筹公司各项辐射工作开展。

辐射安全与环境保护管理小组承担公司日常辐射安全管理工作，负责涉源设备状态维护管理、各类辐射管理台账更新归档；组织作业人员辐射安全培训，落实人员持证上岗管理；组织开展工作人员个人剂量定期监测、职业健康体检；牵头组织辐射事故应急演练，落实辐射环境保护相关工作。小组工作覆盖射线装置、放射性物质管理使用涉及的各相关部门，已明确小组成员及岗位职责，配置 1 名本科及以上学历技术人员专职承担辐射安全与环境保护管理工作，满足法规基础管理要求。

依据国家核安全局《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发〔2015〕40 号）要求：使用半衰期大于 60 天的放射性同位素且场所等级达到甲级的单位，需设置 2 个辐射安全关键岗位，即辐射防护负责人、辐射环境监测与评价专职人员，每个岗位最少配置在岗人员 1 名。

本项目属于甲级非密封工作场所，现有辐射安全与环境保护管理小组尚未设置上述法定辐射安全关键岗位。为满足甲级非密封工作场所管理合规要求，中陕核（西安）中子科技有限公司拟对辐射安全与环境保护管理小组成员进行调整，明确设置辐射防护负责人、辐射环境监测与评价专职人员两个辐射安全关键岗位，每个岗位各配备 1 名注册核安全工程师，落实关键岗位人员岗位职责，保障项目辐射安全管理工作合法合规开展。

6.1.2 辐射工作人员配备计划

结合本项目氚源转运、充氚作业、放射性废物收集转运等核心涉辐射工作内容及岗位工作量，本项目专项配备 2 名专职辐射工作人员。人员专门负责本项目氚源运输、充氚工艺操作、放射性废物暂存及运输等全部涉辐射作业，人员岗位独立设置，不兼任公司其他辐射工作岗位，可充分保障本项目辐射作业专人专管、专人专岗，有效规避因人手不足、兼职混岗带来的辐射安全管理风险。

根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年 第 57 号）相关规定，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的工作人员，以及原有辐射安全培训合格证书到期的在岗人员，均需通过国家核技术利用培训平台统一报名、参加培训及考核；2020 年 1 月 1 日前取得的原有辐射安全培训合格证书，在证书有效期内可继续正常使用。

中陕核（西安）中子科技有限公司按照相关法律标准和本单位制定的规章制度落实人员培训，确保本项目新增辐射工作人员在项目投运前在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台完成辐射安全培训，取得成绩合格单后上岗。

6.2 辐射安全管理规章制度

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》营运管理相关要求，中陕核（西安）中子科技有限公司需持续培育并巩固良好的辐射安全文化，规范全员作业行为，最大限度降低人为操作失误引发的人员意外照射、放射性污染等安全事故风险。同时，《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条明确要求，核技术利用单位需具备健全的操作规程、岗位职责、辐

射防护与安全保卫制度、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，以及完善的辐射事故应急措施，为本项目辐射安全制度化管理提供了法定依据。

结合公司现有管理体系及制度文件落实情况，目前中陕核（西安）中子科技有限公司已制定了一系列规章制度，见表 6-1。

表 6-1 辐射安全管理制度名录

序号	制度	主要内容
1	安全生产工作制度	依据安全生产方针，建立各级领导、职能部门、技术人员、一线操作人员等安全生产层层负责的制度。
2	个人剂量管理制度	明确辐射工作人员剂量限值、剂量计佩戴及检定、个人剂量档案、剂量事故事件处理等管理。
3	放射性同位素台账管理制度	按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，建立保管、领用、贮存、台账管理制度，明确专职管理人员和职责，明确放射性物质的名称、型号、射线种类、用途、来源、储存位置、去向等事项。
4	辐射人员培训管理规程	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。
5	设备检修维护制度	结合本项目设备情况，制定辐射工作相关设备的操作人员上岗要求、设施设备运行条件、操作程序、安全管理措施、维护保养、检修、故障处理等基本要求。
6	辐射安全与环境保护管理机构与职责	结合本项目人员、工作内容，明确辐射安全与环境保护相关管理机构、人员、职责范围和主要工作内容。
7	辐射工作场所安全保卫制度	根据 GB18871-2002 的要求，将本项目辐射工作场所实行分区管理，完善辐射防护、安全保卫、人员和物品出入等管理要求。
8	辐射安全岗位职责	结合本项目内容，完善中陕核（西安）中子科技有限公司辐射安全管理人员、辐射工作人员、辐射监测人员、检维修人员等的资质条件、岗位职责和基本要求。
9	辐射监测方案	将本项目纳入监测管理要求，方案明确辐射工作场所和周边环境的辐射水平监测管理要求，规定监测位置、频率、内容、监测结果及档案管理等。
10	放射性废物处理管理规程	明确放射性三废物的产生、收集、暂存、处理、运输、流出物监测与排放等各个环节的管理目标和基本要求。
11	辐射监测仪器仪表检定与校验制度	明确监测仪器仪表日常使用、维护保养与定期校验等相关规定。
12	辐射安全应急与事件事故管理	根据人员组织架构和本项目的工作职责，更新应急和事件事故的管理机构、人员和职责。结合项目辐射事故情景，制定应急响应和善后工作流程和事件事故调查处理程序、责任认定、处理结论。

公司具备核技术利用项目运营管理实践经验，现有辐射安全管理制度全面覆盖设备运维、源项管控、人员管理、监测自查、应急处置等全流程关键环节，符合国家核技术利用辐射安全管理要求。

本项目新增甲级非密封工作场所，为保障本项目运行的辐射安全，保护工作人员、公众和环境，根据本项目特点，中陕核（西安）中子科技有限公司拟在依托完善原有辐射安全管理制度的基础上，根据本项目的特点，完善现有规章制度，在现有规章制度中补充与甲级非密封工作场所相关内容，并制定 ^{3}H 非密封源安全操作规程，明确参与工作在岗人员配置、工作人员的穿着要求，充氚工序的各个环节操作的具体步骤、注意事项、以及完成充氚后的监测、去污要求。

中陕核（西安）中子科技有限公司拟在项目投运前制定、完善辐射安全管理制度，并通过相关的质量保证审查程序，确保制度的适用和有效。

充氚辐射工作人员在正式上岗前应熟悉岗位操作规程，熟练掌握操作流程，明确各自岗位职责，尽量避免因操作不熟练、职责不清而导致辐射安全事故。

6.3 辐射监测

6.3.1 辐射监测目的

监测目的主要是为了及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保项目安全运行；防止对环境产生有害的影响和避免对工作人员造成不必要的危害；为采取相应的安全措施提供必要的依据。同时监测数据为运行阶段的环境现状评价提供参考资料；与本底数据进行对照，分析项目运行后对当地环境的影响。

因此，需要定期对周围环境进行放射性水平检测。

6.3.2 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中陕核（西安）中子科技有限公司拟配备监测仪器设备见表 6-2 所示。

表 6-2　本项目拟配备监测仪器设备一览表

序号	设备及材料名称	数量	设置场所	备注
1	便携式空气中氚监测仪	1 台	检测去污间	新增
2	氚表面污染监测仪	1 台	检测去污间	新增
3	手套箱内氚测量仪（探测下限为 $3.7\times10^{4}Bq/m^{3}$）	1 台	充氚室手套箱内	新增
4	充氚室内手套箱外氚监测仪（探测下限为 $3.7\times10^{4}Bq/m^{3}$）	1 台	充氚室内手套箱外	新增

5	氚排放测量仪（探测下限为 $3.7\times10^4Bq/m^3$）	1 台	氚净化系统	新增，由厂家直接安装于氚净化系统内
6	个人剂量计	4 枚	工作人员随身佩戴 1 枚，另 1 枚送检	新增
7	个人剂量报警仪	2 台	工作人员随身佩戴	新增

本项目为使用非密封源，新增与本项目相适应的监测仪器，能够满足项目开展的使用需求。监测仪器定期送有资质单位进行校准/检定，校准/检定合格后方可使用。因此，本项目拟配备的监测仪器能满足项目辐射防护和环境保护的要求。

6.3.3 监测方案

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关要求，本项目辐射监测体系主要涵盖企业自行监测、个人剂量监测、辐射工作场所监测及周边环境监测四大内容，通过全方位、常态化监测手段，全面把控项目运行期间辐射环境安全状况，保障工作人员职业辐射安全与周边环境辐射水平可控。其中项目自行检测方案具体设置如下：

（1）自行监测

本项目依托固定式在线监测设备与便携式监测设备相结合的方式，构建全覆盖、可预警、可溯源的自行监测体系，针对涉氚作业关键点位开展常态化监测，精准把控作业过程氚浓度变化及表面沾污情况。

公司拟配置一台氚表面污染监测仪，按照《表面污染测定 第 2 部分 氚表面污染》（GB/T 14056.2-2011）规范要求，项目配备具备直接测量功能、适配氚污染检测的专用氚表面污染监测仪（正比计数器/闪烁探测器型），用于工作场所β表面污染及人员体表氚沾污检测。严格落实作业后必检制度，每次充氚操作结束、工作人员离开充氚室前，逐一检测工作人员工作服、鞋套、手部及暴露皮肤的表面沾污水平，同时抽检作业设备、操作台表面污染情况，及时发现微量放射性沾污，第一时间开展去污处置，杜绝人员带污离场及二次污染扩散风险。

（2）个人剂量监测

1）个人剂量监测设备配置

根据本项目充氚工艺作业特点，涉氚作业过程主要辐射风险为氚吸入、皮

肤渗透导致的内照射风险，同时作业场所存在少量γ外照射辐射。由于氚释放的低能β射线穿透能力极弱，无法穿透人体角质层，常规外照射个人剂量计无法识别与记录氚内照射剂量。因此本项目针对辐射工作人员同步配置外照射监测设备与氚内照射监测体系，实现内外照射全覆盖监测，具体设备配置如下：

①常规外照射累积剂量监测设备：为所有辐射工作人员配置热释光个人剂量计，用于监测作业期间γ外照射累积有效剂量，作业期间统一佩戴于胸前工作服外侧，按季度定期送检、读取累积剂量数据，用于统计工作人员年度外照射职业照射剂量。

②实时外照射预警设备：配备直读式个人剂量报警仪，工作人员进入控制区作业全程佩戴，实时监测作业场所外照射剂量率，实现高辐射工况实时预警，规避意外外照射暴露风险。

③场所辅助监测设备：配置便携式空气中氚监测仪、氚表面污染监测仪，用于作业场所空气氚浓度巡检、人员体表及工器具表面沾污筛查，作为现场风险管控手段。

④个人空气采样器（PAS）：高风险作业期间由作业人员佩戴于呼吸带，班后取样送 LSC，作为任务相关内照射监测的吸入量直接依据。

2）氚内照射专项监测方案

本项目充氚、氚系统运维、检漏、废气处理等环节存在氚化水蒸气吸入、皮肤渗透污染风险，需开展专项氚内照射个人剂量监测，严格依据《内照射个人剂量监测规范》（GBZ 129-2016）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）执行，具体监测方案如下：

①监测对象：所有直接从事充氚作业、氚设备拆装、氚系统检漏、涉氚废物处置、氚废气处理的放射工作人员。

②监测方法：氚无体外直接测量手段，本项目采用尿氚生物监测法，通过采集工作人员尿液样品，采用液体闪烁计数器分析尿氚活度浓度，结合 ICRP 推荐剂量模型，核算工作人员氚摄入总量及 50 年待积有效剂量，实现内照射剂量定量评价。

③常规监测周期：涉氚作业岗位工作人员常规尿氚监测周期为每季度 1 次，

持续跟踪内照射暴露水平。

④任务相关监测：每次执行故障排查等高风险作业前，采集本底尿样；作业全程佩戴 PAS，作业后 2~3h 内采集尿样送 LSC，若空气氚报警或异常，自动升级为特殊监测；单次作业单独建档，不纳入季度常规周期。

⑤特殊监测要求：当发生氚设备泄漏、防护设施失效、作业失误等疑似氚摄入场景，立即启动应急内照射监测，在暴露后 2~3h 内采集首份尿样，随后在 24h、7d 分别追踪采样，必要时延长至 14d，直至尿氚浓度降至本底水平，同步开展剂量评估与风险研判。工作人员调离涉氚岗位前，必须完成 1 次离岗尿氚检测，存档备查。

⑥样品质量控制：尿样采集全过程规避外界氚污染，准确记录采样时间、近期作业时长及作业工况；样品低温密封保存，委托具备 CMA 资质的专业实验室检测，确保监测数据真实、有效、可溯源。

⑦管控阈值与处置：参照核工业涉氚作业管控要求，尿氚浓度 100Bq/L 为调查水平，超出后立即排查作业防护漏洞、优化作业流程、加密监测频次；尿氚浓度 1000Bq/L 为干预水平，立即暂停涉氚作业，开展健康跟踪及对症干预，全面排查整改泄漏风险。

3）内外照射监测并行管理要求

本项目严格执行外照射常规监测与氚内照射专项监测并行、独立实施、叠加评价的管理原则，两套监测体系不可相互替代，具体管理要求如下：

①监测实施并行：涉氚岗位人员作业期间必须全程佩戴外照射个人剂量计及报警仪，按期完成外照射剂量送检；同时严格按照周期开展尿氚内照射采样监测，实现“外照射每日监控、内照射每季度定量”的常态化管控。

②剂量评价并行：工作人员年度职业总有效剂量为外照射累积有效剂量与氚内照射待积有效剂量叠加之和，年度剂量汇总报告需分别列明内外照射剂量贡献，统一对照 GB 18871 标准限值开展合规性评价。

③档案管理并行：建立辐射工作人员一人一档的综合个人剂量档案，同步归档外照射剂量检测报告、尿氚内照射监测报告及剂量计算结果，档案长期留存、动态更新，保障职业照射可追溯、可统计。

④异常处置并行：外照射剂量异常时，重点排查作业场所γ辐射水平、屏蔽

设施及作业时长；内照射尿氚数据异常时，立即暂停涉氚作业，排查设备密封性、负压排风系统、个人防护用品有效性，同步核查同期作业记录，双维度溯源整改，消除辐射风险。

⑤质控与培训并行：外照射剂量监测、氚尿样内照射监测均委托具备合法资质的第三方机构开展；定期组织专项培训，明确氚内照射独特危害、内外照射监测区别、采样规范及异常处置流程，保障监测工作规范落地。

（3）辐射工作场所、周围辐射环境及流出物监测计划

结合本项目工艺工况及物料特性分析，项目常规工艺最高运行温度为500℃，而金属铀熔点为1132℃、沸点约3900℃，常规升温工况仅可实现氚气从铀粉载体脱附释放，固相铀及氚化铀物料可完全留存于密封储罐、手套箱及密闭管路系统内部，不会发生铀的气化、升华现象。同时，项目整套储料、反应及尾气收集系统为密闭真空结构，作业过程无高速气流冲刷、无机械搅拌扰动，不会造成铀固体粉末扬起、扩散。综上，本项目正常运行工况下无铀气溶胶及铀粉尘污染风险，日常监测工作无需开展铀核素检测。

为全面掌握项目运行期间工作场所及周边区域辐射环境质量，严格落实常态化环境监管要求，公司严格遵照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关监测频次、监测指标及技术要求，委托具备辐射环境监测资质的第三方机构，定期开展辐射工作场所及项目周边辐射环境监测工作，全面核查工作场所剂量水平、空气氚浓度、环境地表辐射水平等关键指标。本项目具体监测点位、监测指标、监测频次及执行标准详见下表6-3。

表6-3　环境监测计划表

监测方式	监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	监测方法	参考水平	超过参考水平需采取的措施
自行监测	外照射剂量率	X-γ辐射剂量率	充氚室东、南、西、北墙外30cm处，500m范围内环境保护目标处	1次/季度	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	项目所在地环境本底水平	停止充氚操作，检查充氚管道及设备密闭性，定期维护设备
委托监测	外照射剂量率	X-γ辐射剂量率		1次/季度		项目所在地环境本底水平	

	环境空气	^{3}H、总β	以工作场所为中心，半径500m以内，上风向、下风向、敏感点	1次/年	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境空气 水蒸气中氚的测定 分子筛吸附采样法》（HJ 1383-2024）	参考验收监测结果	查找原因，进行整改，重点关注氚净化系统的处理效率，运行过程及时更换分子筛，保证废气处理效果
	环境土壤生物样品	总β活度浓度	参照环境现状监测点位	1次/年	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），参考《水质 总β放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）	参考验收监测结果	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	底泥	总β活度浓度	参照环境现状监测点位	1次/年	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）参考《水质 总β放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）	参考验收监测结果	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	地表水	^{3}H、总β活度浓度	新河桥附近地表水	1次/年	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）	参考验收监测结果	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求

表 6-4　流出物监测计划表

监测方式	监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	监测方法	参考水平	超过参考水平需采取的措施
委托监测	氚净化系统排气筒	^{3}H	排气筒出口	1次/年	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《气载放射性物质取样一般规定》（GB/T 15446）、《环境空气 水蒸气中氚的测定 分子筛吸附采样法》	按环评批复限值及GB 18871导出限值	查找原因，进行整改，重点关注氚净化系统的处理效率，运行过程及时更换分子筛，保证废气处理效果

					（HJ 1383-2024）		
	放射性废液	^{3}H、总β	放射性废液储罐排出口	排放前	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）、《水质 总β放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017）（取样前过滤/均质）	按环评批复限值及GB 14500相关要求	查找原因，对废液进行重新处理，监测达标后方可排放；必要时增加监测频次

表 6-5　辐射工作场所监测计划表

监测方式	监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	监测方法	参考水平	超过参考水平需采取的措施
自行监测	外照射剂量率	X-γ辐射剂量率	操作位、四周屏蔽墙外 30cm 处、防护门外、楼上距地 30cm 处、放射性固废暂存间屏蔽体外、铅废物桶表面等	每月一次	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	≤2.5μSv/h	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	表面污染水平	β 表面污染	工作场所（充氚台面、充氚室内墙壁及地面、手套箱外表面）、铅废物桶表面、放射性废物暂存间	每次工作结束后	《表面污染测定 第 2 部分：氚表面污染》（GB/T 14056.2-2011）	≤400Bq/cm^{2}（氚专用）	进行擦拭，直至符合标准
			工作服、工作鞋、手套			≤40Bq/cm^{2}（氚专用）	作为放射性固体废物贮存
			手、皮肤、内衣、工作袜			≤4Bq/cm^{2}（氚专用）	工作人员进行清洗
	空气	^{3}H	充氚室、尾气净化装置出口	作业期间实时监测	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境空气水蒸气中氚的测定 分子筛吸附采样法》（HJ 1383-2024）	报警值 5.0×10^{4}Bq/m^{3}	查找原因，进行整改，重点关注氚净化系统的处理效率，运行过程及时更换分子筛，保证废气处理效果
委	外照射	X-γ辐	同自行监测点	1 次/	《辐射环境	≤2.5μSv/h	及时查找

托监测	剂量率	射剂量率	位	年	监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）		原因，进行整改直至监测符合要求
	表面污染水平	β表面污染	同自行监测点位	1次/年	《表面污染测定 第2部分：氚表面污染》（GB/T 14056.2-2011）	≤400Bq/cm^2（氚专用）	进行擦拭，直至符合标准
			同自行监测点位			≤40Bq/cm^2（氚专用）	
			同自行监测点位			≤4Bq/cm^2（氚专用）	
	空气	^{3}H	同自行监测点位	1次/年	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境空气水蒸气中氚的测定 分子筛吸附采样法》（HJ 1383-2024）	报警值5.0×10^{4}Bq/m^3	查找原因，进行整改，重点关注氚净化系统的处理效率，运行过程及时更换分子筛，保证废气处理效果

6.3.4 监测质量保证

本项目严格遵照《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等标准要求，建立覆盖人员、设备、采样、实验分析、成果审核及个人剂量监测全流程的监测质量保证与质量控制体系，对监测全过程实施闭环质量管理，有效规避系统误差、人为误差及样品污染等问题，确保所有监测数据真实、准确、平行、可追溯，为项目辐射安全运行管理及生态环境主管部门监管工作提供可靠的基础数据支撑。

（1）人员能力质量保证

本项目除企业自行开展的常规巡检监测外，所有对外委托的工作场所及环境辐射监测工作，均委托具备CMA计量认证资质的第三方专业监测机构实施，保障监测工作合规性与权威性。所有参与监测、采样、实验分析、数据审核的从业人员均具备相应专业知识与岗位业务能力，严格落实岗前培训、在岗质保培训及年度考核制度，考核合格后方可上岗作业。从业人员熟悉辐射监测规范、样品采集流程、仪器操作方法及氚监测专项质控要求，具备处置监测异常、识

别数据偏差的能力，从人员层面保障监测工作质量。

（2）监测分析过程中的质量保证

1）监测设备与现场过程质量保证

建立完善监测仪器设备台账，实行专人专管、定期维护、周期检定管理制度。所有监测仪器、计量设备均经法定计量机构检定/校准合格，在有效检定周期内投入使用，杜绝超期、失准设备参与监测工作。定期开展仪器期间核查与设备比对测试，校验仪器稳定性、重复性及准确性，保障设备运行工况稳定、监测响应可靠。对外环境、工作场所监测点位统一记录精准经纬度坐标，固定监测点位与布设方式，保证历次监测点位一致、工况可比，实现监测数据时序连续性与结果可对比性。

2）采样过程质量保证

现场采样所用采样设备、容器器材均符合国家监测技术标准，采样前逐一核查设备运行状态、气密性及响应性能，确认设备完好可用。严格落实器材清洁、去污防尘措施，分类存放采样容器，杜绝样品交叉污染、外界氚本底干扰。采样全过程严格遵循标准化操作规范，严格控制采样时长、采样流量、采样体积，确保样品量满足实验室分析及平行样测定要求。

样品送检实行双人交接登记制度，送样、接样人员共同核对样品编号、样品状态、采样信息并签字确认。实验室分析完成后，对已测样品、留存样品分类粘贴状态标识，明确待测、已测、留存、作废状态，全程实现样品可追溯管理，规避样品混淆、遗失、错测等问题。

3）实验室分析质量保证

实验室分析仪器严格执行周期检定/校准制度，分析所用标准源、标准参考物质、计量器具均符合国家准确度等级要求，量值溯源可靠。所有样品预处理、测试分析方法均采用现行有效国标、行标及专项技术规范，无非标、自制替代方法。

实验分析过程同步设置空白样品，空白样品与待测样品同步开展预处理、同步上机分析，确保空白样品计数率与仪器本底计数率无显著差异，有效扣除系统本底干扰、消除实验污染误差，保障分析数据精准可靠。同时按规范开展平行样、加标回收、质控样考核，严控实验分析误差范围。

（3）成果阶段质量保证

监测成果严格执行三级审核制度，依次由项目监测负责人初审、技术负责人复核、授权签字人终审，逐级核查监测点位布设、采样记录、原始数据、分析报告、结论评价的完整性与规范性，层层把关、逐级质控。通过多级审查机制剔除异常数据、修正偏差，确保监测报告内容完整、数据可信、结论客观，符合辐射环境监测成果编制规范要求。

6.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）辐射事故分级与应急响应措施；

（4）辐射事故的调查、报告和处理程序。

中陕核（西安）中子科技有限公司已制定《辐射安全事故应急预案》，本项目运行后，将根据新增的人员组织架构和本项目的工作职责，更新应急和事件事故的管理机构、人员和职责。结合新增项目辐射事故情景，制定应急响应和善后工作流程和事件事故调查处理程序、责任认定、处理结论。按要求完善后的《辐射事故应急预案》可满足本项目建成后辐射事故突发时的应急需求。

适用范围：本预案适用于公司内部可能发生的辐射事故应对工作。本预案中辐射事故主要指下列设施或活动的放射源丢失、被盗、失控，或者放射性物质和射线装置失控导致人员受到意外的异常照射，或者造成环境放射性污染的事件。

（1）氚气储存容器丢失、被盗，氚气意外释放，造成人员放射性内照射；

（2）氚净化系统分子筛吸附失效，含氚废气未经有效净化直接通过排气筒外排，造成环境空气中氚浓度升高；

（3）充氚工艺系统管路、阀门、密封部件破损或设备故障，引发氚气泄漏，造成工作场所氚浓度上升。

其他可能对建设单位环境造成辐射影响的辐射事故或事件的应对工作参照本预案执行。

6.4.1 应急工作原则

在省政府的统一领导下，坚持以人为本、统一协调、积极应对、快速反应、属地为主、分级响应的工作原则。

（1）以人为本，安全第一。把员工生命安全和身体健康放在首位，最大限度的预防和减少事故造成的人员伤亡，在事故发生后，立即营救受伤人员，组织疏散或采取其他措施，有效地保证人身安全，切实加强应急救援人员自身的安全防护，减少和消除事故造成的后果和影响。

（2）统一指挥、分级负责。在公司应急指挥小组的组织协调下，各部门履行各自职责和权限，负责有关事故的应急管理和应急处置工作，认真履行安全预案，健全事故应急预案体系和应急响应机制。

（3）依靠科学、依法规范。采用先进的救援装备和技术，增强救援能力，依法规范操作，确保应急预案的科学性和可操作性。

（4）预防为主、平战结合。贯彻落实“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，做好事故预警和预报工作，做好事故风险分析，救援物资准备，应急队伍建设、应急装备完善、定期维护等工作，提高公司应对各类事故的整体能力。

6.4.2 组织结构及职责

（1）成立辐射事故应急响应机构

中陕核（西安）中子科技有限公司已成立“辐射安全领导小组”，全面负责公司辐射安全与防护管理工作，同时负责辐射事故应急响应。

（2）职责

贯彻执行省辐射事故应急指挥部各项辐射事故应急工作的部署和要求。按照辐射事故应急预案的要求，指挥协调公司内各成员做好：

1）监督检查辐射安全工作，防止辐射事故的发生；

2）对事故产生的放射性废水、废气和固体废弃物等提出处理建议；

3）针对防范措施失效和未落实的防范措施提出整改意见；

4）对已发生辐射事故的现场进行组织协调、安排救助、并向辐射工作人员与公众通报；

5）负责向上级行政主管部门报告辐射事故发生和应急救援情况，负责恢复正常秩序、稳定受照人员情绪等方面的工作；

6）负责制定、修订辐射事故应急预案并按照程序报批；

7）组织辐射事故应急培训、演练；

8）协助公安部门监控追缴丢失、被盗的放射源；

9）配合开展辐射事故应急相关的公众宣传、信息公开和舆论引导工作。

6.4.3 辐射预警与信息报告

（1）预警

应对公司潜在的危险源进行定期识别和监控，场所视频监控和带有报警功能的固定式仪表，当发现异常时应尽快识别安全状态，当可能发生或已经发生事件（事故）时，应立即上报。

（2）信息报告

事故发生时，现场相关人员应立即通知应急领导小组，详细说明现场情况，应急办公室应通知应急指挥领导小组组长、副组长并启动应急程序，由应急指挥领导小组组长在 2h 内向生态环境行政主管部门报告，如发生放射性物质丢失应同时报告公安部门，人员发生超剂量照射时还应同时报告卫生部门。

报告内容应包括：事故单位情况，发生时间、地点、现场情况、发生经过、易造成或可能造成的伤亡或环境污染或经济损失，已采取措施等信息。

6.4.4 响应程序

（1）应急处置

应急程序启动后，由应急指挥领导小组组长判定事故性质，启动相应的专项应急程序，当事故连带涉及多种类型事故时，还应启动多个专项应急程序，现场处置程序按照专项应急预案规定的程序执行。

（2）应急结束

当事故得到有效控制时，由应急指挥领导小组组长决定应急结束，应急结束一般按照事故类型不同而不同，基本原则是事故得到有效地控制，环境符合

有关标准，次生、衍生事故消除，如：发生火灾已经扑灭、放射性污染源不再继续释放等。事故结束后，应急指挥领导小组指定责任部门完成以下事项：

1）事故发生部门按有关规定向上级主管部门报告事故发生、发展、应急救援等情况；

2）事故发生部门做好事故现场保护和原始资料收集工作，向事故调查组移交相关资料，得到事故调查组同意后，方可开始恢复重建工作。

3）应急指挥领导小组组织编写应急救援工作总结报告，上报相关主管部门，应急总结报告应作为应急预案评审维护的重要资料。

应急响应程序见图 6.1。

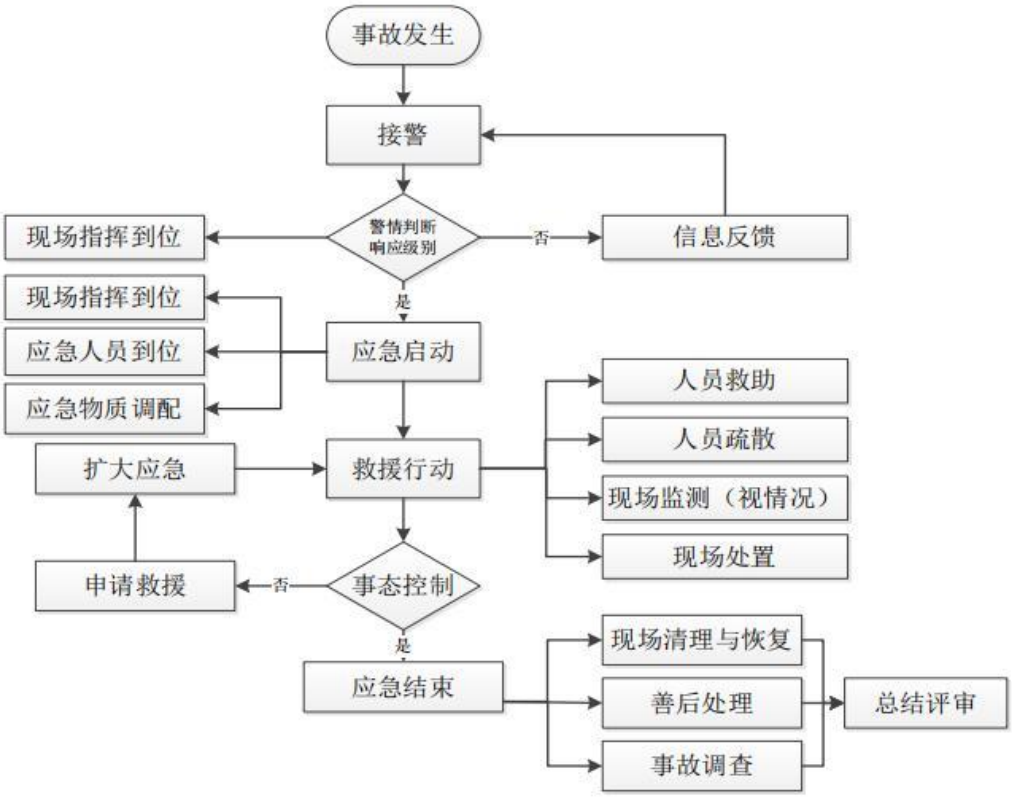


图 6.1　应急响应程序流程图

6.4.5 后期处置

（1）善后处置

做好事故后重建、污染物清理与处理等工作，尽快消除事故影响，减少事故损失，尽快恢复秩序。成立善后工作小组，负责协调事故的善后处置工作，包括：人员安置与补偿、现场清理与污染物处理、事故后果影响消除、秩序恢复、抢险过程和应急救援能力评估等事项，对于应急救援期间征用的物质和救

援费予以补偿和支付。

（2）经验总结

事故善后处置工作结束后进行总结，主要内容包括：对事故的评估是否准确；应急救援决策是否准确；应急救援资源调配使用是否合理；应急救援行动是否协调；通信是否畅通；评估应急预案的不适之处，提出修订建议。

6.4.6 应急保障

（1）通信与信息保障

应确定公司应急办公室电话，并保持 24h 联络畅通。应急指挥领导小组组长、副组长手机 24h 保持畅通，其他应急小组组长应保持联系畅通。

（2）应急队伍保障

加强对各专业组应急能力的建设，通过日常技能培训和模拟演练等手段提高各类人员的业务素质、技术水平和应急处置能力。 依据事故程度，可及时向消防、安监环保、医疗等部门寻求救援。

（3）应急物资装备保障

依据应急处置的需要，建立健全公司应急物资储备为主和社会物资为辅的应急物资保障体系，完善应急物资储备的区域联动机制，做到公司应急物资资源共享、动态管理。在应急状态下，由公司应急领导小组统一调配使用。

6.4.7 辐射事故预案管理

（1）建立辐射事故应急预案

本项目运行后，公司应对现有的辐射事故应急预案进行修订，将本项目可能发生的辐射事故纳入应急预案。事故应急预案主要包括以下内容：事故类型、辐射事故分级、辐射事故预防、组织机构及职能、相关人员及机构联系方式、应急处置程序、信息报告程序、应急物资及装备保障等。本项目建成后，应根据项目特点，进一步完善应急预案。

（2）提出辐射事故应对措施

根据项目特点，可能发生的事故氚化铀储罐丢失或被盗、氚气泄漏、氚尾气净化装置失效等。针对辐射事故拟采取相应的应急措施如下。

1）氚化铀储罐丢失或被盗

氚化铀储罐放置于充氚室的手套箱内。如发生氚化铀储罐丢失或被盗事件，需第一时间在发生事故后联系应急小组负责人，并组成专项小组赶往现场，现场发生事故后的第一处理行为由公司按照应急预案进行现场处理，专项小组到达现场后，由小组负责人牵头组织相关事故调查并配合有关环保、公安进行相关事故处理。

2）氚气泄漏、氚净化装置失效

本项目充氚系统、手套箱排风配套氚废气净化装置，当发生工艺管道、密封部件氚泄漏，或氚净化装置故障、处理效率丧失，将造成氚化水蒸气无组织逸散，存在工作人员吸入、皮肤渗透内照射风险。遵循先控源、再隔离、人员优先防护、持续监测、污染管控、事后评估原则开展应急处置。

①事故初期报警与人员紧急管控

充氚室内固定式氚在线监测仪触发高浓度报警，或巡检人员发现异味、设备密封破损、净化装置故障报警，第一时间按下系统急停，切断充氚气源供给，停止所有涉氚操作。

立即通知控制区内所有人员有序撤离污染区域；撤离过程减少大幅度跑动，禁止在污染区域进食、饮水、吸烟。

在出入口设置警戒区域、拉起警示标识，禁止无关人员进入涉氚控制区，防止污染向外扩散。

所有撤离人员前往卫生通道，使用β表面污染监测仪开展体表沾污筛查；存在体表污染人员立即开展局部冲洗、全身淋浴去污，更换全部工作服，污染衣物密封收集作为放射性固体废物暂存。

②包容与通风净化管控（区分两类工况）

工况 A：氚净化装置失效，但未发生工艺氚泄漏

切断电源，停止充氚同时立即切断排风系统对外排放阀门，停止废气直排，切换为内部循环吸附模式及备用吸附床，手套箱内泄漏的氚被抽气压缩单元抽出后，优先引入收集缓冲罐组暂存；同时加大冷凝收集单元的制冷功率，使其作为临时应急收集点捕获氚化水。维持手套箱、充氚工位负压状态，防止室内氚向外扩散；持续监测充氚室内空气中氚浓度。隔离失效的催化或吸附模块进行热氮/干空气再生或整体换料（按放射性固废整备）；修复后，按“漏率复查

→催化氧化效率测试→吸附出口氚浓度达标→小风量置换”逐步重新开启合格排放阀。禁止在净化装置失效期间开展任何充氚、拆检、开盖作业。

工况 B：发生氚泄漏（气体/氚化水蒸气逸出）

在保障人员安全的前提下，关闭泄漏上下游阀门，切断氚源，阻断持续泄漏；保持涉氚房间负压排风系统运行，加大手套箱事故风机风量，确保手套箱内泄漏氚不扩散至充氚室内；若净化装置同步失效，关闭外排，同时采取工况 A 应急措施，更换失效催化、吸附单元，修复后重启净化装置；严禁随意开启门窗向外扩散，避免氚烟羽影响厂区周边环境。

③现场监测与污染排查

辐射防护人员穿戴全套防护用品（防毒面具/呼吸防护、防氚手套、防护服），使用便携式空气中氚监测仪逐点巡检，划定高污染区域范围；对泄漏设备、地面、台面开展表面污染巡测，标记污染点位；持续跟踪充氚室、厂界空气中氚浓度，直至浓度回落至本底水平。

④人员内照射应急监测

所有进入污染区域人员，72h 内采集尿样开展尿氚检测（依据 GBZ 129-2016）；尿氚检出异常人员，持续跟踪多次采样，开展氚摄入量与待积有效剂量估算；根据评估结果采取医学跟踪干预；将本次潜在摄入产生的内照射剂量纳入个人年度总剂量统计，与外照射剂量叠加评价。

⑤污染清理与废物管理

待空气中氚浓度显著下降后，由专业人员开展表面去污；采用清水、中性去污剂有序擦拭，遵循由低污染区向高污染区清理原则，避免扩大污染范围。

擦拭废液、污染抹布、防护用品、报废吸附分子筛等全部分类密封，作为含氚放射性固废，存入放射性废物暂存库，委托有资质单位处置，不得随意丢弃。

⑥上报、故障修复与复工条件

发生辐射事故，按照法规时限向生态环境主管部门、卫健部门上报事故信息；组织技术人员排查泄漏点、检修/更换失效氚净化装置，完成密封性试验、净化效率验证。

满足以下全部条件方可恢复生产：泄漏隐患彻底消除，系统气密性检测合

格；氚净化装置性能指标恢复设计要求；工作场所空气氚浓度恢复正常本底；人员污染去污完成，人员剂量评估工作闭环。

⑦事后总结与预防优化

事故处置完成后开展事件复盘，完善设备定期巡检制度；增加氚净化装置吸附材料更换频次、在线监测系统定期校准；组织专项应急演练，优化人员疏散、去污、取样监测流程。

（3）实施人员培训与演练

1）培训

中陕核（西安）中子科技有限公司现有辐射事故应急预案中已规定的应急响应指挥部和各专业组人员均需要接受全面的培训，了解国家和地方对辐射应急准备和响应的要求和相关基本知识、了解各应急岗位的基本职责，掌握本岗位的技能要求，培训方式包括参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台和本单位组织的相关培训。

承担应急任务的人员每年应至少参加一次本项目辐射事故专项应急预案的培训学习，熟悉事故类型、危害与处置程序，使之正确理解应急响应要求，有效执行应急响应。应急培训应形成记录并保存。

2）演练

计划每年一次开展针对充氚过程辐射事故专项应急预案的应急演练，使相关人员熟悉应急预案、应急处置方案，并能有序、协调配合；每次演练后，针对演练中发现的问题，及时对应急预案加以必要修改和完善，以提高应对突发辐射异常事故的应急处置能力。

（4）预案评估与修正

应急领导小组应制定预案评估标准和方法，明确演练结束后应对预案实施效果进行全面评估，根据评估结果及时总结经验教训，对应急预案和演练方案进行修订和完善。修订完善内容应包括：对演练准备情况的评估；对预案有关程序、内容的建议和改进意见；对训练、防护器具、抢救设施等方面的建议；对领导决策的建议等。

预案评估标准可兼具以下几方面：

1）预案应具有全面性，应涵盖辐射事故的多个方面，包括事故分类、应急

小组组建、人员职责分配、应急措施制定等关键环节，体现了对辐射事故应对的系统性思考，能够较为全面地模拟真实事故场景，为实际应对提供参考。

2）预案应具有针对性，针对氚化铀罐丢失或被盗、氚气泄漏、氚尾气净化装置失效等辐射事故类型，并分别制定具体的应急措施。能够有效指导应急人员快速、准确地应对不同类型的事故，减少事故损失。

3）预案应具有可操作性，应明确应急小组各成员的职责，以及应急人员培训和应急物资保障等内容，为演练的顺利开展提供清晰的操作指引，提高应急响应效率和演练效果。同时要求事故经过和处理情况详细记录、建档，便于总结经验教训，持续改进应急预案。

4）预案应符合相应法规，符合国家对辐射安全管理的法律法规要求，如要求从事辐射安全管理的人员和从事辐射工作的人员参加环保部门组织的上岗培训，持证上岗等，确保演练的合法性和合规性，为实际应对辐射事故奠定了基础。

（5）预案整体评价

1）全面性

事故类型覆盖广泛：预案涵盖了多种可能发生的辐射事故类型，如氚化铀储罐丢失、被盗、氚气泄漏、氚尾气净化装置失效等，基本包含了充氚过程中可能出现的各种典型事故场景。

应急响应环节完整：从事故的监测、报警、信息报告，到应急响应的启动、现场处置、人员救援、环境监测，再到事故的终止、后续恢复和总结等各个环节都有明确的规定和流程，确保在事故发生时能够有条不紊地开展各项应急工作。

2）针对性

针对每种具体的事故类型，都制定了详细的现场处置行动方案，体现了对不同事故特点的专业应对。

4）可操作性

组织架构清晰：明确了应急组织机构及职责，包括应急指挥部、应急响应小组等的岗位和职责。这种清晰的组织架构划分有助于在事故发生时，各相关人员和部门能够迅速明确自己的职责，快速响应，避免出现混乱和职责不清的

情况。

具体操作流程明确：预案中对各项应急行动的操作流程进行了详细规定，如应急响应的启动条件、应急状态终止条件、信息报告的格式和程序等。这些具体的操作流程为应急人员提供了明确的行动指南，便于在实际操作中快速执行。

5）预防与准备充分

应急能力维持措施完善：包括应急培训计划、应急物资装备保障等内容。通过定期的应急培训，能够确保应急人员熟悉应急预案和操作流程，提高应急处置能力；充足的应急物资装备则为应急行动的顺利开展提供了物质基础。

风险评估与预防措施：在预案编制过程中，对甲级非密封工作场所充氚过程可能存在的辐射风险进行了评估，并在此基础上制定了相应的预防措施。这种预防为主的理念有助于从源头上减少辐射事故的发生概率，提高核技术利用的安全性。

6.5 年度评估

6.5.1 年度评估报告制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）第十二条的规定，中陕核（西安）中子科技有限公司对其放射性同位素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。

6.5.2 年度评估报告内容

评估报告至少包括如下内容：

（1）辐射安全和防护设施的运行与维护

提供公司对主要安全和防护设施的定期检查情况（包括年检、半年检、月检及日检查等）和试验情况进行描述（包括相关制度的建立和实际执行情况）。将定期检查和试验的记录作为年度评估报告的附件提交。公司同时对安全和防护设施的故障情况、维修情况进行描述。

（2）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况

本部分应提供公司制定的所有最新版的辐射安全和防护制度目录（单位应

根据最新的法律法规要求及工作需要及时更新辐射安全和防护制度），并对公司各项制度的完善、落实情况进行描述、评价。

同时应对公司的辐射安全和防护制度建立的各种档案（包括许可证申请材料、辐射环境监测档案、个人剂量监测档案等）的管理情况进行描述、评价，并对档案管理中存在的问题（如是否存在档案缺失、遗失等问题）及所作出的改进作出描述。

（3）辐射工作人员及接受辐射安全培训情况

本部分应提供公司所有辐射工作人员的名单，按辐射工作人员清单要求详细填写。同时提供单位所有辐射工作人员的变动包括新进人员，离退休及辞职人员、工作岗位调整的人员，以及接受相关岗位相应级别的辐射安全和防护培训（包括内部培训和外部培训）的情况。此外，还应该提供单位目前注册核安全工程师的培养工作进展。

（4）台账信息情况

本部分对单位现有氚靶（自成靶成品）、氚化铀储罐的数量和活度进行准确描述，并将台账清单作为年度评估报告的一部分（数量较多时应采用附件形式，并对附件加以说明）。

本年度内如有放射性同位素的进出口，应将相应的批准手续材料作为年度评估报告的附件一并提交。

（5）提供场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据

1）辐射环境监测

包括单位内部自行进行的外环境监测及委托有资质的辐射环境监测机构出具的监测报告，对监测数据及报告进行记录存档。

2）个人剂量监测及健康管理

包括个人剂量监测报告及本单位管理部门对监测结果的评价意见。对个人剂量监测中，发现有异常的监测数据，必须提供经职工本人签字认可的调查报告及相关文件。（“异常”是指：某次监测结果超过批准的剂量限值；或者虽然没有超过剂量约束值，但是与其他月份相比或与其他类似岗位工作人员相比，有较明显的升高；或者超过年剂量约束值。）

对辐射工作人员进行职业健康评价，公司应当组织所有辐射工作人员定期

进行职业健康体检，职业健康体检包括上岗前、在岗期间、离岗时、受到应急照射或者事故照射时的健康检查，以及职业性放射性疾病患者和受到过量照射的辐射工作人员的医学随访观察；辐射工作人员在岗期间职业健康检查周期为1～2年，但不得超过2年，必要时可适当增加检查次数。公司对所有从事辐射工作的工作人员建立并终生保存职业健康监护档案，并有专人负责管理。

（6）辐射事故及应急响应情况

本部分对单位辐射事故应急管理作出评价，对本年度是否发生过辐射事故及其处理情况作出评价，对应吸取的经验教训作出描述。对单位辐射事故应急能力的维持情况（包括应急物资的配备、应急培训及演习等）进行描述及评价。

6.6 核安全文化

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

中陕核（西安）中子科技有限公司已建立辐射安全管理体系，承诺完善辐射安全保障机构，进一步明确单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于生产（运营）和管理的各个环节；持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化的建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

6.7 从事辐射活动能力的分析

原国家环保部2008年发布的《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》

（原环保部第 3 号令）第十六条提出了使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备的八个条件，原环保部 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》（原环保部第 18 号令）也对放射性同位素、射线装置的安全与防护管理提出了要求。下面分别就生态环境部提出的相关要求及中陕核（西安）中子科技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，具体见表 6-6。

表 6-6 原环保部第 3 号令、第 18 号令、SY/T5419-2007 要求及本项目达到条件对照表

法规要求		单位情况	符合情况
《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	（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；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	建设单位已设有专门的辐射安全防护管理机构，总经理为组长，配备 1 名辐射防护专职管理人员，本科以上学历，负责辐射安全与环境保护管理工作，相关负责人为组员。 为满足本项目甲级非密封工作场所的需求，调整辐射安全与环境保护管理小组成员，并配备辐射安全关键岗位两个，分别由注册核安全工程师担任。	符合
	（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。	中陕核（西安）中子科技有限公司共有辐射工作人员 9 名。本项目安排 2 名辐射工作人员，为新增辐射工作人员，尚未取得培训合格证书，承诺参加培训并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格单后方可上岗作业，保证 100%持证上岗。	符合
	（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。	辐射工作场所设计有相应的屏蔽措施和相应的安全措施。氚化铀储罐放置在充氚室的手套箱内，充氚室出入门设置报警装置，设置人脸识别装置及电控锁，无关人员无法进入。	符合
	（四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目充氚室设置气体操作阀门，紧急情况下可有效防止误操作及意外照射。充氚室入口处按照国家有关规定设置明显的电离辐射安全警告标识，提醒公众人员防止误入。本项目设置控制区，并加装门禁，防止无关人员进入控制区。	符合
	（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。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染检测仪。	本项目配备以下防护用品：铅衣 2 套、铅帽 2 套、铅眼镜 2 套、铅围裙 2 套；并配备一次性防护服、一次性帽子、鞋套、口罩若干。配备便携式空气中氚监测仪 1 台、固定式氚监测仪 3 台、氚表面污染监测仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台、个人剂量计 2 套。	符合

	（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	本项目已制定相关制度，并承诺在日后的工作实践中，根据核技术应用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度执行。	符合
	（七）有完善的辐射事故应急措施。	制定了专门的《辐射事故应急预案》。	符合
	（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。	本项目充氚室、手套箱维持负压，一般情况下不会发生氚气泄漏，设置氚尾气净化系统，净化后排入排风管路；充氚操作后产生的废手套、口罩、棉纱等作为放射性固体废物收集进入放射性固体废物箱，并委托有资质单位定期清运处理。事故状态下产生放射性废液 190L，事故情况按照 1 次/年的产生频率。设计有 2 个废液罐进行储存，储存容量 200L，满足要求。建设单位委托有资质单位对废液进行检测，检测放射性活度满足要求后按要求排放，如检测不合格则委托有资质单位处理。	符合
《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》	放射性同位素和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。	本项目充氚室设置气体操作阀门，紧急情况下可有效防止误操作及意外照射。充氚室入口处按照国家有关规定设置明显的电离辐射安全警告标识，提醒公众人员防止误入。本项目设置控制区，并加装门禁，防止无关人员进入控制区。	符合
	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，并对检测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行检测能力的，可以委托给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检测。	建设单位定期对工作场所及周围环境进行自行监测，并且委托有资质的环境检测机构每年对环境和工作场所周围的辐射水平进行检测。	符合
	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。	承诺每年按照法规要求的时间节点及时提交年度评估报告。	符合
	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。	本项目上岗的辐射工作人员均佩戴个人剂量计进行个人剂量监测，承诺发现个人剂量监测结果异常的，将立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	符合

由上表可知，本项目满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》

（原环保部第 3 号令）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令）的相关要求。

6.8 “三同时”验收

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院 682 号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目“三同时”验收内容和要求见表 6-6。

表 6-7　建设项目环境保护“三同时”验收一览表

验收项目	验收内容及要求
剂量限值/剂量约束值	（1）参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h”的要求。本项目氚操作设备外表面 30cm 处、充氚室屏蔽层外表面 30cm 处、放射性固废箱外表面 30cm 处、放射性废物间、中子发生器及氚材料贮存库外 30cm 处、放射性废液储罐、周围剂量当量率限值取 2.5μSv/h。 （2）职业工作人员的个人年受照剂量不超过 5mSv/a，公众人员的个人年受照剂量不超过 0.1mSv/a。 （3）氚和氚化水的表面污染控制水平，控制区工作台、设备、墙壁、地面表面污染水平管理限值为 400Bq/cm^2，监督区工作台、设备、墙壁、地面表面污染水平管理限值为 40Bq/cm^2。工作服、手套、工作鞋表面污染水平管理限值为 40Bq/cm^2。手、皮肤、内衣、工作袜表面污染水平管理限值为 4Bq/cm^2。
充氚室防护措施	（1）充氚室四周屏蔽墙为 240mm 厚实心砖，屋顶为厚度 150mm 厚混凝土（密度不低于 2.35g/cm^3）。 （2）充氚充氚装置手套箱顶部、底部及四侧为 2mm 钢板，铅玻璃厚度为 5mm，铅手套为 0.6mmPb。
防护与安全措施	（1）设置控制区和监督区，控制区进、出口防护门上张贴电离辐射警示标识及中文警示说明。工作场所进行分区，控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时尽量减少在控制区内停留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内将尽量限制无关人员进入。控制区出入口设置门禁，张贴电离辐射警告标识，控制区内设置监控。 （2）充氚室防护门上设置工作状态指示灯，设置“门-灯联锁”和闭门装置。充氚室人员进出门外、库房门外、放射性固体废物暂存间门外拟设置电离辐射警告标志并附中文说明。在氚化铀屏蔽容器表面、库房保险柜表面、放射性固体废物收集桶表面张贴规范的电离辐射标志。 （3）充氚室设置报警装置和 24 小时视频监控，设置人脸识别装置及电控锁，确保放射性物质始终安全可控。中子发生器及氚材料贮存库、放射性固废间出入门设置报警装置，设置人脸识别装置及电控锁，无关人员无法进入。 （4）建立详细完整的台帐记录，以及放射性废物处置记录，确保放射性物质始终账物相符。 （5）手套箱内设置 1 台固定式氚监测仪，充氚室内手套箱外设置 1 台固定式氚监测仪，充氚室内氚净化系统内设置 1 台氚排放监测仪，在检测去污间内配备 1 台便携式空气中氚监测仪和 1 台氚表面污染监测仪。 （6）充氚室内墙角处、人员通过门、货物通过门、传递窗处、放射性固废间内、中子发生器及氚材料贮存库内均设置摄像头。 （7）在检测去污间内下水口设置 2 个容积为 200L 的放射性废水罐来收集事故状态下产生的辐射工作人员去污水（含氚放射性废液），一用一备。废液罐张贴电离辐射警告标识，在唯一出入口处张贴电离辐射警告标识。 （8）设置排风，充氚室内设置 3 套排风系统，始终保持充氚室负压状态。 （9）设置 1 间放射性废物间，在氚储存间东侧走廊设置放射性固体废物箱，

	工作人员穿戴防护服、手套、口罩，使用后作为放射性固体废物收集贮存，废弃的分子筛作为放射性固废收集贮存，并委托有资质单位定期收贮。生产过程中产生的中子管废品，保持完整性，不进行拆解，暂时贮存于中子管及氚材料贮存库，经负压密闭手套箱脱氚后由有资质单位收贮。 （10）拟配备个人剂量计 2 套，个人剂量报警仪 2 台。
规章制度	制定较为齐备的辐射防护规章制度，各项管理规章制度得到落实，记录完备，制度成册或上墙。
应急预案	有完善的辐射事故应急措施。
培训和考核	本项目安排 2 名工作人员，为新增辐射工作人员，尚未取得培训合格证书，承诺参加培训并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格单后方可上岗作业，保证 100%持证上岗。关键岗位配备注册核安全工程师。
个人剂量档案	所有辐射工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康监护，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案，个人剂量档案终生保存。
防护用品	配备工作人员个人防护用品：铅衣 2 套、铅帽 2 套、铅眼镜 2 套、铅围裙 2 套；并配备一次性防护服、一次性帽子、鞋套、口罩若干。

7 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

7.1.1 社会效益

中子发生器是一种重要的实验设备，广泛应用于核物理、材料科学、生命科学等领域的研究。随着科学技术的不断进步，对中子发生器设备性能和功能的需求也越来越高，为中子发生器行业的发展提供了动力。随着科技的不断发展和应用领域的扩展，中子发生器的需求可能会不断增加，投资规模可能会相应扩大。

本项目为氘-氚中子发生器配套的中子管充氘氚混合气工序，因此，本项目的建设将具有较好的社会效益。

7.1.2 经济效益

本项目建成后，有利于就业或再就业，本项目的发展为社会提供了一定就业机会，随着中陕核（西安）中子科技有限公司业务范围的进一步扩大，可使更多的核技术从业人员参加工作，为保障社会安定起到积极作用。随着中子技术的发展，也将为中陕核（西安）中子科技有限公司创造更大的经济效益。

7.2 代价分析

本项目产生的负面环境影响主要为电离辐射，但通过采取措施，可以将其影响控制在国家相关标准限值以内。虽然本工程的施工和运营会对周围环境产生一定的影响，但采取一定的环保措施后，这些影响在一定程度上将得以减轻或消除。

本项目的经济代价主要包设备设施投资和环保投资两个方面的成本。运营过程中消耗一定量的电能、水资源，项目资源消耗量相对区域资源利用量较少，符合资源利用上线要求。

7.2.1 经济代价分析

本项目总投资为 600 万元，环保投资 110 万元。

7.2.2 环保投资分析

本项目环保投资主要用于辐射、废气、废液、固废、噪声的治理等。环保投资与设施概算具体见表 7-1。本项目环境保护设施投资情况见下表。

表 7-1 项目环保投资一览表

污染类型	项目	主要设备	投资估算（万元）
辐射污染	氚气、γ射线、β表面污染	便携式空气中氚监测仪1台、个人剂量报警仪2台，氚表面污染监测仪1台	15
		手套箱、铁质钟罩	5
		配备工作人员个人防护用品：铅衣2套、铅帽2套、铅眼镜2套、铅围裙2套；并配备一次性帽子、鞋套、口罩若干	5
	放射性废水	放射性废液罐	2.5
	放射性固废	放射性固体废物收集箱、放射性废物暂存间	2.5
	充氚室内废气	氚尾气净化装置	50
监测费用	外照射剂量率（X-γ辐射剂量率）	结合工程竣工环保验收开展1次监测，后期按照要求定期监测	30
	表面污染水平（β表面污染）		
	放射性气溶胶活度浓度（^{3}H）		
	土壤、地表水、底泥（总β活度浓度）		
共计			110

7.3 正当性分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“4.3.1 实践的正当性 4.3.1.1 对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。”通过对本项目的利益和代价的简要分析，考虑经济、社会、环境各方面的因素，利益大于代价，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的“实践的正当性”，说明本项目满足正当性要求。

8 结论与建议

8.1 项目工程概况

中陕核（西安）中子科技有限公司拟在1#研发楼一层生产区东北角建设1间充氚室，同时建设更衣室、检测去污间、缓冲间等配套用房，为工作人员提供必要的可更换衣物和表面污染监测设备，充氚区域设置中子发生器及氚材料贮存库，用于贮存中子管和中子发生器，在中子发生器及氚材料贮存库东北侧设置放射性固废箱，用于贮存手套、口罩及棉纱等放射性固体废物；在充氚室内将氘氚混合气充入氘-氚真空管（留有充气口），生产氘-氚中子管（自成靶），该场所为甲级非密封放射物质工作场所。

8.2 辐射安全与防护

（1）辐射防护措施

1）充氚工艺采用了实体屏蔽及人员距离屏蔽，β射线及韧致辐射所造成的辐射影响较小。氚气操作时可通过氚净化系统将放射性气体影响降至最低。

2）整个充氚过程均采取全自动控制系统，同时整个项目采取安全联锁系统、剂量监测系统等安全保卫系统进行控制。

3）对非密封工作场所、放射性三废存放等区域张贴警示标识，对辐射工作场所划分为控制区和监督区，并确定人流物流路线，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

4）本项目配备的便携式空气中氚监测仪、氚表面污染监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式氚监测仪等监测仪器能够满足辐射安全监测的要求。

5）本项目规定了严格的个人防护措施，保证工作人员尽可能地缩短受照时间、合理降低受照剂量，并对工作人员进行上岗培训提高其防范意识。

（2）环境保护措施

1）施工期间采取的环保措施主要包括：施工扬尘采取洒水、覆盖等措施；废水回用于洒水降尘；施工垃圾集中收集，交由环卫部门统一处理；施工噪声采取合理安排施工时间、距离防护等措施。

2）运行期间采取的环保措施包括：项目运行期间产生的放射性固体废物暂存于固废收集箱，交由有资质单位收贮。放射性废液暂存于废液罐，检测活度满足要求后排放，如检测不合格则委托有资质单位处理。发生放射性气体泄漏由氚尾气净化装置处理后由排风装置排出室外。

产生的生活污水进入污水管网，生活垃圾设垃圾桶集中收集交由环卫部门统一处理，产生的噪声通过建筑隔声等措施降低噪声的影响。

经过上述措施后，各项影响因素对环境的影响较小。

8.3 环境影响分析

8.3.1 施工期环境影响分析结论

对施工过程产生的扬尘、建筑垃圾、施工噪声、施工污水、生态环境影响进行了分析，在施工期采取有效的环境保护措施和做好施工管理前提下，项目施工期对环境影响是可以接受的。

8.3.2 运营期环境影响分析结论

（1）工作场所剂量率水平

①源的贮存及充氚操作

在现有屏蔽结构完整投用条件下，氚源罐表面外侧 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h；充氚作业工况下，中子管外侧 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h，充氚室屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率同样小于 0.001μSv/h，均满足辐射工作场所周边 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 的控制要求，韧致辐射外照射水平可控。

②工作人员作业位置

对工作人员常规作业位置辐射水平进行核算，中子管外侧 1m 处、氚源罐外侧 1m 处，以及工作人员开展充氚管路连接、断开等操作过程中的综合辐射剂量率均小于 0.001μSv/h，作业人员站位处韧致辐射剂量水平极低，职业外照射影响可忽略。

③中子管贮存及转移

中子管在库内贮存状态下，屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h；中子管转运过程中，设备外表面 50cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h，满足项目辐射剂量控制限值要求，贮存及转运过程韧致辐射环境风险极低。

④放射性“三废”贮存设施

项目放射性固体废物箱配套屏蔽结构投用后，箱体外侧 30cm 处辐射剂量率小于 0.001μSv/h，符合辐射剂量控制标准要求，三废暂存环节韧致辐射对外环境无明显影响。

（2）人员受照剂量

在运行过程中，本项目 500m 范围内公众有效剂量最大值为 2.16×10^{-3}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的 1mSv/a 公众照射剂量限值，同时低于本次评价确定的 0.1mSv/a 的公众剂量约束值。本项目辐射工作人员有效剂量最大值为 0.056mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的 20mSv/a 的职业照射剂量限值，同时低于本次评价确定的 5mSv/a 职业照射剂量约束值。

（3）废水

生活污水产生后进入市政管网，排入当地污水处理厂进行处理。

运营过程中产生的事故放射性废液统一收集至专用废液罐中暂存，待水质检测合格后，依规开展排放作业；若废液检测结果不达标，则全程委托具备对应放射性废物处置资质的专业单位进行无害化处理，杜绝不合格放射性废液外排，有效控制放射性废液对周边环境的影响。

（4）废气

项目充氚室配套设置独立机械排风系统，室内进风管路与排风管路分开布设、互不干扰，同时通过参数调控使排风流量始终大于进风流量，保证充氚室长期维持负压运行状态，可有效防止室内含氚废气外逸扩散。此外，充氚管路专门配置废气净化装置，能够高效吸附管路内残留的氚气，大幅降低含氚废气排放浓度，最大限度减小放射性废气的环境影响，废气排放可满足相关环保管控要求。

（5）固体废物

项目充氚作业过程中产生的废弃工作服、防护手套、口罩、棉纱，以及氚净化系统更换产生的废弃分子筛等，均属于放射性固体废物。项目设置专用放射性

固体废物收集箱，对各类放射性固废进行分类收集、集中贮存，贮存设施可满足放射性固废暂存规范要求，后期定期委托具备法定处置资质的单位统一收贮处置。生产过程中产生中子管废品，统一存放于中子发生器及氚材料贮存库专用中子管废品存储柜内，实行分区、分类、上锁管控，经负压密闭手套箱脱氚后产生的废中子管委托具备放射性废物处置资质的单位收贮处置。废弃氚化铀储罐不自行处置，全部由原生产厂家统一回收处理，职工生活垃圾定点收集后交环卫部门统一处理。

各类固体废物均可得到合规管控与处置，不会对周边环境造成污染影响。

（6）噪声

本项目运行时主要噪声源为真空系统、氚气供给系统、加热与温控系统、氚净化系统、风机等。本项目选用低噪设备，正常运行时通过距离衰减，对厂界及声环境保护目标的噪声影响很小。满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类要求。本项目噪声对区域声环境影响轻微。

（7）事故风险分析

本项目潜在辐射事故主要为氚气泄漏等典型辐射事故，事故发生后可能对现场作业职业人员造成内照射辐射影响，项目可诱发的辐射事故风险等级判定为一般辐射事故。项目通过落实各项工艺防控、通风净化、废物管控及安全防护措施后，整体辐射事故风险可防、可控、可接受。公司已编制完成辐射事故应急预案及专项安全管理制度，体系内容全面、防控措施科学可行。后续需进一步细化完善预案内容，严格落实全员培训与常态化制度执行，规范现场作业管理，有效防范、减少各类辐射突发事件及辐射事故发生，保障项目辐射环境安全与人员职业安全。

8.4 辐射安全管理

公司已设立专项辐射安全与环境保护管理机构及辐射事故应急机构，明确各级岗位人员职责，建立完善的内部监督管理体系。结合本项目为甲级非密封放射性工作场所的建设运行需求，公司将优化调整辐射安全管理小组人员配置，设置两名辐射安全关键岗位，均由注册核安全工程师任职，可满足项目甲级工作场所辐射安全管控资质与管理能力要求。

公司已建立完善的辐射防护专项管理制度体系，后续将结合本项目实际工况、作业流程及甲级非密封工作场所管理规范，持续修订、补充和完善各项规章制度，并严格落地执行，实现项目辐射作业全流程规范化管理。

人员管理方面，本项目新增辐射工作人员均需在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台完成专项培训，考核合格、取得对应资质后方可上岗作业。所有在岗辐射工作人员需全程佩戴个人剂量计，个人剂量数据按规范定期送检存档，严格落实职业辐射剂量管控。项目人员配置、资质管理及职业防护措施均满足核技术利用项目安全管理要求。

监测管理方面，项目配套设置完善的辐射剂量监测体系，拟制定常态化监测管理制度，涵盖工作人员个人剂量监测、工作场所辐射水平监测、工艺流出物监测及周边环境辐射监测，全方位覆盖项目运营全过程，可精准掌握项目辐射环境状况，有效防控辐射环境风险。

综上，本项目从管理机构设置、规章制度建设、人员资质管控到辐射监测体系配置均满足甲级非密封放射性工作场所的辐射安全管理相关规范与要求，项目辐射安全管理体系完整、可行可控。

8.5 总结

综上所述，中陕核（西安）中子科技有限公司新增甲级非密封工作场所项目，在严格落实本环评报告提出的各项污染防治措施、辐射防护措施及安全管理制度的前提下，项目建设及运营过程中对作业人员及周边环境产生的辐射影响均符合国家辐射安全与环境保护相关标准及规范要求，项目辐射环境影响整体可控、可接受。建设单位具备开展本项目辐射活动的专业技术能力、辐射安全防护能力及环境管理能力。因此，从辐射安全和生态环境保护角度分析，本项目的建设具备环境可行性。

8.6 建议和承诺

8.6.1 建议

（1）严格落实环境保护“三同时”制度，确保项目各类污染治理设施、辐射防护设施与主体工程同步设计、同步施工、同步投入使用，保障环保及防护设施完好有效、稳定运行。

（2）项目运营期间，严格执行本环评明确的各项环境保护及辐射防护管控措施，项目整体验收合格后方可正式投入运行，最大限度降低项目运营对区域辐射环境及生态环境的影响。

（3）建立设备常态化运维管理制度，定期开展环保设施、通风净化设备、辐射监测设备的检修、维护与校准工作，确保各类设施设备长期稳定运行，保障污染治理及辐射防控效果。

（4）持续强化人员职业健康管理，定期组织辐射工作人员开展专项技能培训、辐射安全警示教育及个人剂量监测，完整留存培训、监测及台账记录，规范职业辐射防护管理。

（5）常态化开展辐射安全与环境保护科普宣传工作，主动加强与周边公众的沟通交流，及时解答公众关切，营造良好的项目运营环境。

8.6.2 承诺

为切实保护区域生态环境、保障工作人员及周边公众辐射环境安全，中陕核（西安）中子科技有限公司郑重作出如下承诺：

（1）持续加强辐射防护相关法律法规、行业规范及技术标准的学习与落实，不断提升企业辐射安全管理水平和风险防控能力，筑牢辐射安全防线。

（2）严格落实人员持证上岗制度，定期组织辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护专项培训，所有人员考核合格后方可上岗作业，杜绝无证上岗、违规作业行为。

（3）严格按照本次环评报批内容及方案开展项目建设，不擅自变更建设内容、工艺参数及辐射作业规模。项目竣工后，严格按照国家法律法规及规范要求及时开展竣工环境保护验收，验收合格后方可投入正式运营。若项目建设过程中发生内容变动，将严格按规定及时履行相关变更、报批及备案手续。

（4）自觉接受生态环境主管部门的日常监督、现场检查与常态化监管，主动配合开展各项核查、监测及督查工作，严格落实各项整改要求。

（5）严格执行年度评估报告制度，按规范完成年度辐射安全与防护自查工作，于每年 1 月 31 日前向发证主管部门如实提交单位辐射安全和防护年度评估报告。

附图

附图 1 地理位置图

附图 2 周边关系图

附图 3 厂区一层平面布置图

附图 4 充氚室平面布置图

附图 5 充氚室楼上夹层平面布置图

附图 6 陕西省环境管控单元分布图

附图 7 陕西省主体功能区划

附图 8 陕西省生态功能区划

附图 9 西咸新区规划管控图

附图 10 沣西新城土地利用规划图

附件

附件 1 营业执照

附件 2 房屋租赁合同

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 原有核技术利用项目环评手续

附件 5 辐射事故应急预案备案表

附件 6 职业健康检查个人结果告知书

附件 7 成绩合格单

附件 8 委托书

附件 9 监测报告