

核技术利用建设项目
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
伤机核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位：中陕核（西安）中子科技有限公司
评价单位：核工业二〇三研究所
编制日期：二〇二六年一月

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
探伤机核技术利用建设项目
环境影响报告表

中陕核（西安）中子科技有限公司（盖章）



生态环境部监制

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
探伤机核技术利用建设项目
环境影响报告表



建设单位名称（盖章）：中陕核（西安）中子科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：西安市国家民用航天产业基地航天大道 396 号中陕核工业集团公司 1 棟办公主楼 210 室

邮政编码：710199

联系人：刘明泽

电子邮箱：

联系电话：

打印编号: 1768879037000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	0mms4p
建设项目名称	使用中子发生器野外测井及维修X射线探伤机核技术利用建设项目
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表

一、建设单位情况

单位名称 (盖章)	中陕核(西安)中子科技有限公司
统一社会信用代码	91610138MADNH5X83H
法定代表人 (签章)	张鹏
主要负责人 (签字)	宋磊
直接负责的主管人员 (签字)	邹阳

二、编制单位情况

单位名称 (盖章)	核工业二〇三研究所
统一社会信用代码	12100000435630837Y

三、编制人员情况

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
王薇	10356143507610007	BH008703	王薇

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王薇	辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH008703	王薇
赵奎	项目基本情况、评价依据、保护目标和评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程	BH012466	赵奎

中华人民共和国
事业单位法人证书
(副本)

统一社会信用代码 12100000435630837Y



有效期 自 2024年08月16日 至 2029年08月15日

名 称 核工业二〇三研究所

宗 旨 和

开展核地质调查，促进国家建设。 地质学研究 固体矿产勘查
地质实验测试（岩矿测试） 区域地质调查 地球物理勘查 地质
钻探 矿产资源开发利用 地质灾害治理工程勘查 地质灾害危
险性评估 建设项目环境影响评价 遥感应用开发服务 相关技术开
发 仪器研制与会议接待服务 相关分析测试及工艺研究 测绘
航空摄影 地理信息系统工程建设 工程测量与不动产测绘
相关地图编制 相关环保竣工验收服务 相关检验检测

业 务 范 围

住 所 陕西省西咸新区沣东新城科源三路869号

法定代表人 王乐力

经费来源 上级补助、事业、经营收入

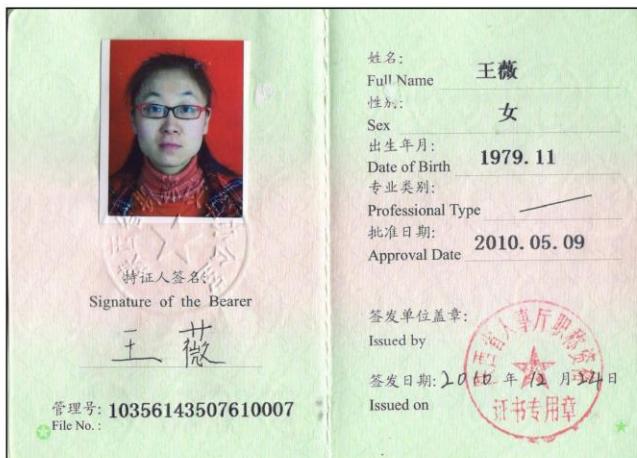
开办资金 ￥15000万元

举办单位 中国核工业集团有限公司

登记管理机关



国家事业单位登记管理局监制



机关事业单位职工基本养老保险参保缴费证明

单位编号：321253

单位名称：核工业二〇三研究所

个人编号：4002564655 金额单位：元（保留到分）

社会保障号码	5	姓名	王薇	性别	女	参加工作时间	20040709	个人账户累计存储额	174,445.52
年份	缴费开始年月	缴费终止年月	缴费月数	单位名称					当年记账金额
2026	202601	202601	1	核工业二〇三研究所					968.32
2025	202501	202512	12	核工业二〇三研究所					9,851.16
2024	202401	202412	12	核工业二〇三研究所					16,469.16
2023	202301	202312	12	核工业二〇三研究所					16,469.16
2022	202201	202212	12	核工业二〇三研究所					12,001.32
2021	202101	202112	12	核工业二〇三研究所					10,924.32
2020	202001	202012	12	核工业二〇三研究所					10,690.32
2019	201901	201912	12	核工业二〇三研究所					10,628.04
2018	201801	201812	12	核工业二〇三研究所					11,686.20
2017	201701	201712	12	核工业二〇三研究所					5,292.48
2016	201601	201612	12	核工业二〇三研究所					13,247.28
2015	201501	201512	12	核工业二〇三研究所					11,995.44
2014	201401	201412	3	核工业二〇三研究所					2,931.18



社会保险经办机构名称：陕西省机关事业单位社会保险基金管理中心

社会保险经办机构（章）

经办时间：2026年01月22日



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	25
表 9 项目工程分析与源项	28
表 10 辐射安全与防护	39
表 11 环境影响分析	53
表 12 辐射安全管理	71
表 13 结论与建议	78
表 14 审批	81

- 附件 1、委托书
- 附件 2、原有辐射安全许可证
- 附件 3、项目原有环评批复
- 附件 4、原有辐射工作人员体检、取证情况
- 附件 5、应急预案备案
- 附件 6、场所现状监测报告
- 附件 7、信用承诺书
- 附件 8、信息公开说明

表 1 项目基本情况

建设项目建设项目名称	使用中子发生器野外测井及维修 X 射线探伤机核技术利用建设项目						
建设建设单位	中陕核（西安）中子科技有限公司						
法人代表	张鹏	联系人	刘明泽	联系电话			
注册地址	陕西省西安市国家民用航天产业基地航天大道 396 号中陕核工业集团公司 1 幢办公主楼 210 室						
项目建设地点	测井项目地点：油田测井现场（非固定场所） X 射线探伤机维修地点：西咸新区沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼一层						
立项审批部门	/		批准文号	/			
建设项目建设项目总投资（万元）	600	项目环保投资（万元）	30	投资比例（环保投资/总投资）	5%		
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	1200		
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类				
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类				
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物				
		<input type="checkbox"/> 销售	/				
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙				
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类				
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类				
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类				
其他						/	
1.1 单位简介							
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，并开展其他核仪器仪表及射线装置的研发、维修、销售等。							
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研研发，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 项目由来

为了扩大业务范围，中陕核（西安）中子科技有限公司拟在西咸新区沣西新城秦创原创新生态城的1#研发楼一层开展X射线探伤机设备维修（维修过程不进行X射线出束），维修完成后借助1#研发楼一层地勘测井设备实验室进行出束调试（地勘测井设备实验室X射线探伤机、中子发生器出束测试不同时开展），出束测试完成后放置在联合调制区西南角库房内的维修后存放区，并根据委托情况按时交回给用户方。除此之外，公司拟组建1组测井队伍，使用公司自行生产的两种型号中子发生器（ZZKJ-FSQ-DD测井用氘氚中子发生器、ZZKJ-FSQ-DT测井用氘氚中子发生器）开展油田井下测井，测井地点为全国各油田测井井场。

根据国家环保部、国家卫生和计划生育委员会总局《关于发布<射线装置分类>的公告（2017年第66号公告）》相关规定，该项目使用的中子发生器以及维修涉及X射线探伤机均属于II类射线装置。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》的规定，该项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目为“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“……使用II类射线装置……”，故应编制环境影响报告表。

中陕核（西安）中子科技有限公司于2025年11月委托核工业二〇三研究所对该公司使用中子发生器野外测井及维修X射线探伤机核技术利用项目进行环境影响评价工作（委托书见附件1）。接受委托后，我所组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘，同时收集相关基础资料，并依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关要求，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 编制目的

（1）通过收集资料以及现场监测，掌握拟开展维修X射线探伤机维修区域及周边环境天然本底辐射水平。

（2）通过环境影响评价，预测建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为工作场所的辐射屏蔽和环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(4) 提出环境管理和环境监测计划, 使该项目满足国家和地方生态环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求, 为辐射环境管理提供科学依据。

1.4 产业政策符合性及实践正当性分析

中子发生器测井属于核技术在工业方面的应用。根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》, 该项目属于“鼓励类”中“六、核能-4、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”项目, 符合国家产业政策; X射线探伤机主要用于工业压力容器无损检测, 其维修活动有助于提高设备的重复利用率, 属于《产业结构调整指导目录(2024年本)》中“鼓励类”的“十四、机械—1、科学仪器和工业仪表: ……工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备……”项目, 符合国家产业政策。

中子发生器测井是一种有效的地球物理探矿方法, 使用中子发生器野外测井, 可以得到油田含水率相关参数, 为注水驱油提供基础数据, 项目开展有助于提高油田产能, 且测井工作一般在井场地下500m深度以下进行, 对地表影响较小。X射线探伤机主要用于压力容器部件的无损检测, 有利于提升工件质量, 本项目维修X射线探伤机出束测试在地勘测井设备实验室内进行, 根据后文计算可知, 测试时地勘测井设备实验室屏蔽能力较好, 其墙体表面外剂量率远低于本底水平, 对周边环境影响较小。在综合考虑社会、经济和其他因素之后, 上述射线装置使用对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

1.5 公司原有核技术利用项目回顾

(1) 原有核技术应用项目环保手续

2024年10月8日, 中陕核(西安)中子科技有限公司在建设项目环境影响登记表备案系统填报了销售类核技术利用项目环境影响登记表, 并进行备案, 备案号: 202461011600000126。

2024年10月, 中陕核(西安)中子科技有限公司针对公司登记表备案内容申请了辐射安全许可证, 并与同年10月28日获得西安市生态环境局核发的辐射安全许可证(见附件2), 许可证陕环辐证(A2434), 许可种类和范围: 销售V类、IV类放射源, 销售II类射线装置, 销售非密封放射性物质, 许可证有效期至: 2029年10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 1.5-1~表 1.5-3 所示。

表 1.5-1 许可的放射源统计表

序号	核素	类别	活度 (Bq) /×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 1.5-2 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	活动种类	备注
1	³ H	液态	7.40E+13	销售 (不贮存)	

表 1.5-3 许可的射线装置统计表

序号	装置名称	装置数量	类别	活动种类	备注
1	中子发生器	99 台	II	销售	

2025 年 7 月, 中陕核(西安)中子科技有限公司委托核工业二〇三研究所编制《中陕核(西安)中子科技有限公司中子发生器生产、销售、使用核技术利用建设项目环境影响报告表》, 2025 年 12 月 30 日, 陕西省西咸新区行政审批服务局对该项目进行了审批(批复文号: 陕西咸审服准[2025]205 号)(见附件 3), 目前该项目正在准备建设中, 本项目维修探伤机测试机房(地勘测井设备实验室)属于该项目建设内容之一。

中陕核(西安)中子科技有限公司环评、办理辐射安全许可证手续齐全, 无遗留环保手续问题。

(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

为加强公司对辐射安全和防护管理工作, 中陕核(西安)中子科技有限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, 并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》等制度用于公司辐射安全管理，同时公司已针对可能发生辐射事故类型，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 12 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：12 人均可继续从事放射性工作。

③辐射工作人员考核成绩合格单

公司现有 12 名辐射工作人员参加了辐射防护安全知识和法律法规教育，并取得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 1.5-4。

表 1.5-4 辐射工作人员一览表

序号	姓名	类别	证书编号
1	牛飞云	放射性测井	FS25SN1300032
		科研、生产及其他	FS25SN2300023
2	柴鑫	放射性测井	FS25SN1300181
3	董荣	科研、生产及其他	FS25SN2300022
4	高磊	科研、生产及其他	FS25SN2300045
5	韩聪	放射性测井	FS25SN1300028
6	吉晓熠	科研、生产及其他	FS25SN2300021
7	刘韵洋	科研、生产及其他	FS25SN2300020
8	王家豪	放射性测井	FS25SN1300021
9	王利	科研、生产及其他	FS25QH2300008
10	王明鑫	放射性测井	FS25SN1300030
11	闫星泉	科研、生产及其他	FS25QH2300009
12	张敏	放射性测井	FS25SN1300029

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）中子科技有限公司原有核技术项目主要内容包括中子发生器（II类射线装置）、³H（放射性物质）以及 ³H、²⁵²Cf 放射源（IV、V类放射源）的销售，不进行贮存，因此公司原来不涉及放射性工作场所，公司无辐射工作场所年度检测报告，辐射工作人员未接触放射性，无个人剂量计检测报告。

1.6 本次环评项目内容与规模

1.6.1 项目简介

项目名称：使用中子发生器野外测井及维修 X 射线探伤机核技术利用建设项目

建设单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

项目内容：使用中子发生器（II类射线装置）开展油田野外测井；在 1#研发楼一层开展 X 射线探伤机维修及测试工作。

建设地点：中子发生器测井场所不固定，主要位于各油田测井井场；X 射线探伤机维修位于西咸新区沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼一层联合调制区，X 射线机出束测试在地勘测井设备实验室内进行。

项目性质：扩建

应用类型：使用II类射线装置

项目投资：600 万人民币

1.6.2 项目交通地理位置

中陕核（西安）中子科技有限公司维修X射线探伤机项目位于陕西省西咸新区沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼一层，地理位置详见图1.6-1。



图 1.6-1 中陕核（西安）中子科技有限公司地理位置图

1.6.3 项目平面布局

沣西新城秦创原创新生态城目前仅建设 1#研发楼，1#研发楼外 50m 范围内为空地，1#研发楼设计为三层建筑，二层、三层为预留区域，暂未规划用途。本项目位于1#研发楼一层，维修 X 射线探伤工作区域涉及：维修前 X 射线探伤机暂存区（位于联合调制区西南角库房内）、X 射线探伤机维修区（位于联合调制区）、X 射线探伤机测试区（即地勘测井设备实验室）、维修后 X 射线探伤机暂存区（位于联合调制区西南角库房内）；本项目中子发生器测井地点不固定，测井地点位于个油田井场，中子发生器无测井任务时拆成短节放置于专用设备箱中，贮存于中子发生器半成品及成品库内。

沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼一层总平面布置见图 1.6-2。

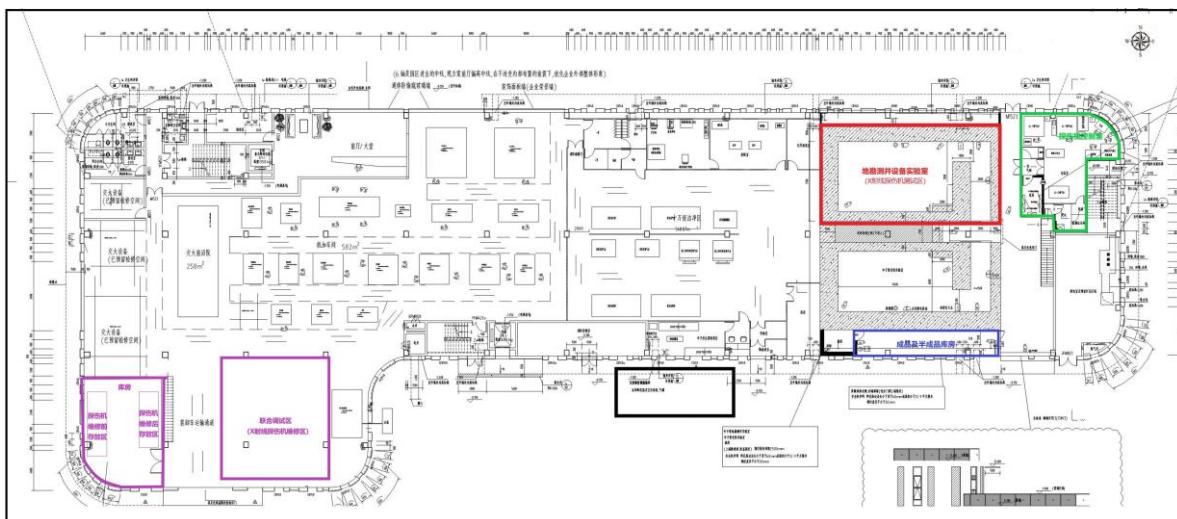


图 1.6-2 1#研发楼一层总平面布置

1.6.4 项目内容与规模

1.6.4.1 中子发生器野外测井

（1）设备概况及参数

中陕核（西安）中子科技有限公司本次拟使用自行研制生产的 2 种型号中子发生器（ZZKJ-FSQ-DD 测井用氘氚中子发生器、ZZKJ-FSQ-DT 测井用氘氚中子发生器），用于油田测井，测井工作区域位于各油田井场。其中，ZZKJ-FSQ-DD 测井用氘氚中子发生器最大管电压为 100kV，最大靶流 100 μ A，中子强度 1.0×10^6 n/s；ZZKJ-FSQ-DT 测井用氘氚中子发生器最大管电压为 100kV，最大靶流 100 μ A，中子强度 1.0×10^8 n/s，该中子发生器中子管内部含有一个氚靶，氚靶密封在严密包壳中，其最大放射性活度为 1.85×10^{11} Bq。

中陕核(西安)中子科技有限公司野外测井使用的中子发生器技术参数见表 1.6-1。

表 1.6-1 使用的中子发生器技术参数

型号、名称	数量	类别	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	靶活度(Bq)
ZZKJ-FSQ-DD 测井用氘氚中 子发生器	1 套	II	100	100	1.0×10^6	/
ZZKJ-FSQ-DT 测井用氘氚中 子发生器	1 套	II	100	100	1.0×10^8	1.85×10^{11} (氚靶)

(2) 人员编制及工作制度

中陕核(西安)中子科技有限公司本次拟配备1组测井人员，该组测井人员由4名工作人员组成(1名绞车操作工、1名测井仪器操作工、2名井口操作工)；测井过程中绞车操作、测井仪器数据采集分别由绞车操作工、测井仪器操作工专职进行仪器操作，该2名人员岗位为固定岗位，不兼职参与放射性测井其它环节相关操作；另外2名井口操作工分为1组进行中子发生器测井操作。中陕核(西安)中子科技有限公司年测井总数约200口(其中ZZKJ-FSQ-DD测井用氘氚中子发生器、ZZKJ-FSQ-DT测井用氘氚中子发生器测井各为100口)。单井打靶时间约20min，年工作时间最多为200天。单井仅选择ZZKJ-FSQ-DD测井用氘氚中子发生器、ZZKJ-FSQ-DT测井用氘氚中子发生器中一种中子发生器进行操作。当需要测量孔隙度等参数时，选择ZZKJ-FSQ-DD测井用氘氚中子发生器，当需要测量含油饱和度等参数时，选择ZZKJ-FSQ-DT测井用氘氚中子发生器。

(3) 监测仪器配备

该测井工作拟配备 γ 辐射剂量率仪1台、中子周围剂量当量率仪1台，每组测井人员使用1台 γ 辐射剂量率仪和1台中子周围剂量当量率仪用于日常监测；4名工作人员均配备个人剂量报警仪。

1.6.4.2 X射线探伤机维修

(1) 设备概况及参数

中陕核(西安)中子科技有限公司本次拟开展X射线探伤机维修及测试业务，用户方将不满足使用性能的X射线探伤机送至中陕核(西安)中子科技有限公司后，公司将探伤机放置于维修前X射线探伤机暂存区，按照维修计划在X射线探伤机维修区(联合调制区)进行维修，维修结束后在X射线探伤机测试区(即地勘测井设备实验室)进行X射线出束测试，测试完成后确认探伤机满足各项性能参数后，暂时放置于

维修后X射线探伤机暂存区，并根据交付期限，将设备交回用户方。

该项目年维修X射线探伤机数量及探伤机相关参数见表1.6-2，项目组成及建设内容详见表1.6-3。

表 1.6-2 维修的 X 射线探伤机技术参数表

序号	设备名称	维修数量 (台/年)	出束测试场所	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	出束测试时 射线方向
1	周向 X 射线探伤机	250	X 射线探伤机 测试区 (即地 勘测井设备实 验室)	400	13	向四周同时出束照 射
2	定向 X 射线探伤机	250		400	13	向西侧出束照射

表 1.6-3 项目组成及建设内容一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	X 射线探伤机 测试区 (地勘测 井设备实验室)	内部尺寸：长 11.4m，宽 7m，高 3.5m	依托地 勘测井 设备实 验室
		屏蔽部位	
		北侧、西侧墙体	
		南侧墙体	
		东侧 墙体	
		迷道内墙	
		迷道外墙	
	顶部	1800mm 厚混凝土	
	南侧防护门	10mm 钢板+200mm 水门+10mm 钢 板	
辅助工程	X 射线探伤机 维修区	位于联合调制区，长 22m×宽 15m，占地面积约 330m ² ；	/
	维修前 X 射线 探伤机暂存区	位于联合调制区西南角库房内，长 5m×宽 1.5m，占地面积 7.5m ² ；	/
公用工程	维修后 X 射线 探伤机暂存区	位于联合调制区西南角库房内，长 5m×宽 1.5m，占地面积 7.5m ² ；	/
	给水工程	由厂区供水管网接入	依托
	排水工程	由厂区污水管道接入市政污水管网	
环保工程	配供电工程	由厂区配电室接入电源	
	废水	生活污水经厂区化粪池处理后排入市政污水管网	依托
	废气	地勘测井设备实验室设计机械送排风系统，排风管道引至该厂房顶排放，机房设计排风量均为 1600m ³ /h，效容积分别为 279.3m ³ ，每小时通风次数为 5.7 次，可将产生的少量臭氧、氮氧化物等排出	依托
	固废	生活垃圾收集后送至环卫部门指定地点，由环卫部门进行处置；废中子管暂存在贮存库，交由厂家回收处置。	依托
	辐射防护	X 射线探伤机测试区 (即地勘测井设备实验室) 屏蔽墙体采用符合要求的混凝土，防护门采用钢板进行防护	依托

本项目 X 射线探伤机维修后，在 X 射线探伤机测试区 (地勘测井设备实验室) 完成 X 射线出束测试，然后探伤机送至维修后 X 射线探伤机暂存区，根据交付期限将仪

器交回用户方。本项目 X 射线探伤机 X 射线出束测试仅测试 X 射线，不张贴胶片，不开展洗片工作。

（2）工作制度及辐射工作人员

① 辐射工作人员配备

该项目新配备 2 名 X 射线探伤机维修人员（兼职进行 X 射线探伤机出束测试），维修人员在完成维修过程后，在 X 射线探伤机测试区（地勘测井设备实验室）场所内进行 X 射线探伤机 X 射线出束测试，X 射线探伤机出束测试工作时间安排在地勘测井设备实验室中子管测试工作人员下班后（17:30~18:30）进行。上述 2 名辐射工作人员仅进行 X 射线探伤机设备维修及测试操作，不操作其他放射性设备。

② 工作制度

该项目每天最多维修 X 射线探伤机 2 台（1 台周向探伤机、1 台定向探伤机），每台探伤机维修好需要到 X 射线探伤机测试区（地勘测井设备实验室）场所内进行 X 射线探伤机出束测试，每次测试设备最长出束时间为 5~10min（含训机时间），则每天最长出束时间 20min，年累计出束时间 83.3h。

表 2 放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度。

表 3 非密封放射性物质

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

表 4 射线装置

(1) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	剂量率	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(2) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	500	不定	400	13	维修 X 射线探伤机	地勘测井设备实验室	周向、定向探伤机各 250 台/年

(3) 中子发生器：包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	氚靶情况			备注
									活度 (Bq)	贮存方式	数量	
1	测井用氚气中子发生器	II	1	ZZKJ-F SQ-DD	100	100	1.0×10^6	中子测井	油田测井现场	/	/	/
2	测井用氚气中子发生器	II	1	ZZKJ-F SQ-DT	100	100	1.0×10^8	中子测井	油田测井现场	1.85×10^{11}	密封在中子管屏蔽体内	1 个 1 只中子管内含 1 个氚靶

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放总量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废中子管	固态	³ H	/	/	/	/	/	交厂家回收处理
废气 (O ₃ 、NO _x)	气态	/	/	/	/	/	/	设置机械送排风系统，排风管道引至该厂房顶排放

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

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

表 6 评价依据

法律 法规 文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法(修订)》, 2015年1月1日施行;</p> <p>(2)《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003年10月1日施行;</p> <p>(3)《中华人民共和国环境影响评价法(修正)》, 2018年12月19日施行;</p> <p>(4)《中华人民共和国环境影响评价法(修正)》, 2020年4月29日施行;</p> <p>(5)《建设项目环境保护管理条例(修订)》, 国务院第682号令, 2017年10月1日起施行;</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(修订), 国务院令第709号, 2019年3月2日施行;</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年修订), 生态环境部令第20号, 2021年1月4日施行;</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 原环境保护部令第18号, 2011年5月1日施行;</p> <p>(9)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》, 生态环境部令第16号, 2021年1月1日实施;</p> <p>(10)关于发布《射线装置分类》的公告, 环境保护部、国家卫生和计划生育委员会2017年第66号公告, 2017年12月6日;</p> <p>(11)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》环发〔2006〕145号, 2006年9月26日实施;</p> <p>(12)关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告, 生态环境部2018年第9号公告, 2018年5月15日;</p> <p>(13)《产业结构调整指导目录(2024年本)》, 国家发展和改革委员会令2023年第7号令, 2024年2月1日;</p> <p>(14)关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告, 国环规环评〔2017〕4号, 2017年11月20日。</p> <p>(15)《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》, 环境保护部环发〔2008〕13号, 2008年4月14日;</p> <p>(16)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部2019年第57号公告, 2020年1月1日实施。</p>
----------------	--

- | | |
|--|--|
| | <p>(17)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 第 9 号, 2021 年 3 月 15 日起实施);</p> <p>(18)《陕西省放射性污染防治条例》(2019 年修正), 2019 年 11 月 6 日;</p> <p>(19)《关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目建设表>的通知》, 陕环办发〔2018〕29 号。</p> |
|--|--|

技术 标准	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016);</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(4)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) ;</p> <p>(6)《辐射防护仪器 中子周围剂量当量(率)仪》(GB/T14318-2019);</p> <p>(7)《石油放射性测井辐射防护安全规程》(SY5131-2008);</p> <p>(8)《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007);</p> <p>(9)《油气田测井放射防护要求》(GBZ118-2020);</p> <p>(10)《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023) ;</p> <p>(11)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022);</p> <p>(12)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及其修改单;</p>
其他	<p>(1) 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 射线探伤机核技术项目环评委托书，附件 1;</p> <p>(2)《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护局，1995 年);</p> <p>(3) 中陕核（西安）中子科技有限公司提供的其它资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 中子发生器野外测井评价范围

本项目使用的中子发生器为II类射线装置，正常运行工况下，在进行油田测井时，将中子发生器置于井下 500m 以下，测井过程中产生中子以及俘获 γ 射线经过地下土层屏蔽、距离衰减后，基本上不会对地表产生辐射影响。

事故状态下，中子发生器可能在井口或地表进行通电运行，可能周边环境产生辐射影响。根据《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007) 7.1 款要求“在没有辐射屏蔽条件的情况下，应将距产品不小于 30m 的区域划为安全保护区，设置明显标志，设专人警戒，确保区内无人，方可发射中子”。根据《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016) 相关规定，无实体边界射线装置应用项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围。

根据本项目中子发生事故状态下影响范围，结合导则相关规定，从保守角度考虑，本次评价以测井现场油田井口为中心，半径为 100m 作为评价范围。

7.1.2 维修 X 射线探伤机评价范围

本项目维修的 X 射线探伤机在地勘测井设备实验室内进行出束测试，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 中“射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”要求，确定 X 射线探伤机评价范围为以地勘测井设备实验室屏蔽体为边界，半径 50m 范围内的区域，详见图 7-1。

7.2 环境保护目标

7.2.1 中子发生器野外测井项目环境保护目标

中子发生器地下测井在各油气田井场进行，评价范围内环境保护目标主要为测井辐射工作人员和进入测井现场评价范围内公众。辐射工作人员主要为本项目测井配备 4 名辐射工作人员（2 名井口操作工、1 名绞车操作工、1 名测井仪器操作工），绞车工作人员与测井操作人员为专职人员，在测井车内分别进行绞车操作、测井仪器数据采集工作，不参与其他放射性测井环节操作；其余 2 名井口操作工辐射工作人员分为 1 组，进行中子发生器放射性测井相关操作；本项目测井地点位于野外，评价范围内公众主要为进入评价范围区域偶然停留的公众。

表 7.2-1 中子发生器野外测井项目环境保护目标一览表

序号	类型	保护对象	类型	规模	最近距离 (m)	年有效剂量约束值
1	职业人员	绞车操作工、名测井仪器操作工	职业人员	2人	30~100	$\leq 5\text{mSv}$
2		井口操作工	职业人员	2人	30~100	$\leq 5\text{mSv}$
3	公众	其它进入测井现场评价范围区域内的人员	流动人员, 人数不定	若干	30~100	$\leq 0.1\text{mSv}$

7.2.2 维修 X 射线探伤机项目环境保护目标

为了充分利用中陕核（西安）中子科技有限公司地勘测井设备实验室条件，X 射线探伤机维修测试工作在中陕核（西安）中子科技有限公司中子发生器项目人员下班后进行操作。评价范围接受的剂量应符合 GB18871-2002 规定的剂量限值和本次评价提出的剂量管理限值要求。本项目主要环境保护目标见表 7.2-2。

表 7.2-2 环境保护目标一览表

名称	对象	方位	规模 (人数)	距离屏蔽墙体最近(m)	年有效剂量控制水平
职业人员	打靶操作工作人员	预留区楼上夹层	2人	5.0	$\leq 5\text{mSv}$
公众	清洗室、装配室、焊机房、更衣间、排烟机房、库房、发生器组装区、洁净区、预留机加车间等人员	西侧	约 5 人 (正常下班期间一般无人员)	0.3	$\leq 0.1\text{mSv}$
	保卫值班室人员	预留区楼上夹层	约 2 人	2.0	
	厂房外道路人员	东侧、南侧和北侧	流动人员	2~50	
	评价范围内其它停留人员 (不含放射性工作人员)			0.3~50	

备注：1、实验室顶部为仓库、设备间和库房；

2、1#研发楼除中子机房所在地外其余房间均为预留区域，目前均为闲置状态。

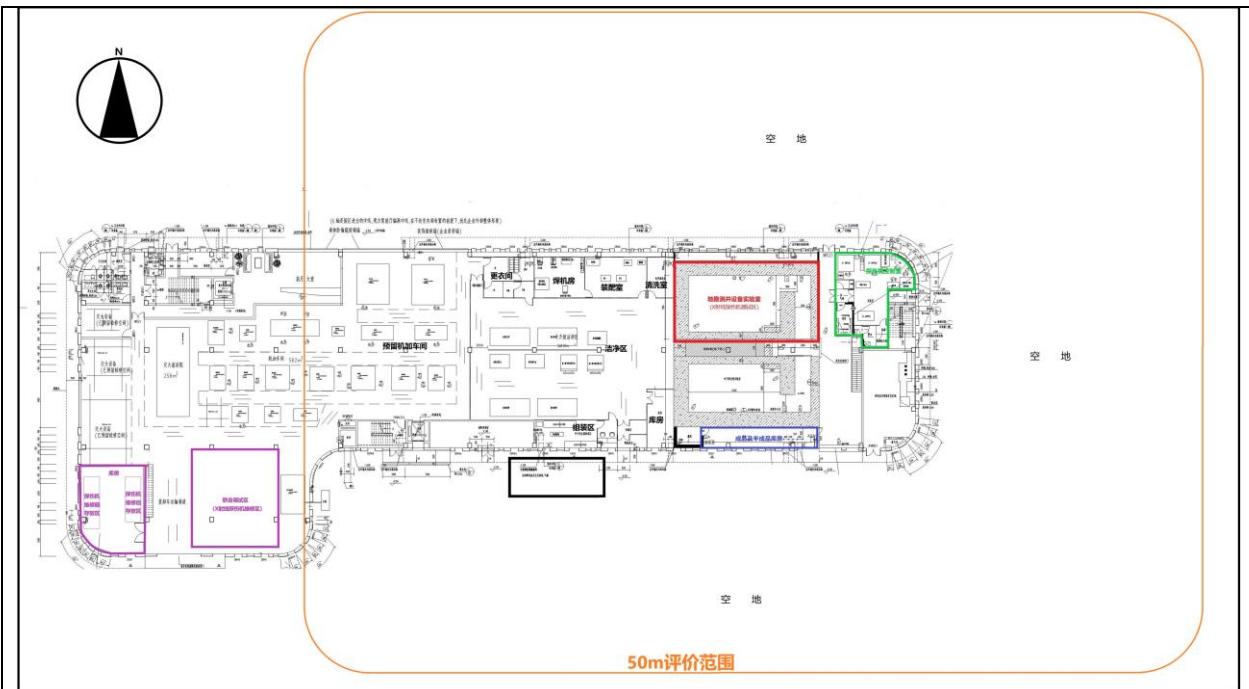


图 7-1 评价范围示意图

7.3 评价标准

7.3.1 综合评价标准

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

①剂量限制和潜在照射危险限制

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录) 中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv;
- b) 任何一年中的有效剂量 50mSv;

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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，1 mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均有效剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的年有效剂量可提高至 5mSv。

依据“辐射防护安全与最优化原则”，本次评价将职业照射剂量约束值设定为 5mSv/a。

公众年有效剂量约束值取基本剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众年有效剂量管理值。

7.3.2 中子发生器测井评价标准

(1) 《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007)

7.1 产品工作时辐射防护

调试或使用本产品时，应按中华人民共和国令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》第三十四条的要求，在产品和工作人员之间设置具有足够的中子和伽玛射线防护能力的屏蔽介质或防护距离、以及警示信号等。确保工作人员可能受到的电离辐射剂量符合 GB/T18871-2002 中附录 A2.3c)规定的限值，确保公众不受照射。屏蔽介质可以是大于 1m 左右厚度的混凝土墙，或 2m 以上厚度的水层。在现场测井时，可以将仪器下到井深 10m 以下发射中子。

在没有辐射屏蔽条件的情况下，应将距产品不小于 30m 的区域划为安全防护区，设置明显标志，设专人警戒，确保区内无人，方可发射中子。

7.2 活化伽马射线的防护

中子发射结束后，待产品的活化伽马辐射水平符合 GB/T18871-2002 中附录 A2.3c)规定的控制水平时，工作人员方可靠近产品。

7.3 产品的报废处理

中子发生器和中子管内含有放射性物质氚，产品报废后使用单位不得自行处置，应按中华人民共和国令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》第二十三条规定，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。

(2) 《石油放射性测井辐射防护安全规程》(SY5131-2008)

8.2 现场测井作业的辐射防护要求

8.2.5 使用带有中子发生器的仪器进行测井作业时，中子发生器断电 20min 后，仪器方能起出井口。

(3)《油气田测井放射防护要求》(GBZ118-2020)

4.3 采用新技术新方法时，应通过“模拟试验”确认切实可行，并经使用单位组织的相关专家确认操作规程后，方能正式操作。

4.4 开展油气田放射性测井的单位应根据所使用的放射源、非密封放射性物质及测井中子发生器的类别配备外照射放射防护检测仪器、放射性污染监测仪器等自检设备，同时为放射工作人员佩戴相应种类的个人剂量报警仪等个人防护用品。

5.1.12 中子管贮存库应为单独房间，宜为独立建筑物或建筑物底层的一端，应设防盗装置。贮存库内不应居住、办公和放置易燃、易爆等其他危险物品。中子管贮存场所温度、湿度等环境条件应符合 SY/T5419。中子管转运时应防止碰撞、摩擦。

5.2.11 中子发生器应从井口进入地平面 10m 以下后方可发射中子。中子发生器回收时，应在地平面 10m 下关闭，中子发生器出井后应由放射工作人员进行擦拭清理，回运过程中距离人员应大于 1m。

6.3 非密封放射性物质实验室及中子管贮存库内应设放射性污物桶，所有固体放射性废物应丢入污物桶内收集或放入贮存设施内暂存。

7.4.1 对于可能使用中子源或中子发生器的油气田测井放射工作人员个人剂量计应能同时满足对 γ 射线和中子剂量监测。

(4)《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023)

4.3 辐射工作人员和公众的辐射照射应符合 GB 18871 关于剂量限值的规定。一般情况下，职业照射的剂量约束值为 5mSv/a；公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a

4.4 放射性测井的工作场所应划分控制区和监督区。通常，安装或拆卸测井放射源、中子发生器作业区域、校验测井仪区域、非密封放射性物质贮存、分装与作业区域（含实验室）、测井放射源及放射性废物贮存场所等划为控制区；未被划入控制区的辅助设施区和其他需要对职业照射条件进行监督和评价的区域划为监督区。

4.5 放射性测井单位应规范收集、妥善暂存和处理测井活动中产生的放射性废物，并定期送贮、做好记录。

4.7 放射性测井单位应建立放射源、非密封放射性物质及中子发生器的台帐管理制度。

4.8 放射性测井单位应根据所使用的放射源、非密封放射性物质及中子发生器的类别配备并使用必要的辐射监测仪器及防护用品

5.3.2 中子发生器到达井下指定位置后，方可打开电源。中子发生器回收时，须确保断电 20 min 后人员方能接近仪器。

5.3.3 中子发生器贮存场所应配置安防设施，实现 24 小时监控，也可放置源库内保管。

7.3.3 X 射线探伤机评价标准

（1）X 射线探伤机测试区剂量率要求

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），X 射线测试区机房（地勘测井设备实验室）四周屏蔽体外、防护门外 0.3m 处的剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，X 射线无损检测机房顶面外 0.3 处的剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

（2）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关内容

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；
b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关

闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声光报警装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开

始探伤工作。

8 放射防护检测

8.1 检测的一般要求

8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

8.1.2 检测仪器

应选用合适放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

8.5 辐射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。”

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 公司地理位置和项目场所位置

8.1.1 公司地理位置

中陕核(西安)中子科技有限公司位于陕西省西安市西咸新区沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼一层, 地理位置详见图1.6-1。

8.1.2 项目场所位置

(1) 中子发生器测井

本项目主要是利用中子发生器进行油田地下测井活动, 随着委托的测井任务不同, 其中子发生器使用地点发生变化, 测井场地需根据井位而改变, 因此, 该项目无固定的使用地点。本项目为流动式作业, 不在某一场所长期作业。

(2) X 射线探伤机维修

X 射线探伤机维修位于西安市西咸新区沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼一层, 具体涉及区域包括维修前 X 射线探伤机暂存区、X 射线探伤机维修区、X 射线探伤机试验区、维修后 X 射线探伤机暂存区, 详见图 1.6-2。

8.2 环境质量及辐射现状

8.2.1 中子发生器测井项目所在地辐射环境质量现状

本项目为中子发生器测井项目, 主要污染因子为电离辐射。项目在油田井场进行流动式作业, 因此辐射环境现状以作业地辐射环境质量现状为准。

8.2.2 X 射线探伤机维修所在位置辐射环境质量现状

建设单位委托核工业二〇三研究所分析测试中心于 2025 年 9 月 1 日对项目所在的 1#研发楼及周围进行了辐射环境现状监测, 并出具了监测报告, 监测报告编号 2025-HP-DL046。本项目主要引用报告中本底监测数据来表征 X 射线探伤机维修所在位置辐射环境质量现状。具体如下:

(1) 监测项目: γ 辐射剂量率。

(2) 监测仪器相关参数及检定情况, 具体见表 8.2-1。

表 8.2-1 监测仪器、测量范围、及检定情况

项目	监测仪器名称及型号, 编号	测量范围	检定单位	检定证书编号	检定证书有效期
γ 辐射剂量率	便携式 X-γ 剂量率仪 (FH40G-10 主机 +FHZ672E-10 探头), 主机: FHP003-2018 探头: FHP004-2018	1nSv/h ~ 100μSv/h	中国计量科学研究院	DLjl2024-13943	2024/09/13 ~ 2025/09/12

(3) 监测结果质量保证: ①结合现场实际情况, 在项目拟建场地周边布设监测点位, 充分考虑监测点位的代表性和可重复性, 以保证监测结果的科学性和可比性; ②严格按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 进行监测; ③测量仪器每年定期经有资质计量部门检定, 检定合格后方可使用; ④监测人员持证上岗; ⑤监测结果经三级审核, 保证监测数据的准确。

中陕核(西安)中子科技有限公司维修探伤机所在机房拟建地以及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8.2-2。

表 8.2-2 项目拟建地以及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (nGy/h)	备注
		均值±标准差	
1	拟建操控室地面	93.7±1.9	
2	拟建中子源及氚材料贮存库地面	93.5±2.4	
3	拟建中子发生器测试实验室和地勘 测井实验室地面	94.5±2.1	
4	拟建十万洁净区地面	94.2±2.0	
5	预留机加工车间地面	93.7±2.1	
6	研发楼外道路地面	80.0±2.3	

说明: 1、按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 使用¹³⁷Cs作为检定/校准参考辐射源时, 换算系数为1.20Sv/Gy;

2、表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值, 宇宙射线响应值取16.0nGy/h;

3、本报告仅对本次监测点位及监测结果负责。

8.3 辐射环境现状评价

由表 8.2-2 可知, 本项目拟建地以及周边环境 γ 辐射剂量率监测值为 80.0~94.5nGy/h。查阅《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015 年) 可知, 陕西省咸阳市原野、道路和建筑物室内 γ 辐射剂量率为 32~123nGy/h, 陕西省咸阳市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射剂量率见表 8.3-1。

表 8.3-1 咸阳市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射剂量率调查结果 (nGy/h)

项目	原野	道路	室内
范围	48~68	32~68	87~123
均值	60	51	104
标准差	5.0	11	8.0

说明: 1、《中国环境天然放射性水平》(2015 版, 中国原子能出版社);

2、该项目拟建地 1988 年行政区划隶属咸阳。

监测结果表明, 本项目所在地以及周边环境 γ 辐射剂量率与咸阳市原野、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。项目拟建地辐射环境现状质量良好。

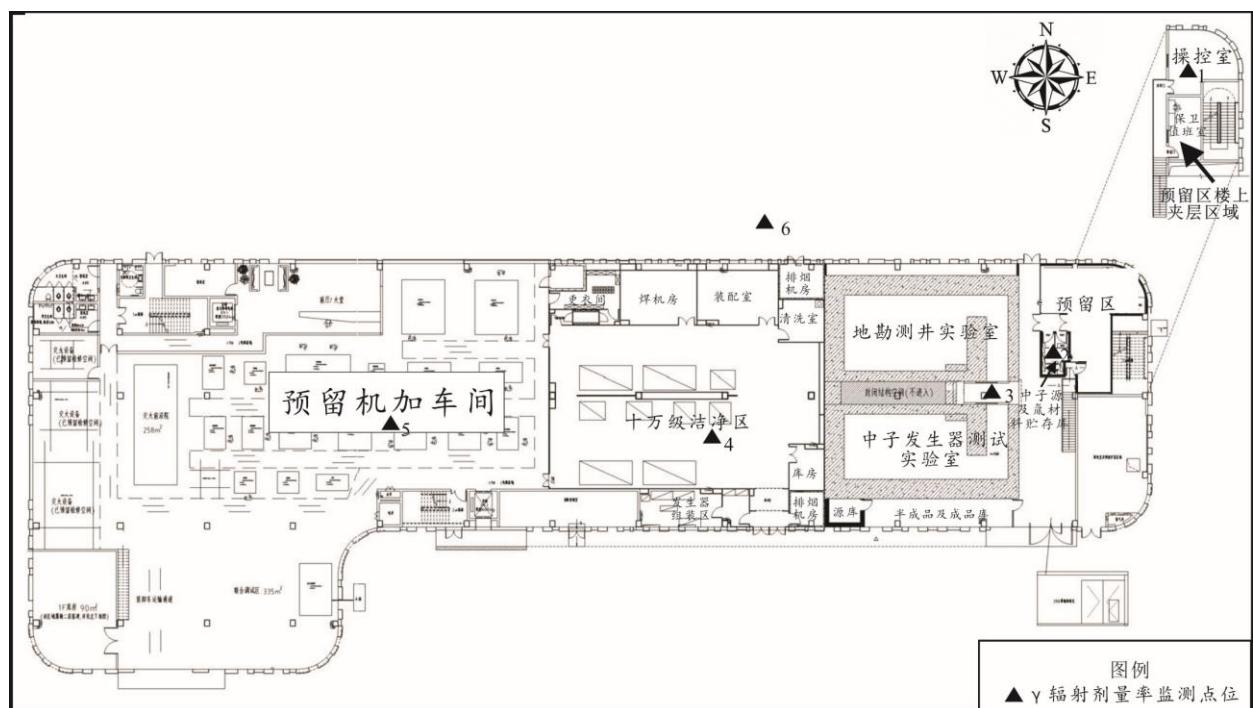


图 8-1 项目拟建地以及周边环境监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 射线装置结构及工作原理

9.1.1 中子发生器简介、测井工作原理

(1) 中子发生器设备组成

本项目中子发生器由中子管和中子管外接电路组成, 中子管是将离子源、加速系统、靶以及气压调节系统密封在一个陶瓷或玻璃管内, 形成一个小型的特种电真空器件。中子管实质上是一种最小型的加速器, 其性能决定着中子发生器的产额、寿命、稳定性等众多指标。中子管可以在外接电路的控制下, 由离子源产生氘离子, 经加速后轰击靶, 与靶产生核反应, 产生中子。中子管外接电路通常由离子源电路和密封加速高压组成。离子源电路决定于中子管离子源的结构。如采用冷阴极潘宁离子源的中子管需要 2kV 左右的阳极脉冲高压, 而热阴极中子管所需的阳极高压则很低。密封加速高压一般采用倍加整流电路。中子管基本结构见图 9-1。

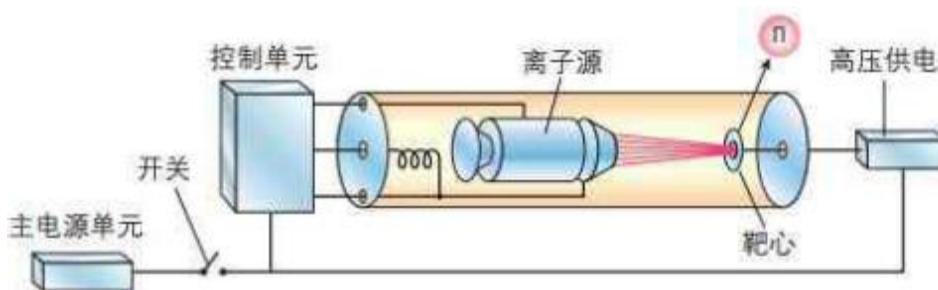
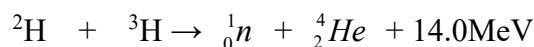


图 9-1 中子管内部结构

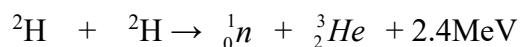
(2) 中子发生器工作原理

氘氚中子发生器: 是利用氢的同位素氘 (^2H) 和氚 (^3H) 在一定条件下互相作用, 发生反应, 生成平均能量为 14MeV 的快中子和 ^4He 原子核。其核反应方程为:



中子发生器工作过程为: 高压电源产生直流高压加于靶电极上, 离子源电源产生电压加于离子源的阴极和阳极上。工作时, 氚气贮器灯丝加热, 释放出氚气, 在离子源内电离成氚核、负电子, 氚核被吸出, 在电场作用下被加速, 以约 100keV 的能量轰击到氚靶, 发生氘氚反应, 产生平均能量为 14MeV 中子。

氘氘中子发生器: 是利用氢的同位素氘 (^2H) 和氘 (^2H) 在一定条件下互相作用, 发生反应, 生成平均能量为 2.4MeV 的快中子和 ^3He 原子核。其核反应方程为:



中子发生器工作过程为：高压电源产生直流高压加于靶电极上，离子源电源产生电压加于离子源的阴极和阳极上。工作时，氘气存贮器灯丝加热，释放出氘气，在离子源内电离成氘核、负电子，氘核被吸出，在电场作用下被加速，以约 100keV 的能量轰击到氘靶，发生氘氘反应，产生平均能量为 2.4MeV 中子。

（3）中子管中的³H 靶

本项目所用氘氘中子发生器每只中子管内含有 1 个氘靶，氘靶中的³H 为纯 β 放射性核素，β 粒子最大能量 $E_{max}=18.6\text{keV}$ ，平均能量为 $E_{avg}=5.7\text{keV}$ ，半衰期为 12.34 年，在空气中最大射程为 6mm，在其他材料中最大射程为 0.8mg/cm²。³H 是被固定在中子管内的氘靶上，中子管的³H 先制成氚（钛）靶，以金属氚化物的形式被固定在氚（钛）靶中。

表 9.1-1 中子管中³H 核素性质

类型	核素	衰变方式	最大能量	平均能量	半衰期
中子管	³ H	β	18.6keV	5.7keV	12.34 年

（4）中子发生器测井工作原理

中子发生器测井工作原理为：利用中子发生器产生中子，把装有中子发生器和探测器的井下仪器放入井内，由中子发生器发射出快中子，该快中子具有很强的穿透能力，中子穿过仪器外壳、井液、套管、水泥环后，射入钻孔周围地层中，中子与地层中物质发生碰撞（发生非弹性散射、弹性散射等），快中子能量不断被损失，快中子被慢化成热中子，热中子被地层中其它原子核所吸收，发生俘获反应。在非弹性散射以及俘获反应过程中均会 γ 射线产生。通过探测器探测中子与地层相互作用过程中产生的 γ 射线或中子强度能量或计数率，可以得到地层中核素相关信息，从而为油气田的开发利用提供准确数据。

中子发生器可适用不同的测井工作任务，具体如下：

当快中子与地层中氢核相碰撞时，由于两者质量相近，快中子的大部分动能传递给氢核而变成了慢中子，后者易被各种物质的原子核俘获，释放出强度较大的 γ 射线；若快中子与其他物质的原子核相碰撞，损失的动能较少，能到达地层深处，经多次碰撞才会变成慢中子。这时它将被其他物质的原子核俘获而释放出 γ 射线，因这 γ 射线要穿过较深的地层，衰减较大，到达地面时强度较小。从探测仪上测到的 γ 射线强度的变化就

可推断钻井周围地层的含氢量，由此划出石油层或水层的分布。

地层中广泛存在氧、铝、硅，这些核素的原子核在中子的作用下，发生俘获反应，均能生成新的放射性核素，其反应式分别为： $^{16}\text{O}(\text{n}, \text{P})^{16}\text{N}$ 、 $^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{P})^{27}\text{Mg}$ 、 $^{28}\text{Si}(\text{n}, \text{P})^{28}\text{Al}$ 。活化后新核 ^{16}N 、 ^{27}Mg 、 ^{28}Al 均能放出 γ 射线， γ 射线最大能量分别为 6.13MeV、2.16MeV、1.81MeV，半衰期分别为：7.35min、2.3min、9.5min。通过测量活化后核素衰变产生的 γ 射线的照射量率可判断地层中某些元素存在及其含量。

中子发生器测井是使用人工可控中子源发射的高能中子去轰击水中氧核使其跃迁到激发态变成带放射性的活化氧（半衰期 7.13s），因此井下测井仪四周 0.5m 范围内的水便变成了放射性活性水，测井仪中的伽玛探头接到来自活化水的活化伽玛信号，信号的强弱反映出活化水与探头之间的距离长短，信号的强度变化直接反映活化水与探头之间的距离变化，当中子源与探头之间的距离（即仪器源距）不变时，信号强度随时间的变化就体现出水流速度的大小，根据水流速度与管子截面积可求得井筒内的测点水流量。对比各测量点的水流量大小变化，可了解套管的漏失段、吸液段、吐液段和管外窜槽段。

9.1.2 X 射线探伤机结构组成及工作原理

（1）X 射线探伤机设备组成

X 射线探伤机均由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆组成。

①控制器

探伤机控制器为立式结构。所有操作均有面板上的按键式开关进行。电缆插座、电源开关及接地端子设置在接线盒内。控制器由控制板、电容板、供电电源板、前面板、电感线圈、IGBT 斩波模块构成。

②X 射线发生器

探伤机 X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压发生器与绝缘气体（SF6）一起封装在桶状铝壳内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。

（2）X 射线探伤机工作原理

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨制灯丝，阳极靶则根据应用需要，由不同材料制成各种形状，靶体一般用高原子序数难熔金属（如钨、铂等）制成。当灯丝

通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接射向嵌在金属阳极中靶体，高电压加在 X 射线管两极之间，使电子射到靶体之前被加速到很高速度，这些高速电子轰击靶物质，与其作用产生韧致辐射，释放出 X 射线，X 射线探伤所利用的就是其释放出的 X 射线。

X 射线管结构及原理示意图见图 9-2。

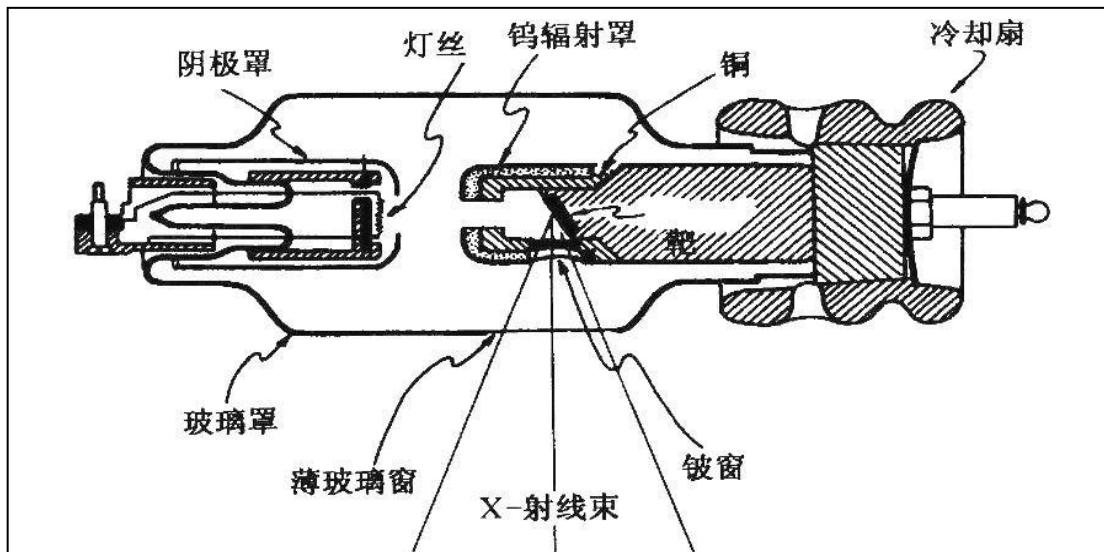


图 9-2 典型 X 射线管结构图

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感光，当 X 射线照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫做射线的照相作用。把这种曝光过的胶片在暗室中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，这就是射线照相探伤的原理。

X 射线穿透工件焊缝在 X 胶片上成像，对 X 胶片进行显影、定影，根据 X 胶片上显示图像颜色的差异判断检测工件是否符合要求，从而达到无损检测的目的。

根据探伤机射线出束方位角度的不同，探伤机分为定向、周向两种类型，周向型探伤机辐射射线束是在与 X 射线管轴线成垂直方向的 360°圆周上同时辐射 X 射线，这对于检测大口径管件和球形容器的环形焊缝，通过一次曝光可以完成整个焊缝的探伤照相工作，因而可以大大地提高检测效率。典型周向 X 射线探伤机见图 9-3。



图 9-3 典型的周向 X 射线探伤机



图 9-4 典型的定向 X 射线探伤机

9.2 工艺流程

9.2.1 中子发生器测井工作流程

本次中子发生器测井前，刻度工作由中子发生器生产厂家在出厂前完成，中陕核（西安）中子科技有限公司在测井过程中，不进行中子发生器的刻度工作。中子发生器购买完成以及每次测量任务完成后，将中子发生器放置在中陕核（西安）中子科技有限公司 1#研发楼中子发生器半成品及成品库内（见图 1.6-2）。

中陕核（西安）中子科技有限公司野外测井工作流程如下：

(1) 接到测井工作任务后，中陕核（西安）中子科技有限公司根据测井井场具体布置情况、钻井数据制定测井计划书。测井计划书包含本次测井任务的工作人员安排、测井时间安排、测井队人员职责及测井现场辐射防护方案和辐射事故应急预案等内容。

(2) 测井队接到测井通知后，测井人员应认真阅读《测井计划书》，组织准备上井

所需的材料、工具。从库房领取中子发生器装置，并办理领用手续。将中子发生器及测井仪器固定在测井车的仪器仓内，仓门加锁。

(3) 运输过程中，测井车应按照计划路线行驶，不得随意改变行车路线。中途停车时应停放在安全处所，并由专人看管。

(4) 现场测井阶段：

①到达施工现场后，测井人员应首先核对井号。并与委托方现场人员取得联系，了解现场情况。

②对测井现场进行清场，确认测井现场无无关人员停留后，在测井现场设置安全控制区，安全控制区距离井口 $\geq 30m$ ，将控制区边界用警戒线隔离，并在显著位置设置“禁止进入辐射工作场所”警告标志。

③测井人员地面联机调试测井仪器，仪器通讯正常后，将中子发生器与测井仪器连接下入井内。

④仪器检验。仪器下井速度不得超过 3000m/h。仪器下到至少 200m 深度时，给中子发生器供电约 10min，检查其是否正常工作。

⑤将仪器下放到达目的层（一般为 500~3000m），按仪器使用说明书的要求对中子发生器进行供电操作，进入测试状态，地面读取、记录测井曲线。井下每个检测点打靶时间约数分钟，平均单井打靶时间累积 3h 左右。

⑥待仪器工作正常后，进入测试状态，地面读取、记录测井曲线，做好测井记录。

⑦测量完成后，首先断电。中子发生器断电 30min 后上提仪器至地面。

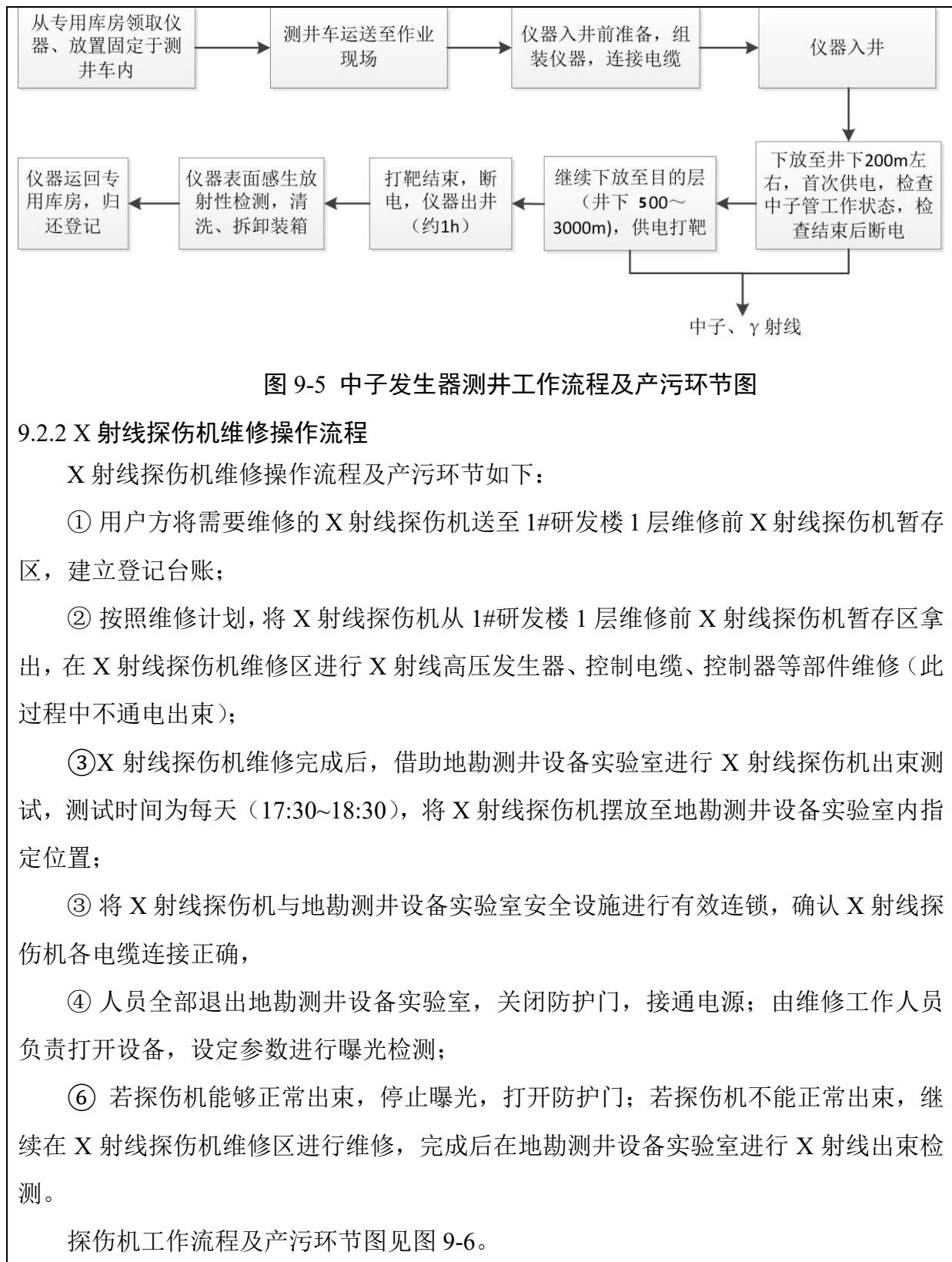
⑧拆卸仪器前，利用辐射剂量率监测仪器测量测井仪器表面，确认其 γ 辐射剂量率处于本底水平，才能拆卸仪器。将擦拭干净的中子发生器放回仪器仓内，仓门加锁。

⑨由测井人员向委托方测井监督人员汇报测井情况，待对方验收签字后方可离开。

(5) 测井结束阶段：

按第三步规定运输返回中陕核（西安）中子科技有限公司的单位设备库房里，管理人员负责办理中子发生器及测井仪器入库手续，签字归还。

中子发生器测井的工作流程见图 9-5。



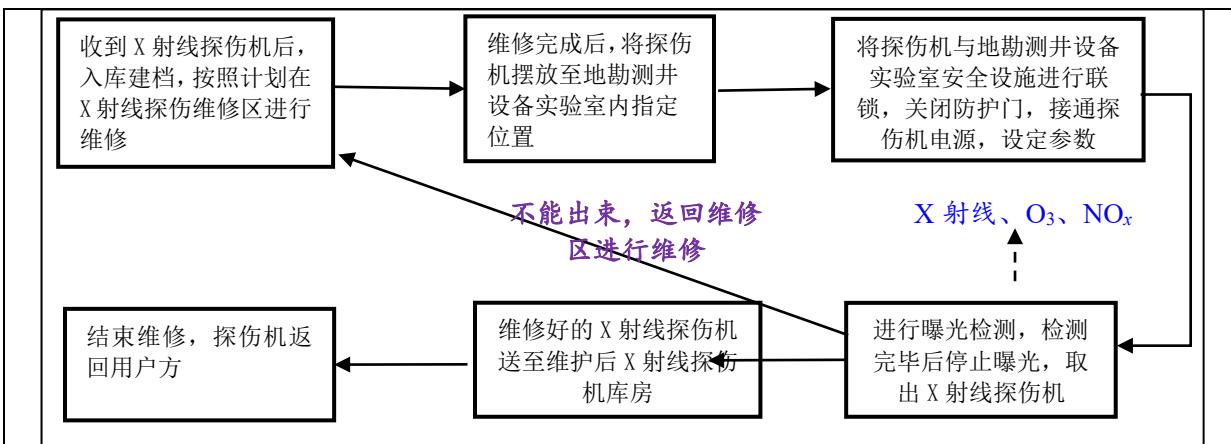


图 9-6 X 射线探伤机工作流程及产污环节图

9.3 正常工况下污染物以及污染途径分析

9.3.1 中子发生器测井正常工况下污染物以及污染途径分析

(1) 中子发生器未通电情况下

本项目中子发生器在未通电情况下,无中子产生。在出入库、运输、测井准备过程中,中子发生器内中氚靶中的³H为纯β放射性核素,衰变时释放出最大能量为18.6keV的β射线(平均能量为5.7keV),污染因子为β射线,但其β射线能量较小,在空气中射程较短,贯穿能力较弱,β射线及β射线引起轫致辐射外照射基本不会对外环境造成影响。³H以金属氚化物的形式被固定在氚(钛)靶中,且被封装在真空的中子管中,不会泄漏而导致吸入内照射。

(2) 中子发生器通电情况下

在检验以及井下测井过程中,中子发生器利用氘氚、氘氚反应生产快中子,中子在与地层发生相互作用的过程中,可能发生非弹性散射和俘获反应,进而产生γ射线。上述过程中,主要污染因子为中子、γ射线,由于待测量的井下深度一般位于500~3000m,加之钻井中水层屏蔽作用,产生中子、γ射线到井口附近已基本衰减完全,不会对地表操作人员产生辐射影响。

中子发生器通电过程中,产生的中子、γ射线,会与地层中空气产生电离作用,进而产生O₃和NO_x。由于本项目测井场所位于野外,测井场地较为开阔,环境稀释能力强,在测井过程中产生的中子、γ射线与空气接触时间较短,O₃和NO_x产生量较小,在环境稀释作用下,空气中O₃和NO_x较低,O₃随时间中很快分解,因此,本项目中子发生器通电状态下产生O₃和NO_x对周围环境的影响极小,基本上可以忽略不计。

中子发生器测井工作完成后、拆卸前,中子发生器表面材料因中子活化仍残留一部

分感生放射性核素，并伴随 γ 射线、 β 射线产生，这些感生放射性核素多为短寿命核素，随时间快速衰减，其活度不断降低。中子发生器测井结束30min后，工作人员按照规程进行中子发生器装卸操作，此时中子发生器表面仍可能残留有少量的感生放射性，可能通过外照射途径对测井人员产生辐射影响。

9.3.2 X射线探伤机维修正常工况下污染物以及污染途径分析

本项目X射线探伤机出束测试过程发出的X射线经透射、散射，对工作场所及周围环境产生影响，会对工作人员和公众产生一定的外照射；X射线探伤机发出的X射线能使空气电离产生少量 O_3 、 NO_x ，可能对周边环境产生影响。

9.4 事故工况下污染物以及污染途径分析

9.4.1 中子发生器测井事故工况下污染物以及污染途径分析

(1) 操作人员供电操作失误或供电开关失控，导致中子发生器下井未到达预定深度就通电开始发生中子，导致井上操作人员受到辐射照射，此过程中主要污染因子为中子和 γ 射线，污染途径为：中子和 γ 射线外照射。

(2) 测井结束后，操作人员未按照操作规程，在中子发生器断电后未到预定的停留时间便将中子发生器升上地面，导致井上操作人员受到中子发生器部件感生放射性的辐射照射。

(3) 氚氚中子发生器因外在因素被破坏，致使中子管内氚靶被破坏，从而对工作人员或公众可造成辐射影响。

(4) 中子发生器由管理不善，出现丢失或被盗事故。

9.4.2 X射线探伤机事故工况下污染物以及污染途径分析

本项目在运行过程中可能发生的事故有：

(1) X射线探伤机开机检测时，操作人员滞留地勘测井设备实验室内，造成超剂量照射；

(2) 门-机联锁失效，操作人员或公众误入地勘测井设备实验室内造成超剂量照射；

(3) X射线探伤机出现故障时不受控出束，对射线装置周围活动人员产生误照射。

9.5 污染源项

9.5.1 中子发生器测井污染源项描述

在正常工况下，本项目中子发生器测井的主要污染源项为中子、 γ 射线以及 O_3 和 NO_x 等废气，废中子管。

(1) 中子、 γ 射线

中子发生器通电工作时，释放出中子，同时快中子流与被作用的核素发生非弹性散射和热中子（ n 、 γ ）反应产生 γ 射线，中子及 γ 射线对外环境产生影响。除此之外，当测井仪在井下工作时，快中子对测井仪本身的材料被活化，中子发生器停止工作后，被活化的测井仪本身仍会释放出 γ 射线，对外环境产生影响。

(2) O_3 、 NO_x

中子、 γ 射线能使空气电离，将产生少量 O_3 、 NO_x ，可能对周边环境产生影响。

(3) 废中子管

本项目固体废物主要为氘氚中子发生器退役时产生的含氚靶废旧中子管。根据《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，本项目废旧中子管属于放射性固体废物，由厂家回收处置。对于氘氚中子发生器，其中子管内部不含氚靶，退役时或报废时按照一般工业固废进行处置。

9.5.2 X 射线探伤机维修污染源项描述

在正常工况下，本项目 X 射线探伤机的主要污染源项为 X 射线以及 O_3 和 NO_x 等废气，不产生放射性“三废”。

(1) X 射线

由工作原理可知，X 射线是随设备的开、关而产生和消失。因此检测期间，X 射线成为主要污染因子。

X 射线管出束期间产生的 X 射线能量在零和出束管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、泄漏射线和散射射线。

① 有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口照射工件。射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关，靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

② 泄漏射线：除了有用辐射束外，从辐射源组装体中泄漏出的任何其他的辐射。

③ 散射射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

正常运行工况下，X 射线经各屏蔽面和防护门屏蔽后在机房外的剂量率一般低于相关标准值，对周围职业人员及公众的影响较小。

(2) 废气

当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，本项目 X 射线机的最大管电压为 400kV，运行时将产生少量 O_3 、 NO_x ，可能对周边环境产生影响。

表 10 辐射安全与防护

10.1 工作场所及区域划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，应将辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。根据国际放射防护委员会第 103 号出版物，控制区和监督区的定义为：

控制区：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的指示。

监督区：未被确定为控制区、通常不需采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

10.1.1 中子发生器测井安全控制区划分

本项目中子发生器测井在井下距井口 200m 以下深度进行测试，500m 以下打靶测井，中子发生器通电过程中产生的中子以及 γ 射线，随着距离衰减、钻井中水层屏蔽作用，到井口处附加剂量率处已处于极低水平，但出于辐射安全和降低事故时的辐射影响考虑，建议对测井工作现场划定操作边界。

参照我国油（气）田测井标准，一般取空气比释动能率 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 作为警戒区边界。正常操作时，本项目井口区域空气比释动能率低于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；计算中子发生器测井安全控制区边界时，可以认为中子发生器在井口时开始供电（事故状态），放射性测井人员暴露于中子发生器产生的中子辐射场中。此时井口周围操作区域边界距辐射源的距离 R (cm) 可根据以下公式计算：

$$R = \sqrt{\frac{3600 \times S \times d_H}{4 \times \pi \times D}} \quad \dots \dots \dots \quad (10-1)$$

式中： S —中子发生器产额，取两种中子发生器中产额最大的氘氚中子发生器进行分析，中子产额为 $1 \times 10^8 \text{ n/s}$ ；

d_H —中子注量与空气比释动能率的转换因子， $3.33 \times 10^{-11} \text{ Gy}/(\text{n/cm}^2)$ ；对于 14MeV 单能中子，辐射权重因子取 10，剂量转换因子取 $3.33 \times 10^{-10} \text{ Sv}/(\text{n/cm}^2)$

D —操作区边界空气比释动能率， $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$

R —操作区边界距离，cm

由公式 10-1 可计算得出：操作区边界距离为， $R=6.18\text{m}$

《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007) 中 7.1 款规定：“在没

有辐射屏蔽条件下,应将距产品不小于 30m 的区域划为安全防护区,设置明显标志,设专人警戒,确保区内无人,方可发射中子”。结合公式 10-1 计算结果以及《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007) 相关规定,从保守角度考虑,本次将测井现场井口 30m 范围作为安全控制区边界,在边界上设置的警戒线,设置专人警戒,并在测井现场设置“禁止进入辐射工作场所”警告标志,告诫无关人员远离该区域。

10.1.2 X 射线探伤机维修控制区、监督区划分

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022),将“地勘测井设备实验室”内部区域划为控制区,与墙壁外部相邻区域划为监督区。结合中陕核(西安)中子科技有限公司中子实验场所分区划分情况,为了便于管理,本项目维修探伤机测试场所分区与实验室原有分区划分保持一致。

详见表 10.1-1 和图 10.1-1。

表 10.1-1 项目工作场所分区一览表

工作场所名称	工作场所分区情况		备注
	控制区	监督区	
X 射线探伤测试	地勘测井设备实验室内部区域	地勘测井设备实验室控制室及走廊	

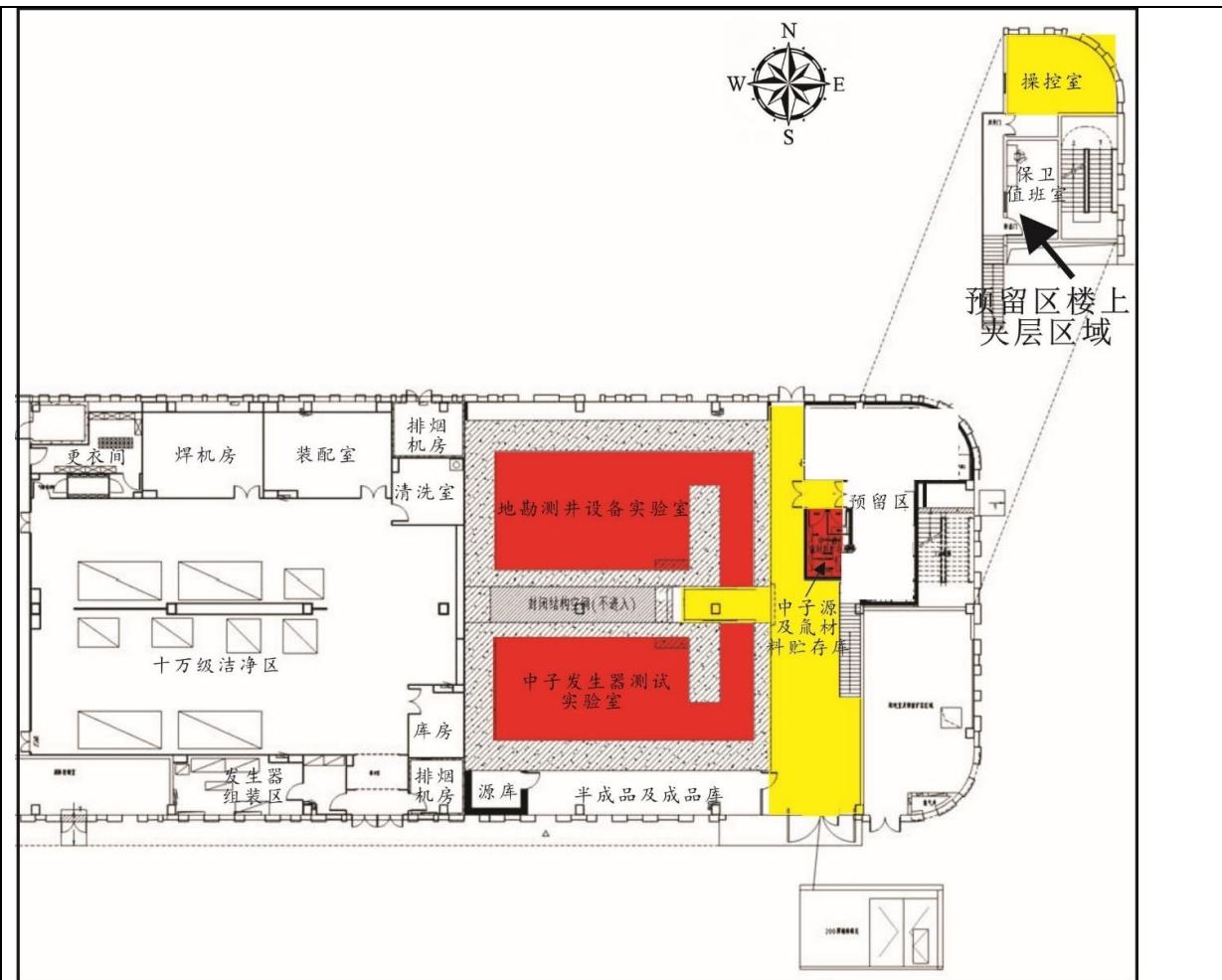


图 10.1-1 X 射线探伤机控制区、监督区划分

10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 中子发生器测井辐射安全与防护措施

根据《油气田测井放射防护要求》(GBZ118-2020)、《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023)、《石油放射性测井辐射防护安全规程》(SY5131-2008) 等有关条款的要求, 本项目应采取以下辐射安全防护措施:

1、监测仪器及个人防护用品

针对本项目, 中陕核(西安)中子科技有限公司拟配备相应的监测仪器及个人防护用品, 具体情况见表 10.2-1。

表 10.2-1 本项目拟配备监测仪器及个人防护用品一览表

序号	名称	单位	数量
1	X-γ 辐射检测仪	台	1 (新增)
2	中子检测仪	台	1 (新增)
3	个人剂量计 (监测 γ 射线和中子剂量)	枚	4 (新增)
4	铅衣、铅背心、铅手套	套	2 (新增)

2、中子管的贮存

本项目氚氚中子发生器中子管内氚靶密封于陶瓷管中，外有不锈钢外壳。中子管测井仪装于专用仪器箱内，日常贮存于中陕核（西安）中子科技有限公司 1#研发楼 1 层半成品与成品库房内。

由中子管测井仪库房为单独房间，不进行办公、居住，同时严禁放置易燃、易爆等其他危险物品。室内拟安装监控报警系统以防盜。室内设放射性污物桶。库房温度及湿度可以满足《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007)中相关要求(温度-40°C~+70°C，相对湿度不大于 70%)。

3、中子发生器的运输

中子发生器由专业测井车运输，运输时测井仪放置于仪器箱内，可避免震动，运输过程中车厢门上锁，以保证物品安全。

4、中子管测井过程中的防护措施

(1) 中子发生器由测井车运输，测井车货箱内有电缆绞车、中子发生器控制台、测井结果数据处理系统和用于固定中子管的包装箱的气囊，运输过程中货箱门上锁，以保证物品安全，避免损坏中子发生器。运输前，工作人员应仔细核对中子发生器的型号、数量，保证中子发生器包装良好，锁好货箱。运输过程中，安排 2 名人员负责中子发生器的运输，运输过程中不得打开测井车货箱，应预先设计好的运输路线行进，路线尽量避开人群集中地区，采取各种措施确保运输过程不会发生中子发生器被盗事故。测井车到达目的地，运输人员应重新核对中子发生器的型号、数量，务必与装车前一致。

(2) 公司应为测井现场配备安全警戒线、电离辐射警示牌、个人剂量报警仪。测井时，将测井现场井口 30m 范围作为安全控制区边界，在边界上设置的警戒线，设置专人警戒，并在警戒线边界外明显位置“禁止进入辐射工作场所”电离辐射警告标志，告诫无关人员远离该区域。辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计，位于安全控制区边界外进行中子发生器通电操作。

(3) 在检验中子发生器时，先将仪器下井至 200 米以下时开始检查仪器（由于受地理条件限制，一般都是在井下完成中子发生器通电发射中子），严禁在井口通电激发中子发生器。

(4) 中子发生器断电 30min 后，仪器方能出井口。收回中子发生器时，辐射工作人员应佩戴个人剂量报警仪，并使用 γ 剂量率监测仪器对中子发生器 1m 处进行辐射水平监测，确定其感生放射性核素辐射水平已降至可接受水平（小于 2.5uSv/h）后，方能

拆卸中子发生器。

(5) 中子发生器测井完成后，应及时将仪器存放至中陕核（西安）中子科技有限公司半成品与成品库房内。在外地进行测井工作，中子发生器用完不能及时返回设备库房保管的，应利用现场工作条件，将设备存放置具备防盗能力的库房或测井车辆中，设置值班人员，防止中子发生器被盗；建设单位应加强人员管理，防止无关人员接触使用中子发生器，对无关人员造成误照射。

5、废旧放射源

本项目氚氚中子发生器废旧含氚靶中子管由原厂家回收。

6、还应采取的辐射环境管理措施

(1) 为保证中子管测井辐射防护措施的落实和中子管测井放射工作人员的安全，应按照国家标准和法律法规的要求，制定中子管测井仪相关管理制度、操作规程、岗位职责及应急预案。

(2) 中子管测井放射工作人员必须经过业务培训，熟练掌握操作方法后方可进行中子管测井操作。定期加强对操作人员的技能培训和管理，防止发生违反规程的操作。

(3) 本项目放射性工作人员 4 名，均要求取得“放射性测井类别”辐射安全防护培训合格证，并进行了个人剂量监测和职业健康体检。后续当合格证到期时，应及时进行培训学习，重新取得证书后方能上岗。

(4) 定期进行个人剂量监测和职业健康体检，建立个人剂量监测档案及职业健康档案。

(5) 每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关报送辐射环境年度评估报告。

10.2.2 X 射线探伤机维修辐射安全与防护措施

(1) 布局合理性分析

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中“探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向”的要求，本项目各工作场所布局合理性分析详见表 10.2-2。

表 10.2-2 项目工作场所布局合理性分析一览表

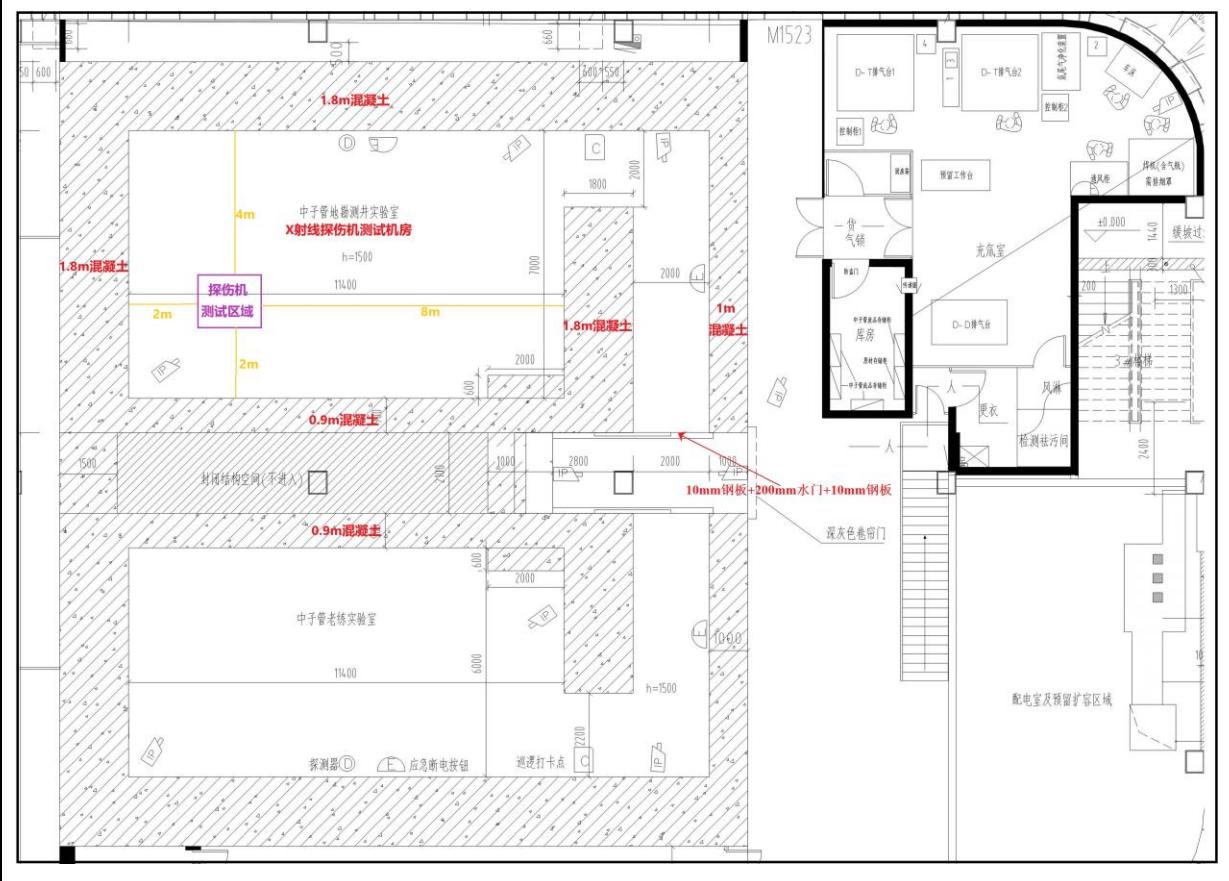
工作场所名称	工作场所布局情况	射线方向	布局合理性分析	结论
地勘测井设备实验室	X 射线探伤机测试区位于地勘测井设备实验室内，控制室位于机房东侧二层夹层内。	定向机：向西出束；周向机：向四周	本项目 X 射线机房操作间与 X 射线机房分开，照射时已经尽量避开了东侧方向，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中相关要求	合理

(2) 辐射屏蔽设计

根据建设单位提供的资料，地勘测井设备实验室防护屏蔽设计见表10.2-3、图10.2-1。

表 10.2-3 防护屏蔽设计一览表

项目名称		建设内容	
中子管地 勘测井实 验室	内部尺寸：长 11.4m，宽 7m，高 3.5m		
	屏蔽部位		防护情况
	北侧、西侧墙体		1800mm 厚混凝土
	南侧墙体		1800mm 厚混凝土（两实验室之间封闭结构，人 员无法进入，因此厚度按 2 个墙体厚度之和考虑）
	东侧墙体	迷道内墙	1800mm 厚混凝土
		迷道外墙	1000mm 厚混凝土
	顶部		1800mm 厚混凝土
南侧防护门		10mm 钢板+200mm 水门+10mm 钢板	



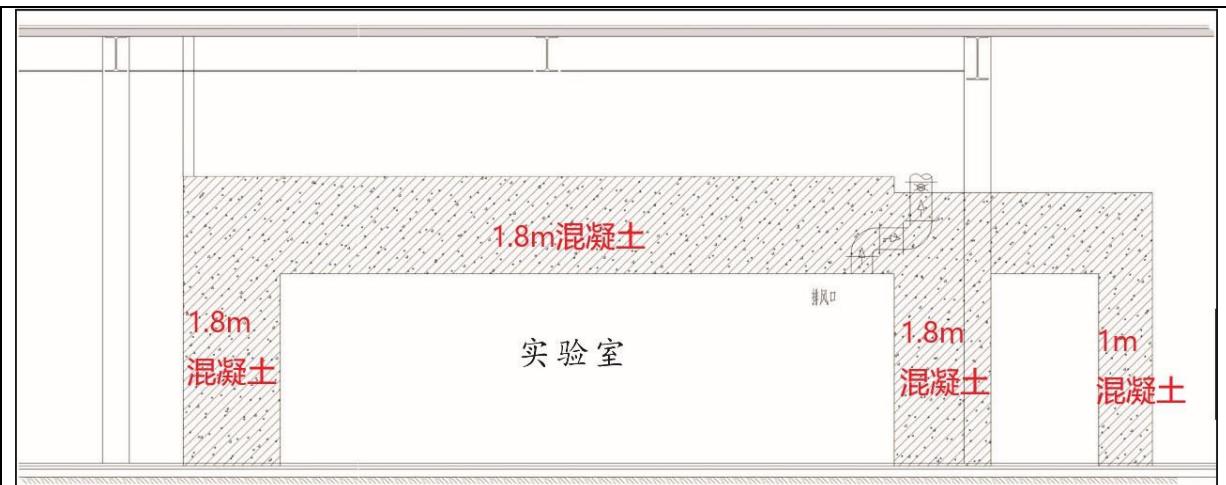


图 10.2-1 屏蔽设计图（平面图、剖面图）

（3）辐射安全设施

为了避免工作人员受到意外照射，本项目设置了完善的辐射安全联锁与警示设施。系统的安全联锁与警示设施包括门机联锁、急停按钮、工作状态指示灯、监控装置及其他安全辅助设备，具体如下：

- 1) 门-机联锁：地勘测井设备实验室进出防护门安装门-机联锁装置（均设有限位开关，只有当限位开关全部到位，才能确认为门关闭状态，反之则为门开启状态），防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束。
- 2) 工作状态指示灯：地勘测井设备实验室内安装工作状态指示灯。
- 3) 清场及急停按钮：地勘测井设备实验室内设置清场及急停按钮，能够紧急停止射线装置出束。
- 4) 急停按钮：地勘测井设备实验室内防护门口、走廊和操控区均设置急停按钮，控制室装有 1 个急停按钮。
- 5) 电离警示标志：中子管地勘测井实验室外设置电离警示标志及中文警示说明。
- 6) 固定式辐射检测仪：地勘测井设备实验室室内、走廊均设置 1 套固定式辐射检测仪。辐射检测仪配置 1 台辐射检测仪主机和探头（探头包括 1 个 γ 剂量探头、1 个中子探头）。其检测结果可以在操控室显示屏上显示。剂量监测系统与维修探伤机进行剂量联锁，当剂量超出设备的报警阈值时，自动切断电源使探伤机停机并报警。
- 7) 实时监视系统：地勘测井设备实验室室内、走廊均安装监控探头，监控范围覆盖实验室，视频显示端设置在操控室显示屏上，能实现 24 小时监控。
- 8) 出门按钮：中子管地勘测井实验室防护门旁安装 1 个出门按钮。
- 9) 配备 X- γ 剂量率监测仪，用于 X- γ 辐射剂量率监测。

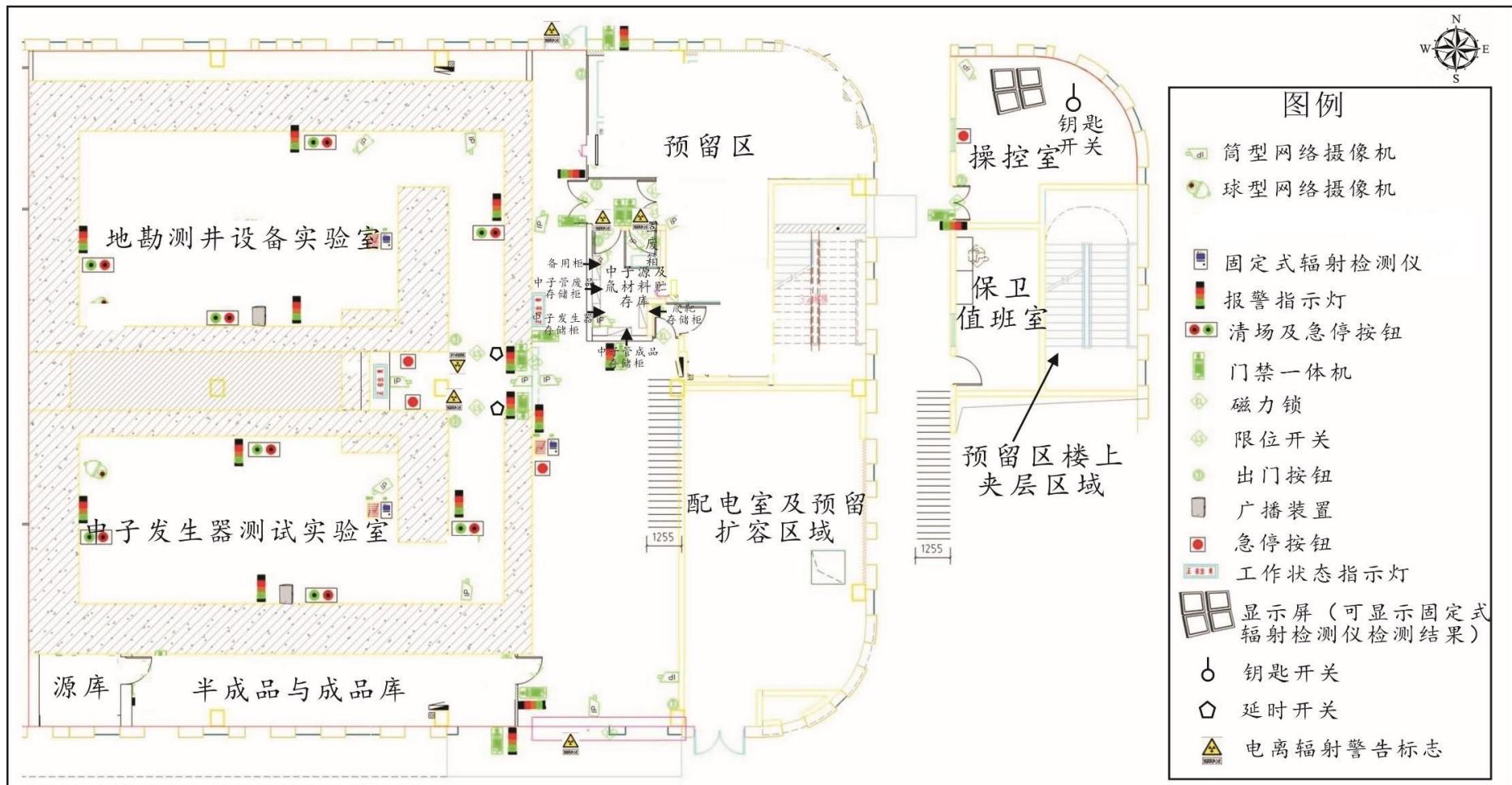


图 10.2-2 地勘测井实验室安全设施布置示意图

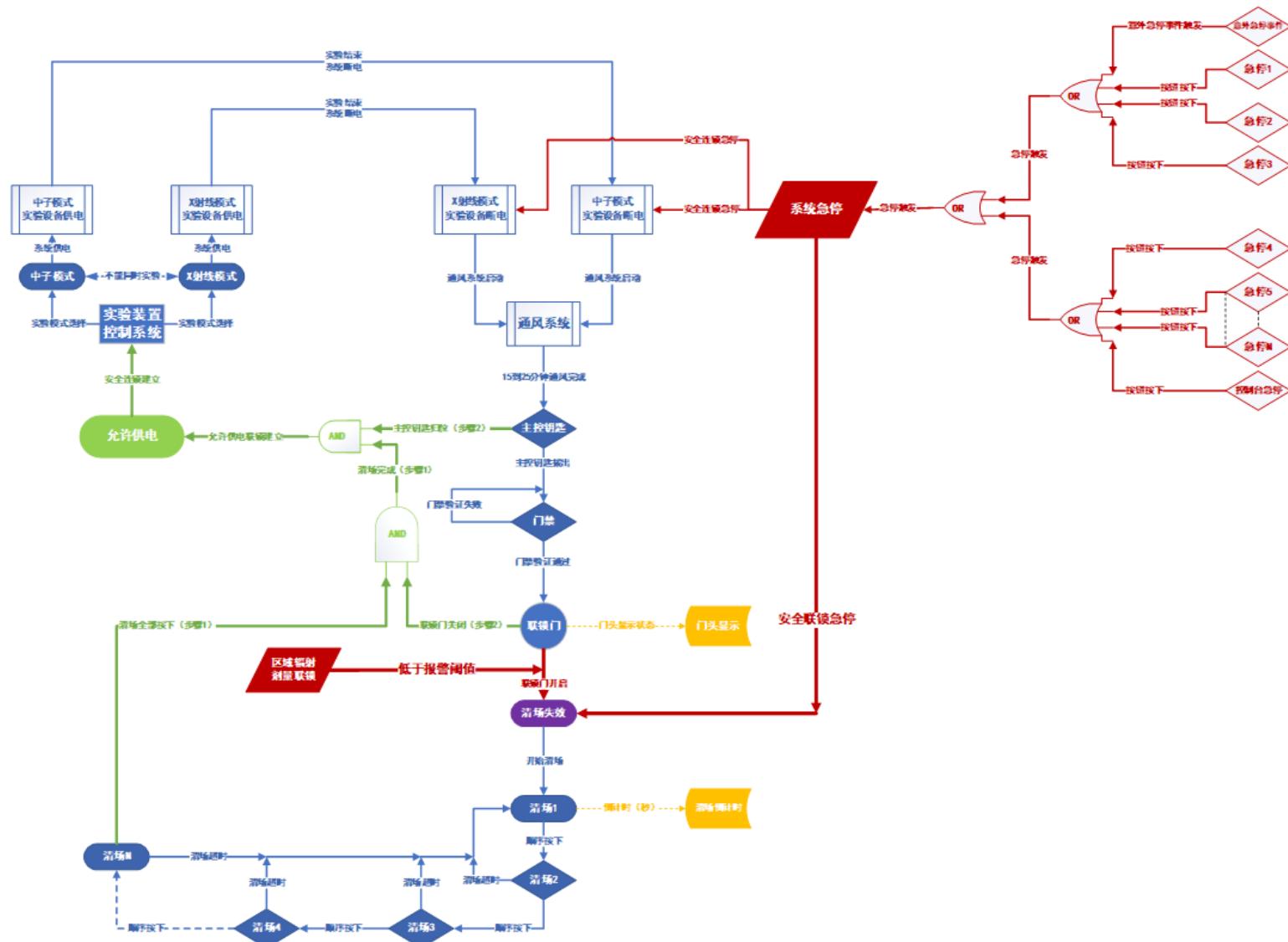
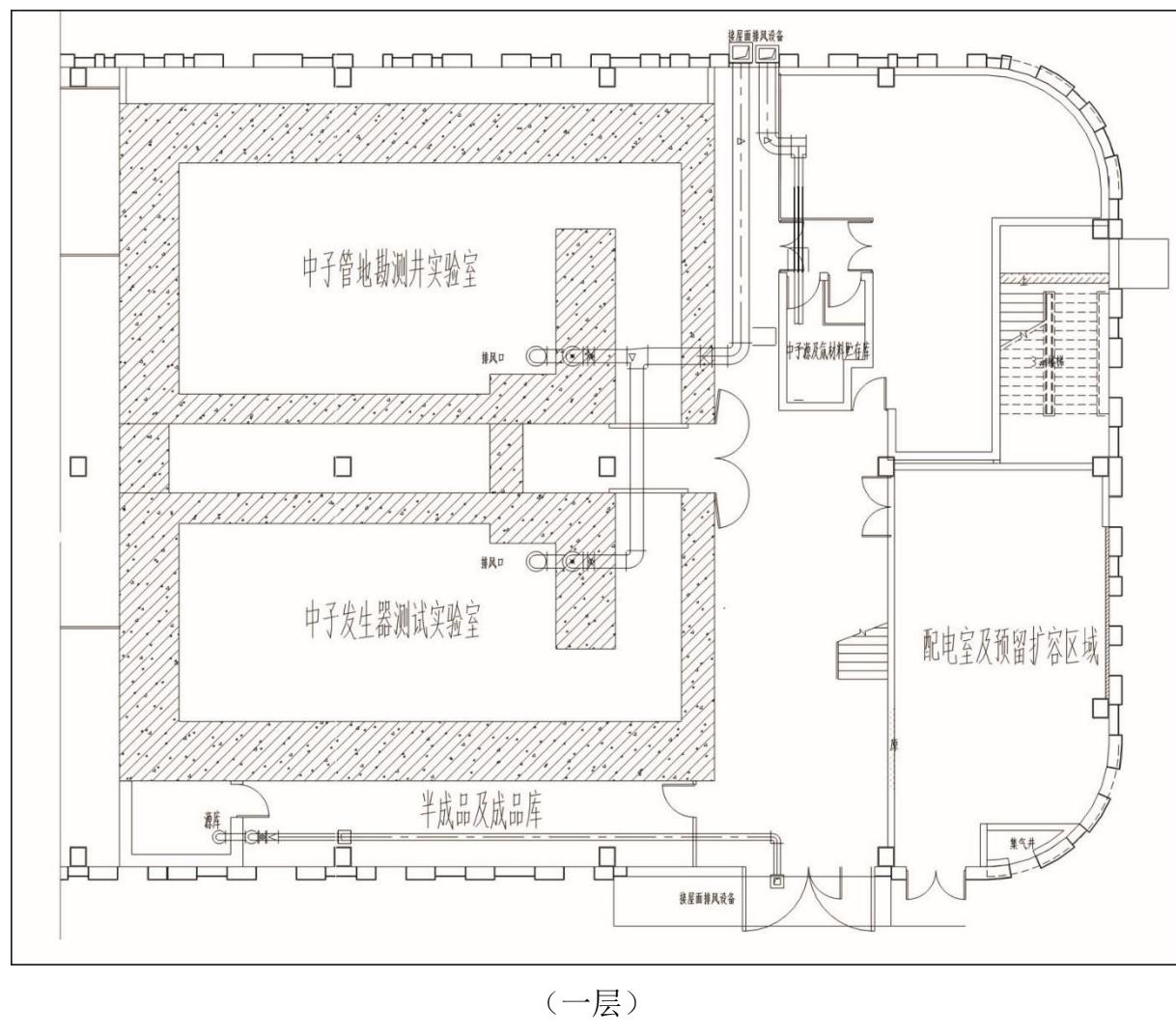


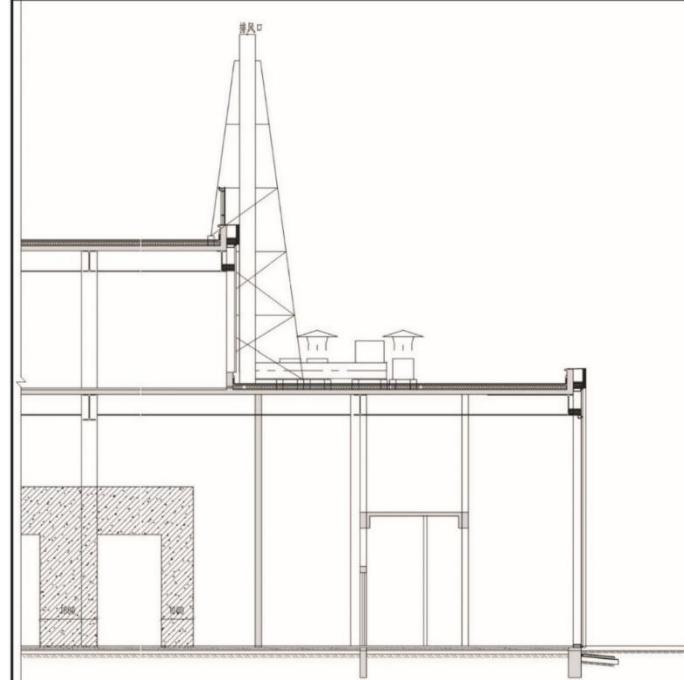
图 10.2-3 地勘测井实验室安全设施与探伤机逻辑联锁

(4) 通风设置及防护

地勘测井设备实验室有效容积为 279.3m^3 ，排风量均为 $1600\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数为 5.72 次/h。实验室设置独立机械通排风装置，排放口距地高度为 19.2m，排风口距实验室底部 20cm，排风管道先穿出屏蔽墙体，然后接屋面排风设备，经排风井延伸至建筑物屋顶，立管高于建筑物屋面 3m 且外环境排放口竖直向上，排放口周边无人员停留；送风口位于实验室的顶部，因此整个中子实验室气流方向可以做到上进下排，即新鲜的空气从顶部送风口进入，产生的废气从底部排风口排出。项目排风系统设计见图 10.2-4。

本项目地勘测井实验室的机械送排风系统满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”。





(屋顶)



(排风管道穿墙)

图 10.2-4 项目排风系统设计示意图

(5) 电缆设置

地勘测井实验室的送排风管沟、电缆沟均采用“U”型方式穿墙（见图 10.2-5），射线经多次散射或地层屏蔽后极低，对环境影响很小。高能射线机房管沟穿墙位置及穿墙方式见图 10.2-5。

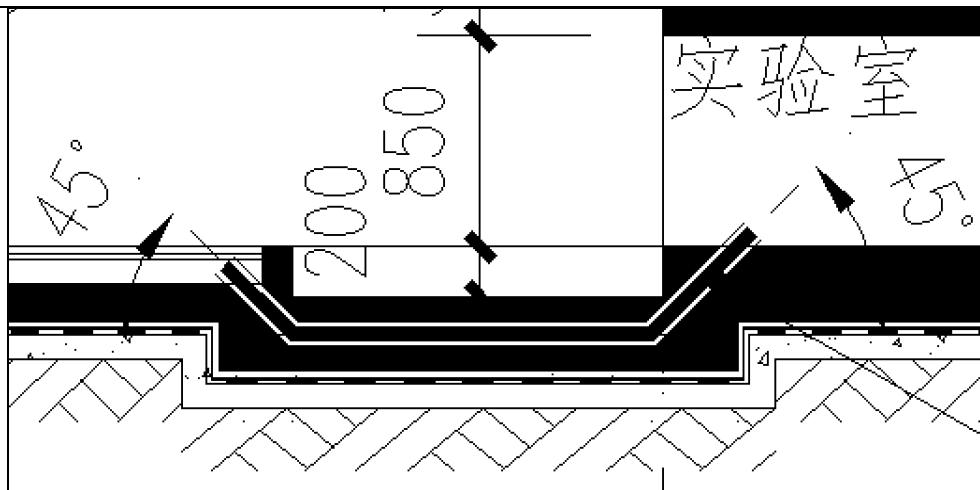


图 10.2-5 地勘测井实验室穿墙位置及电缆穿墙方式示意图

(6) 其他辐射安全防护措施

- ① 每次出束作业前应检查门-机联锁、紧急停机按钮、射线源开关钥匙、工作状态指示灯、监控设施、剂量率监测装置等辐射安全防护设施是否处于正常状态；
- ② 进入地勘测井实验室前应确认射线装置处于停束状态，并检查机房内无人且防护门关闭后方可出束；一旦发现异常，应立即关闭设备并停机检查，在未查明原因或维修结束前，该设备不得投入工作使用；
- ③ 工作人员进入无损检测机房内应佩戴个人剂量计，并携带个人剂量报警仪；
- ④ 管理制度：为严格管理，防止误操作，应制定严格的操作规范和岗位职责，出束监测期间应安排专人保管各 X 射线探伤机的钥匙开关，避免无关人员接触；
- ⑤ 监测仪器及个人防护用品：本项目建成后，企业拟为该项目配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪；每名工作人员配备 1 台个人剂量报警仪，共计 2 台，用于工作人员进出机房时随身携带。

(7) 辐射安全设计与标准、政策的相关要求对照分析

① X 射线检测机房

本项目地勘测井实验室采取的辐射安全设计与《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的符合性分析见表 10.2-4。

表 10.2-4 X 射线检测机房的辐射防护设计对照分析

项目	GBZ 117-2022 要求	本项目情况	是否符合
探伤室放射防护要求	探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物	地勘测井实验室的操控间与地勘测井实验室机房分开，已尽量避开了 X 射线探伤机的有用线束照射的方向，满足《工业	符合

	材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能	探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022) 中相关要求	
		地勘测井实验室机房四周墙体、屋顶均采用不同厚度的混凝土进行防护，探伤室门采用钢门+水门进行防护	符合
	应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871的要求	将机房内区域划分为控制区，周边相邻区域划分为监督区	符合
	探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁	地勘测井实验室机房的防护门设置门-机联锁装置，维修的 X 射线探伤机均与防护门联锁	符合
	探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明	地勘测井实验室机房门口和内部同时设置工作状态指示灯箱和声光报警装置，用不同颜色指示工作状态，并伴有声音提示，指示灯与 X 射线探伤机联锁	符合
	探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况	地勘测井实验室机房内安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可全方位、无死角地监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况	符合
	探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明	地勘测井实验室防护门外均张贴电离辐射警告标识和中文警示说明	符合
	探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法	地勘测井设备实验室内防护门口、走廊和操控区均设置急停按钮，控制室装有急停按钮。设标签标明使用方法，便于紧急状态下工作人员就近按动按钮停止曝光	符合
	探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次	机房内均设有机械送排风系统，通风换气次数为 5.72 次/h，均不小于 3 次/h，排风管道楼顶外排放，避开了人员活动密集区	符合
	探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置	机房内设置固定式场所辐射探测报警装置的探头，并操作间内设有监测结果显示面板	符合

综上，本项目地勘测井实验室 X 射线无损检测机房采取的辐射安全设计满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中相关要求。

10.3 三废的治理

10.3.1 中子发生器野外测井

(1) 废气

本项目测井现场为较开阔的场所，环境稀释、扩散能力强，中子发生器激发过程中产生的中子以及伴随产生的 γ 射线，会与空气发生电离作用，产生极少量 O_3 和 NO_x ，其经过空气稀释、扩散后以及 O_3 自然分解后，其浓度基本为环境本底水平，不会对工作人员以及周围环境产生明显影响。

(2) 固体废物

中子管具有一定的寿命，使用一段时间后，中子产额达不到规定技术要求，将会产生废中子管。含氚靶废中子管属于放射性废物，由厂家或有资质单位进行回收、处置；不含氚靶废中子管按照一般固体废物处置。

(3) 生活污水、生活垃圾

本项目中子发生器野外测井的4名工作人员测井过程中产生生活污水依托井场或周边农村现有生活污水处理设施进行收集、处理；产生的生活垃圾收集后依托井场或周边农村现有的生活垃圾收集设施进行收集。

10.3.2 X射线探伤机维修

在正常工况下，本项目地勘测井实验室在使用X射线探伤机过程中的主要污染源项为X射线、 O_3 和 NO_x 等废气；本项目不产生放射性“三废”。

(1) 废气

本项目X射线探伤机运行时将产生少量的 O_3 、 NO_x ，根据建设单位提供的资料，本项目地勘测井实验室设置机械送排风系统，排风管道引至楼顶排放，实验室机械送排风系统满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。该项目产生的 O_3 、 NO_x 较少， O_3 在一定时间后可分解为 O_2 ，经自然扩散后，对周围环境影响不大。

(2) 废水

新增2名辐射工作人员，产生的生活污水依托化粪池收集后，排入当地市政污水管网。

(3) 生活垃圾

新增2名辐射工作人员，产生的生活垃圾经公司厂区垃圾桶收集后，由环卫部门定期清运至指定地点。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

本项目利用中子发生器在油（气）井中进行测井，测井活动在井下进行，测井地点不固定，测井主要在建好的油（气）井中完成，不存在建设期环境影响。

X 射线探伤机维修后出束测试依托公司地勘测井设备实验室进行，不涉及土建内容。

11.2 运行阶段环境影响分析

11.2.1 中子发生器野外测井环境影响分析

11.2.1.1 辐射影响因素

根据建设单位提供的资料，本项目使用的 ZZKJ-FSQ-DD 测井用氘氚中子发生器最大管电压为 100kV，最大靶流 $100\mu\text{A}$ ，中子强度 $1.0 \times 10^6 \text{ n/s}$ ；ZZKJ-FSQ-DT 测井用氘氚中子发生器最大管电压为 100kV，最大靶流 $100\mu\text{A}$ ，中子强度 $1.0 \times 10^8 \text{ n/s}$ ，该中子发生器中子管内部含有一个氚靶，氚靶密封在严密包壳中，其最大放射性活度为 $1.85 \times 10^{11} \text{ Bq}$ 。中子发生器在没有通电状态下，无中子产生。对于氘氚中子发生器未通电状态下，主要为 ^3H 的衰变产生的 β 射线以及 β 射线引起韧致辐射；对于氘氚中子发生器，无射线产生。

在通电状态下，氘氚中子发生器、氘氚中子发生器分别产生 2.4MeV 、 14MeV 的快中子，快中子与地层中核素原子核发生非弹性散射，产生 γ 射线。快中子被慢化成热中子，发生俘获反应，而产生 γ 射线。

11.2.1.2 贮存、运输过程辐射影响分析

本项目中子发生器贮存时各短节拆分后装于专用仪器箱内，中子发生器日常贮存于西公司的中子发生器贮存库内。中子发生器在日常存放、运输及下井前仪器组装过程中处于断电状态，中子发生器无法工作，不能产生中子，不存在中子辐射的安全问题。

氘氚中子发生器中子管内本身含有 ^3H ， ^3H 自然衰变时释放出 β 射线，但其能量很小，穿透能力很弱，对周边环境产生的辐射影响很小。中子管由钛合金钢外壳包裹， ^3H 不易泄露，其对周边环境的影响主要考虑 β 射线引起的韧致辐射。

根据《辐射防护导论》， β 粒子所致韧致辐射的剂量可根据下式计算：

$$D=4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z_e \times (E_b/r)^2 \cdot (\mu_{en}/p) \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中：D— β 粒子产生的韧致辐射在 $r(\text{m})$ 处空气中的吸收剂量率， Gy/h ；

A—核素活度， $1.85 \times 10^{11} \text{ Bq}$ ；

Z_e —吸收 β 粒子的屏蔽材料（或靶核）的有效原子序数，靶核材料为钛原子

序数为 22;

E_b —轫致辐射的平均能量, MeV。在实际屏蔽计算时可以假定是入射 β 粒子的最大能量 1/3, 即 6.2×10^{-3} MeV。

r —计算点与 ${}^3\text{H}$ 靶之间的距离, m。计算点距测井仪表面 5cm, r 取 0.05m。

μ_{en}/p —平均能量为 E_b 的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数, $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$, 查表的 μ_{en}/p 值为 7.792。

综上, 可计算出距测井仪表面 5cm 处轫致辐射所致空气吸收剂量率 D 为 $2.23 \times 10^{-2} \mu\text{Gy}/\text{h}$, 此数值未考虑任何屏蔽情况下的计算结果。实际上测井仪外表面钛合金钢材质, 厚度 10mm, 查表可知, 能量为 20keV 的轫致辐射光子在铁中的 1/10 值层厚度为 0.55mm, 钛合金钢厚度约合 18 个 1/10 值层, 则经过屏蔽后距测井仪表面 5cm 处轫致辐射所致空气吸收剂量率远远低于本底值。

由计算结果可知, 氚氚中子发生器未通电情况下, 中子发生器内氚靶 β 射线轫致辐射所致中子发生器表面剂量率较小, 可忽略不计。综上, 中子发生器在非通电状态时, 运输、贮存过程中不会产生轫致辐射和表面污染, 主要考虑通电工作状态下对周围环境的影响。

11.2.1.3 中子发生器通电情况下辐射环境影响分析

(1) 井下测井时井口剂量率估算

根据操作规程, 使用中子发生器在井下进行测井作业时, 中子发生器在井下 200m 处通电进行工作状态检查 (检查时间以 10min 计), 随后断电下至 500~3000m 处进行打靶 (单井打靶累计时间为 20min)。工作人员在地面测井车通过相关设备进行操作, 测井车位于控制区外。本项目主要检测注水井, 入井后即进入水层。

中子管发射出的中子几乎都是快中子, 在屏蔽层中通过弹性散射和非弹性散射损失能量, 最后被井水和岩层物质吸收, 主要放出 γ 射线。从保守角度考虑, 假设中子发生器在井下 500m 处进行测井, 500m 深度上至少含有 5m 水层, 则井口处中子剂量率、 γ 辐射剂量率计算如下:

① 井口中子剂量率计算

利用《中子发生器及其应用》(原子能出版社) 推荐的估算模式和参数, 估算在井下测井时井口附近中子的剂量。

中子经过一定厚度水层后中子衰减倍数计算公式;

$$\eta = 10^{\frac{T_{H_2O}}{T_{1/10}}} \quad \text{公式 (11-2)}$$

式中: T_{H_2O} (cm)——屏蔽水层厚度(取最小水深5m), T_{H_2O} (cm)= 5×10^2 cm

$T_{1/10}$ ——水中的1/10减弱厚度值, 对于14MeV中子, 查《中子发生器及其应用》P160图2.27得40cm;

η ——中子衰减倍数;

$$H_n = 3600 \times \frac{\varphi_0 \times d_H}{4 \times \pi \times R^2 \times \eta} \quad \text{公式 (11-3)}$$

式中: φ_0 ——中子发生器1cm处的中子注量率, 从保守角度取中子发生器中子强度 $\varphi_0=1 \times 10^8$ n/s·cm²;

R ——井口到中子发生器的最近距离, 500m, $R=5 \times 10^4$ cm;

H_n ——经水屏蔽、距离衰减后井口处的中子剂量率, Sv/h;

d_H ——中子剂量转换因子(各项同性照射), 根据《中子发生器及其应用》P156表2.7查出 $E_n=14$ MeV时, 查出 $E_n=14$ MeV时, $d_H=3.33 \times 10^{-10}$ Sv/(n/cm²)。

根据公式(11-3), 计算得到中子剂量率为 1.21×10^{-21} Sv/h。

②井口 γ 辐射剂量率计算

$$H_\gamma = \frac{\dot{H}_c}{K \times R^2} \quad \text{公式 (11-4)}$$

式中, \dot{H}_c ——中子管1m处伴随产生的 γ 辐射剂量率, 根据MCNP-4C程序模拟D-T反应结果, 1m处90°方向单位中子注量与 γ 剂量比值为 7×10^{11} (n/cm²)/Gy, 本项目中子产额最大为 1×10^8 n/s, 则计算得到1m处的 γ 辐射剂量率为 5.14×10^{-5} Sv/h。

H_γ ——关注点处 γ 辐射剂量率, Sv/h;

R ——中子发生器距关注点距离, 取500m;

K —— γ 射线衰减倍数, 查《辐射防护概论》(清华大学)附表6, 对于6MeV的 γ 射线, 5m厚度水屏蔽层, 衰减倍数为 1.62×10^5 ;

由公式11-4计算, 可知该项目中子测井状态, 井口 γ 射线辐射剂量率为 1.27×10^{-15} Sv/h。

考虑中子、 γ 射线的叠加影响, 剂量率贡献值为 $H_n + H_\gamma = 1.27 \times 10^{-15}$ Sv/h, 远低于当地环境背景值(0.07~0.15 μ Gy/h), 实际测井过程中, 测井深度均大于500m, 且水层厚度远大于5m, 中子发生器通电激发状态下产生的中子以及伴随产生的 γ 射线, 经过水层

屏蔽、距离衰减后，井口剂量率远小于上述计算值，对周边环境影响较小。

（2）中子管检验时辐射环境影响分析

经估算，中子管检验在井下 200m 深度，检验时间为 10min，井口附加剂量率小于 $10^{-5}\mu\text{Sv}/\text{h}$ 量级，对周边环境影响较小。

（3）中子管测井完成后中子活化辐射环境影响分析

当测井仪在注水井下工作时，快中子对测井仪本身的材料进行照射，使材料被活化，中子发生器停止工作后，测井仪本身仍会释放出 γ 射线。

根据《石油测井中子发生器及中子管技术条件》（SY/T5419-2007）中要求：“中子发射结束后，待产品的活化伽马辐射水平符合 GB 18871-2002 中附录 A2.3c）规定的控制水平时（任何可达表面 0.1m 处所引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率应不超过 $1\mu\text{Sv}/\text{h}$ ），工作人员方可靠近产品。在产品标准和使用维修手册中应对该型号产品的活化伽马冷却时间给出具体规定”。

中子发生器停止工作后，测井仪本身仍会释放出 γ 射线，本项目采用类比数据进行分析。

根据西安志诚辐射环境检测有限公司出具的《中子管测井核技术利用项目辐射环境监测》（报告编号：XAZC-JC-2021-064），类比中子发生器参数见表 11-1，测井后中子发生器表面辐射水平监测结果见表 11-2。

表 11-1 中子发生器类比对象可行性分析

类比条件	类比中子发生器	评价中子发生器	可类比性
类型	D-T 中子发生器	D-T 中子发生器	相同
中子强度（n/s）	1.5×10^8	1×10^8	本项目更低，影响更小
氚靶活度（Bq）	4.81×10^{11}	1.85×10^{11}	本项目更低，影响更小
参数	120kV/170 μA	100kV/100 μA	本项目更低，影响更小
监测工况	90kV/170 μA	/	/
从地层抽出中子发生器到地面的时间	1h	1h	/

由表 11-1 可知，类比中子发生器与本项目中子发生器类型相同，其中子强度、氚靶活度略高于本项目，影响大于本项目产生影响。 γ 射线主要为中子轰击地层时快中子与地层元素发生的非弹性散射和热中子被吸收时伴随产生，本项目实际工作时，电压、靶

流与类比监测工况类似，中子发生器关机后从地层抽出中子发生器到地面的时间约为1h，因此类比监测结果基本可以反映本项目测井仪的辐射环境影响，类比较为可行。

表 11-2 类比测井后中子发生器表面辐射水平监测结果 单位： $\mu\text{Sv/h}$

序号	点位描述	X、 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
		测值范围	均值
1	测井后中子发生器表面 0.1m 处	0.183~0.185	0.184

备注：监测时，中子发生器已关机 1h

由表 11-2 可知，类比中子发生器在关机 1h 后，表面感生放射性最大为 $0.185\mu\text{Sv/h}$ 。根据产品方提供的资料，本项目所用中子发生器活化伽马冷却时间为 0.5h，即断电后 0.5h 后，表面 0.1m 处剂量当量率不超过 $1\mu\text{Sv/h}$ 。根据公司提供的资料，井下所有点测完后，关闭电源，预计 1h 后中子发生器提升到井口，超过设备的活化伽马冷却时间，此时表面感生放射性可以满足以上标准要求。

11.2.2 X 射线探伤机维修过程辐射影响分析

运行期主要环境影响为 X 射线探伤机高压出束时 X 射线对地勘测井设备实验室四周屏蔽面、顶面、防护门外各关注点形成的外照射。本次采用理论估算的方法分析外照射环境影响，首先核算屏蔽设计是否满足防护需求，再估算运行期各关注点的剂量率及个人年有效剂量。

根据公司工作计划，公司每年维修探伤机最多为 500 台，其中周向探伤机 250 台，定向探伤机 250 台，探伤机最大管电压为 400kV，最大管电流为 13mA；探伤机在实验室进行测试时，每次仅进行 1 台设备出束。在测试时，探伤机放置于实验室固定测试区域进行开机测试，测试区域距离实验室西侧内墙最近为 2m，距离实验室北侧内墙最近为 4m，距离实验室东侧内墙最近为 8m，距离实验室南侧内墙最近为 2m，项目运行期间产生的放射性污染物主要为 X 射线。

对于定向探伤机而言，主要照射方向墙体应考虑有用线束屏蔽，其余方向屏蔽墙体应考虑漏射线、散射线屏蔽；对于周向探伤机而言，探伤室所有屏蔽墙体均考虑有用线束屏蔽。由于本项目维修探伤机中，均涉及周向机和定向机且最大管电压均为 400kV，最大管电流均为 13mA，因此从保守角度考虑，对于本项目实验室四周墙体、顶部及防护门的屏蔽估算主要考虑周向 X 射线探伤机产生的 X 射线有用线束影响。计算时，根据探伤机可能出现的测试位置，本次主要考虑最不利情况下，探伤室的屏蔽防护能力。

11.2.2.1 地勘测井设备实验室屏蔽能力分析

1、辐射防护屏蔽理论估算模式

本项目 X 射线探伤机均布设于地勘测井设备实验室（即探伤室）内，本次按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）进行辐射防护屏蔽估算。

(1) 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

① 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按以下公式计算。

$$\dot{H}_{c,d}=H_c/ (t \cdot U \cdot T) \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中：

H_c —周剂量参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，职业工作人员 $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众 $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子；

t —探伤装置周照射时间，单位为 $\text{h}/\text{周}$ 。

t 按以下公式计算：

$$t=W/(60 \cdot I) \quad \text{公式 (11-2)}$$

式中：

W —X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值）， $\text{mA} \cdot \text{min}/\text{周}$ ；

60—小时与分钟的换算系数；

I —X 射线探伤装置在最大管电压下的最大管电流， mA 。

② 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ：

$$H_{c,max}=2.5\mu\text{Sv}/\text{h} \quad \text{公式 (11-3)}$$

③ 关注点剂量率参考控制水平

H_c 为上述 $H_{c,d}$ 和 $H_{c,max}$ 二者的较小值。

(2) 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

① 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同公式 (11-1)。

② 除①的条件外，应考虑下列情况：

a 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按(11-1)的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 加以控制。

b 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

本项目实验室顶部主要为仓库、设备间和库房, 人员预计可到达, 因此探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平取 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 有用线束的屏蔽

① 关注点剂量率达到参考控制水平 \dot{H}_c 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按公式 (11-4) 计算, 然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X:

$$B = \dot{H}_c \cdot R^2 / (I \cdot H_0) \quad \text{公式 (11-4)}$$

式中: B——为屏蔽透射因子;

\dot{H}_c ——为(1)确定的剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

R——为辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

I——为 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

H_0 ——为距离辐射源点 (靶点) 1m 处的输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。

② 对于给定屏蔽物质 X 时, 由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量 \dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按下式计算:

$$\dot{H} = (I \cdot H_0 \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 (11-5)}$$

式中:

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

H_0 ——距离辐射源点 (靶点) 1m 处的输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ;

B——屏蔽透射因子;

R——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m。

(3) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

屏蔽厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的关系见公式 (11-6)、公式 (11-7), 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 表 B.2 的查出 TVL:

a 对于给定的屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下式计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{公式 (11-6)}$$

式中: X——屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL——屏蔽物质的什值层厚度。

b 对于估算出的屏蔽透射因子 B, 所需的屏蔽物质厚度 X 按下式计算:

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{公式 (11-7)}$$

式中: TVL——为屏蔽物质的什值层厚度, mm;

B——为达到剂量率参考控制水平 H_c 时所需的屏蔽透射因子。

(4) 散射辐射的屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下:

a 90°散射辐射的 TVL

X 射线 90°散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量, 使用该散射线 X 射线最高能量相应的 X 射线(见表 11-3)的 TVL(见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 表 B.2) 计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 11-3 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
150≤kV≤200	150
200<kV≤300	200
300<kV≤400	250

注: 参照 ICRP Publication 33 表 3, 管电压为 450kV 的散射辐射取 350kV 的相关参数进行计算

b 关注点剂量率达到参考控制水平 H_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算。按表 11-2 对应的 90°散射辐射 (kV), 并确定相应的 TVL, 然后按照公式 (11-7) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = (H_c \cdot R_s^2) / (I \cdot H_0) \cdot R_0^2 / (F \cdot a) \quad \text{公式 (11-8)}$$

式中:

H_c ——按(1)确定的剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

R_s ——散射体至关注点的距离, m;

R_0 ——辐射源点至探伤工件的距离, m;

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

H_0 ——距离辐射源点(靶点) 1m 处的输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ;

F—— R_0 处的辐射野面积, m^2 ;

α ——散射因子, 入射辐射被单位面积散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比, 见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T

250-2014) 附录 B 的 B.4;

c 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B, 按表 11-2 并查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 的 B.1 的相应值, 确定 90°散射辐射 (kV) 的 TVL, 然后按公式 (11-6) 计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} 按下式计算:

$$\dot{H} = (I \cdot H_0 \cdot B / R_s^2) \cdot (F \cdot a) / R_0^2 \quad \text{公式 (11-9)}$$

式中:

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的最大常用管电流, mA;

H_0 ——距离辐射源点(靶点) 1m 处的输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B——屏蔽透射因子;

F—— R_0 处的辐射野面积;

R_s ——散射体至关注点的距离, m;

R_0 ——辐射源点至探伤工件的距离;

a——散射因子。

2、防护能力估算

(1) 理论估算情形设定及参数

根据建设单位提供的资料, 本次对地勘设备实验室屏蔽情况进行核算。根据公司提供资料可知, 本项目探伤机最大管电压为 400kV, 探伤机的滤过条件主要为 3mm 铜, 因此根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 B.1 可知, 探伤机距靶 1m 处辐射输出量为 $23.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 此管电压下产生的 X 射线混凝土什值层 $\text{TVL} = 100 \text{mm}$ 。散射后对应 250kV 管电压下钢什值层 $\text{TVL} = 9 \text{mm}$ (钢的 TVL 值取自 NCRP 报告 151 号中 P158 附图中的数据)。

各主要关注点为四周屏蔽面外 0.3m 处、防护门外 0.3m 处及屋顶外 0.3m 处, 关注点布设见图 11-1~图 11-2。本次实验室屏蔽能力估算参数选取见表 11-4。

表 11-4 实验室各关注点辐射屏蔽计算参数选取一览表

对象	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	距辐射源 1m 处的输出量 H_0 (mSv·m ² /mA·min)	什值层厚度 (mm)		关注点位置	使用因子 U	居留因子 T	辐射源与关注点距离 R (m)	需屏蔽的辐射源
				钢	混凝土					
周向 X 射线探伤机	400	13	23.5	9 (散射等效 250kV 管电 压条件下)	100	A: 北墙外 0.3m 处	1	1	6.1	有用线束
						B: 西墙外 0.3m 处	1	1	4.1	有用线束
						C: 南墙外 0.3m 处	1	1	6.2	有用线束
						D: 东墙外 0.3m 处	1	1	13.1	有用线束
						E: 防护门外 0.3m 处	1	1	10+8.2 (散射路径)	散射辐射
						F: 屋顶外 0.3m 处	1	1	4.6	有用线束

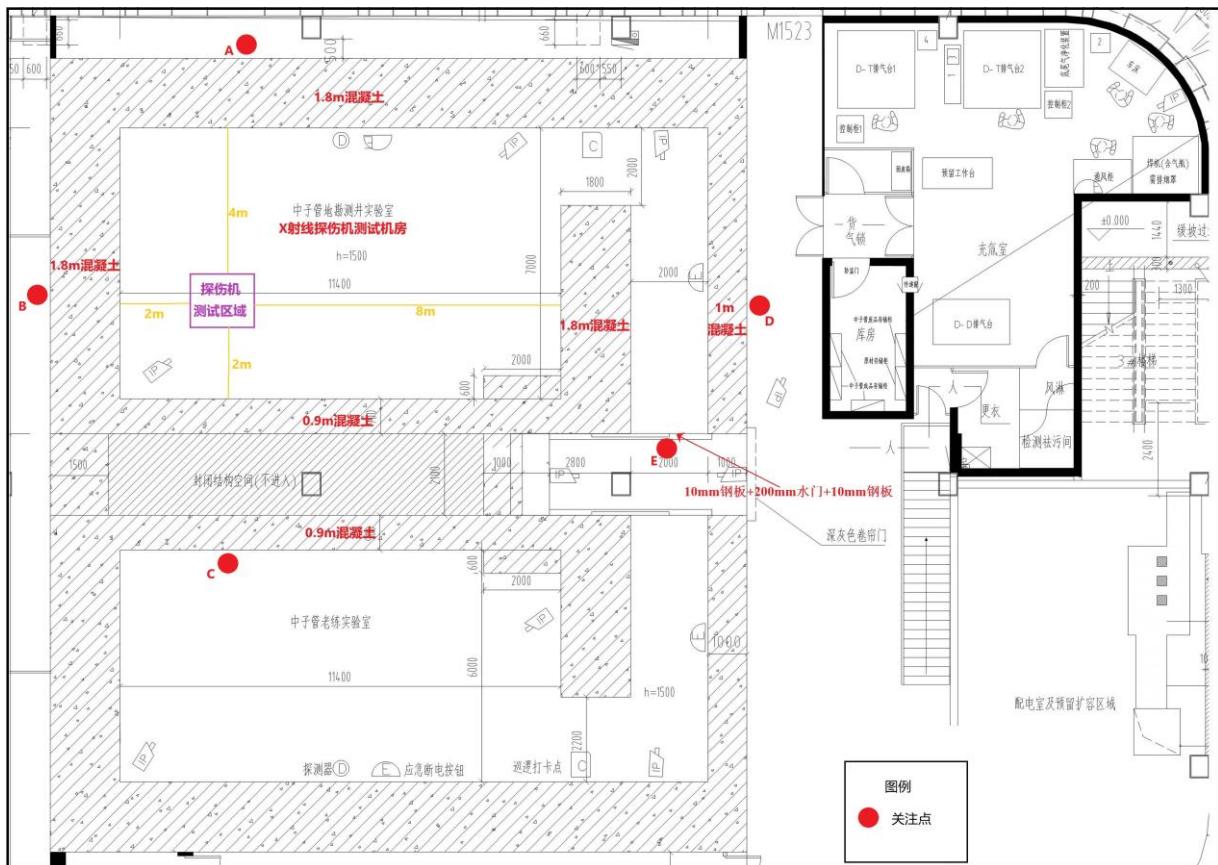


图 11-1 关注点位置选取 (1)



图 11-2 关注点位置选取 (2)

(2) 关注点剂量率参考控制水平

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，地勘测井设备实验室各关注点的剂量率参考控制水平取值见表 11-5。

表 11-5 关注点剂量率参考控制水平选取一览表

序号	对象	关注点位置	周照射时间 (h)	关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	居留因子	导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	关注点剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1	职业人员	A: 北墙外 0.3m 处	2.33	2.5	1	42.9	2.5
		B: 西墙外 0.3m 处	2.33	2.5	1	42.9	2.5
		C: 南墙外 0.3m 处	2.33	2.5	1	42.9	2.5
		D: 东墙外 0.3m 处	2.33	2.5	1	42.9	2.5
		E: 防护门外 0.3m 处	2.33	2.5	1	42.9	2.5
		F: 屋顶外 0.3m 处	2.33	2.5	1	42.9	2.5
	公众	西侧清洗室等辅助用房人员停留位置	2.33	2.5	1/8	17.2	2.5
		保卫值班室人员	2.33	2.5	1/2	4.3	2.5
		厂房外道路人员	2.33	2.5	1/40	85.8	2.5

(3) 实验室工作场所辐射水平

根据公式及表 11-3 和表 11-5 各参数取值，本项目地勘测井设备实验室设备在工作状态下各关注点的辐射剂量率估算结果见表 11-6。

表 11-6 实验室各关注点剂量率估算结果

序号	关注点	类别	最近距离 m	屏蔽厚度	B	辐射剂量率 (μSv/h)
1	北墙外 0.3m 处	有用线束	6.1	180cm 混凝土	1×10^{-18}	4.93×10^{-13}
2	西墙外 0.3m 处	有用线束	4.1	180cm 混凝土	1×10^{-18}	1.09×10^{-12}
3	南墙外 0.3m 处	有用线束	6.2	180cm 混凝土	1×10^{-18}	4.77×10^{-13}
4	东墙外 0.3m 处	有用线束	13.1	280cm 混凝土	1×10^{-28}	1.07×10^{-23}
5	防护门外 0.3m 处	散射线束	10+8.2 (散射路径)	20mm 钢	5.99×10^{-3}	1.24×10^{-3}
6	屋顶外 0.3m 处	有用线束	4.6	180cm 混凝土	1×10^{-18}	8.66×10^{-13}
7	人员操作位	有用线束	21.9	280cm 混凝土	1×10^{-28}	3.82×10^{-24}
8	西侧清洗室等辅助用房人员停留位置	有用线束	6.1	180cm 混凝土	1×10^{-18}	4.93×10^{-13}
9	保卫值班室人员	有用线束	17.5	280cm 混凝土	1×10^{-28}	5.99×10^{-24}
10	厂房外道路人员	有用线束	7.8	180cm 混凝土	1×10^{-18}	3.01×10^{-13}

由表 11-6 估算结果可知, 本项目地勘测并设备实验室在最大工况运行时, 机房四周屏蔽体、屋顶、防护门外 0.3m 处的辐射剂量率范围为 $1.07 \times 10^{-23} \sim 1.24 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$, 均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”。

11.3 辐射剂量估算与评价

本次剂量估算主要依据辐射剂量学原理进行理论剂量估算, 预测射线装置投入运行后对职业人员和公众辐射影响。

γ 射线或中子外照射所致人员年有效剂量计算公式如下:

$$H = D \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{mSv}) \quad (\text{公式 11-10})$$

式中: H— γ 射线或中子外照射所致人员年有效剂量当量, mSv;

D—人员停留位置处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t—人员年接触 γ 射线或中子时间, h;

T—人员在相应关注点驻留的居留因子。

11.3.1 中子发生器野外测井人员年附加有效剂量估算

(1) 职业人员辐射剂量估算与评价

由前面 11.2 章节辐射环境分析结果可知, 中子发生器贮存、运输状态下, 中子发生器未通电情况下, 其中子发生器内 ${}^3\text{H}$ 衰变产生的 β 射线产生韧致辐射导致中子发生器表面剂量率远远低于本底值, 不会对工作人员以及公众参加附加剂量。

中子发生器检验以及测井过程中, 中子发生器至少位于井下 200m 深度, 井口附加剂量率小于 $10^{-5}\mu\text{Sv}/\text{h}$ 量级, 工作人员操作时位于井口 30m 外, 根据剂量率随距离的平方成衰减关系, 此时工作人员操作位置处附加剂量率小于 $10^{-7}\mu\text{Sv}/\text{h}$ 量级, 该剂量率已远远小于当地环境本底, 不会对工作人员附加有效剂量。

中子发生器测井过程完成 60min 后, 工作开始进行中子发生器的拆卸工作, 由表 11-2 可知, 此时距离中子发生器 0.3m 处剂量率为 $0.185\mu\text{Sv}/\text{h}$ (环境本底值为 $0.117\mu\text{Sv}/\text{h}$), 工作人员年最大测井数量为 200 口, 每次测井完成后, 中子发生器拆卸最长时间为 10min, 全年总接触时长为 33.33h, 则根据公式 11-10, 计算得到测井工作人员最大年附加有效剂量为 0.002mSv 。

综上所述, 中子发生器测井过程对测井人员的辐射影响基本可以忽略, 该项目运行后对职业人员的辐射影响主要在测井工作完成以后, 中子发生器因被活化而短时间内对测井工作人员的造成外照射, 其所致测井工作人员最大年附加有效剂量为 0.002mSv , 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的职业人员年有效剂量基本限值 ($20\text{mSv}/\text{a}$) 和本次评价提出的 5mSv 年有效剂量约束值。

(2) 公众剂量估算与评价

本项目测井人员接到测井任务到达测井现场后, 首先对测井现场进行清场, 让无关人员远离测井区域, 在井口 30m 外设置警戒线, 测井过程中, 中子发生器位于井下至少 200m 深度处, 在警戒线外设置专人警戒, 防止公众进入操作区边界范围内。由于本项目测井现场位于野外, 当地居民一般难以达到测井区域, 加之采取设置警戒线、专人警戒等措施后, 当地居民最大可达到的位置为井口 30m 外, 此处中子发生器测井运行所附加的最大剂量率小于 $10^{-7}\mu\text{Sv}/\text{h}$ 量级, 由于测井现场不固定, 且当地居民在测井区域停留次数较少、所接触射线的时间较短, 经估算, 中子发生器运行所致当地居民的年附加有效剂量极小, 可忽略不计。

对于公众的剂量估算, 主要考虑中陕核(西安)中子科技有限公司的其他工作人员(非放射性测井人员), 其最大可达到的位置为井口 30m 外, 中子发生器测井过程中,

井口外 30m 处剂量率小于 $10^{-7}\mu\text{Sv}/\text{h}$ 量级。根据建设单位提供的资料, 单口井中子发生器累计开机通电时间为 20min, 全年人员年测量 200 口井, 则该项目所致非放射性测井人员(公众)最大年附加有效剂量小于 $10^{-5}\mu\text{Sv}$ 量级, 满足本次评价提出的 0.1mSv 年附加有效剂量约束值要求。

11.3.1 X 射线探伤机维修人员年附加有效剂量估算

根据建设单位提供的资料, 本项目地勘测井设备实验室内每次仅 1 台 X 射线探伤机出束测试, 本次从保守角度考虑, 按照最大周向探伤机全年出束考虑地勘测井设备实验室外屏蔽体剂量率、人员停留时间, 计算射线运行对辐射工作人员及公众影响。探伤机运行时所致的辐射工作人员及公众的年附加有效剂量估算结果见表 11-7

表 11-7 实验室维修探伤机运行时个人年附加有效剂量估算结果

序号	对象	关注点位置	年照射时间 (h)	关注点最高剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	居留因子	年附加有效剂量 mSv
1	职业人员	人员操作位置	83.3	3.82×10^{-24}	1	3.18×10^{-25}
	公众	西侧清洗室等辅助用房人员停留位置	83.3	4.93×10^{-13}	1/8	5.13×10^{-15}
		保卫值班室人员	83.3	5.99×10^{-24}	1/2	2.49×10^{-25}
		厂房外道路人员	83.3	3.01×10^{-13}	1/40	6.27×10^{-16}

表 11-7 估算结果可知, 本项目各射线装置运行所致辐射工作人员的年有效剂量最大为 $3.18 \times 10^{-25}\text{mSv/a}$, 低于本项目辐射工作人员的剂量约束值 5mSv/a ; 本项目各射线装置运行所致公众的年有效剂量最大值为 $5.13 \times 10^{-15}\text{mSv/a}$, 低于本项目公众人员的剂量约束值 0.1mSv/a 。

11.4 其他环境影响分析

11.4.1 中子发生器测井其他环境影响分析

(1) 大气污染物环境影响分析

本项目测井现场为较开阔的场所, 环境稀释、扩散能力强, 中子发生器通电激发过程中产的中子以及伴随产生的 γ 射线, 会与空气发生电离作用, 产生极少量 O_3 和 NO_x , 其经过空气稀释、扩散后以及 O_3 自然分解后, 其浓度基本为环境本底水平, 不会对周围环境产生明显影响。

(2) 固体废物环境影响分析

氘氚中子发生器内中子管寿命到期后或中子产额达不到规定技术要求, 会产生废中子管, 由于废中子管内仍含有 ^3H 靶, 将其由原生产厂家负责回收、处置。如果因特殊

情况无法返回生产厂家，将送交取得相应资质的放射性固体废物贮存单位集中贮存。

11.4.1 X 射线探伤机维修环境影响分析

本项目各 X 射线探伤机运行时将产生少量的 O_3 、 NO_x ，根据建设单位提供的资料，本项目地勘测井设备实验室设置机械送排风系统，机房通风量及通风换气次数均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，本项目各 X 射线无损检测机房的排风管道引至楼顶外排放，已有效避开人员密集活动的方向，对环境影响小。

11.6 事故环境影响分析

11.6.1 中子发生器事故影响分析

本评价项目发生事故的风险主要是测井人员不按相关操作规程操作而引起测井现场的误照射或管理不善导致中子发生器丢失、被盗等事故，因此平时必须严格各项管理制度，定期检查各项辐射安全措施，严格遵守操作规程。

（1）中子发生器误照射事故

由于管理不善，操作规程执行不到位，中子发生器未进入钻井或未到达井下一定深度就对中子发生器通电发射中子，造成测井现场相关人员误照射。从保守角度，考虑中子发生器在井口通电发射中子，不考虑中子屏蔽，则根据公式 11-3，可计算出中辐射工作人员不同距离不同接触时间所产生的剂量，估算结果见表 11-8。

表 11-8 中子发生器井口通电产生中子所致人员剂量估算 mSv/次

距离 m	接触中子射线时间					
	5min	10min	20min	30min	1h	5h
1	7.95E-02	1.59E-01	3.18E-01	4.77E-01	9.54E-01	4.77E+00
5	3.18E-03	6.36E-03	1.27E-02	1.91E-02	3.82E-02	1.91E-01
10	7.95E-04	1.59E-03	3.18E-03	4.77E-03	9.54E-03	4.77E-02
20	1.99E-04	3.98E-04	7.95E-04	1.19E-03	2.39E-03	1.19E-02
30	8.84E-05	1.77E-04	3.54E-04	5.30E-04	1.06E-03	5.30E-03

由表 11-8 可知，当中子管测井仪因操作不当发生误照射时，假设操作人员距离中子管测井仪 1m，人员受到的剂量率为 0.954mSv/h ，误照射 5h 后辐射工作人员剂量基本接近 5mSv 。假设操作人员位于控制区外 30m 处，中子管测井仪在井口发生误照射，人员受到的剂量率为 $1.06 \times 10^{-3}\text{mSv/h}$ 。根据中子管测井的实际操作情况，发生以上事故时，不可能累积照射达到 5h 以上，因此测井仪发生误照射事故时，只要处理迅速，及时切断

供电，就可以避免对人员的大剂量照射。

事故应急措施：

①发生辐射事故时，应立即启动本单位事故预案，第一时间消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大。由于中子发生器是在通电的前提下才能发射中子，所以在出现误照射事故后必须第一时间断开电源，停止中子发射。在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。

②及时将受照人员送往指定的医院，进行医学救护，估算人员受照剂量。造成或可能造成人员超剂量照射，同时向当地卫生行政部门报告

③调查事故原因以及过程，总结原因、经验和教训，提出预防措施，防止事故再次发生。

（2）中子发生器感生放射性误照射事故

测井结束后，操作人员未按照操作规程，在中子发生器断电后未到预定的停留时间便将中子发生器升上地面，测井人员进行中子发生器拆卸操作，测井人员因受到中子发生器部件感生放射性而受到额外辐射照射。中子发生器断电后，中子发生器表面仍残留较大的感生放射性，依据 MCNP-4C 程序模拟 D-T 反应结果，中子发生器断电后的瞬间其表面 1m 处 γ 剂量率高达 $5.14 \times 10^{-5} \text{ Sv/h}$ ；从保守角度考虑，中子发生器最大拆卸操作时间为 10min，且不考虑感生放射性核素随时间衰变，则整个拆卸过程中，所致人员的最大剂量为 0.008mSv。

事故应急措施：①发生此类辐射事故时，测井工作人员应立即远离中子发生器，撤离至中子发生器 30m 外，记录时间，并在中子发生器 30m 外设置警戒线，安排专人警戒，防止无关人员接触中子发生器，额外增加辐射剂量。造成或可能造成人员超剂量照射，同时向当地卫生行政部门报告。

② 30min 后，由其他测井人员携带 γ 剂量率监测仪器，测量中子发生器表面剂量率水平，待其表面剂量率降低至 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 或更低水平，再从事中子发生器的拆卸操作。

③ 调查事故原因以及过程，总结原因、经验和教训，提出预防措施，防止事故再次发生。

（3）中子发生器氚靶泄漏事故

氘氚中子发生器因人为因素被破坏，致使中子管内氚靶泄漏在地面。由于本项目每个中子发生器内氚靶出厂放射性活度 $1.85 \times 10^{11} \text{ Bq}$ ， ^3H 的衰变方式为 β^- 衰变，衰变产生的 β 射线贯穿能力较弱，活度较小，且为固体，泄漏在地面的氚靶不会对人员产生外照

射影响，不会导致出现年有效剂量超过限值情况。

事故应急措施：发现氚靶泄漏后，现场负责人立即组织周围人员撤离，封锁现场，划定警戒区域，立即报告本单位辐射安全与环境保护领导机构，组织相关技术人员妥善将氚靶收回。

（4）中子发生器丢失或被盗事故

若发生中子发生器丢失或被盗事故，中子发生器未通电情况下，不会对人员产生辐射影响。中子发生器通电情况下，会产生大量中子射线以及感生放射性，可能会对附近人员产生辐射影响，进而可能出现人员受到超过年剂量限值的情况。

事故应急措施：若发生中子发生器丢失或被盗事故，当事人应立即保护现场，报告辐射安全与环境保护领导机构，启动单位应急预案：及时封锁现场，禁止人员进入，在2小时内报当地生态环境部门、卫生部门、公安部门，并在行政主管部门的部署下展开应急工作，查找、搜寻丢失的中子发生器。

11.6.2 X射线探伤机维修辐射事故环境影响分析

项目维修的X射线探伤机均为II类射线装置，在运行过程中可能发生的事故有：

(1) X射线探伤机开机检测时，操作人员滞留地勘测井设备实验室内，造成超剂量照射；

(2) 安全联锁装置失效，操作人员或公众误入地勘测井设备实验室内造成超剂量照射；

(3) X射线探伤机出现故障时不受控出束，对射线装置周围活动人员产生误照射。

本项目地勘测井设备实验室配备2名辐射工作人员，该辐射工作人员仅参加本机房的出束测试工作，且每次仅进行单台设备操作，不同时操作多台设备。

本项目射线装置运行期间，出现如安全联锁装置失效，人员滞留无损检测机房内或设备故障不受控制等事故工况，将会对工作人员及周围活动的公众造成误照射。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）有关规定，工作人员连续5年接受的年平均有效剂量不应超过20mSv，任何一年接受有效剂量不应超过50mSv。

本次假设防护门未关闭、人员误入无损检测机房受到误照射。参照前文相关公式，结合机房长宽尺寸，估算人员在距射线装置不同距离处时所受的有效剂量，结果见表11-9。

表 11-9 X 射线探伤机事故情况下人员误留不同时间时的受照剂量表 (单位: mSv)

射线能量	距离 (m)	停留时间 (s)						
		1	2	3	4	5	10	20
400kV	1.5	2.3	4.5	6.8	9.1	11.3	22.6	45.3
	2.5	0.8	1.6	2.4	3.3	4.1	8.1	16.3
	3.0	0.6	1.1	1.7	2.3	2.8	5.7	11.3
	3.5	0.4	0.8	1.2	1.7	2.1	4.2	8.3
	4.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	3.2	6.4
	4.5	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	2.5	5.0
	5.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	4.1

由表 11-8 估算结果可知, 本项目 X 射线探伤机发生辐射安全事故时, X 射线无损检测机房内不同距离处、不同受照时间情况下受照剂量不同。在距离 400kV X 射线探伤机 1.5m 处时, 职业人员停留 2s 后受照剂量即达到本次环评提出的剂量约束值 (职业工作人员 5mSv/a)。

事故防范措施建议:

为避免以上事故, 日常运行时辐射工作人员应采取以下事故防范措施:

- (1) 辐射工作人员须严格按照操作规程操作, 工作时按规定佩戴个人剂量报警仪, 如出现设备不能正常运行或无法停止照射时, 应立即按下紧急停机按钮, 强制停止照射;
- (2) 为防止人员滞留在机房内受到误照射, 每次照射前应进行检查, 确保机房内无人员滞留后方可关闭防护门;
- (3) 定期检查辐射安全管理制度落实情况, 发现问题及时纠正。

事故应急处置措施:

如发生辐射事故, 应立即启动本单位的辐射事故应急预案, 采取以下应急措施:

- (1) 第一时间切断设备电源, 确保射线装置停止出束, 现场负责人设置警戒线, 组织人员远离, 防止无关人员进入, 同时将事故情况上报应急领导小组;
- (2) 应急领导小组初步评估受照剂量, 组织人力将受照人员送往医院, 并联系市疾控中心进行检测;
- (3) 现场负责人填写辐射事故现场调查表, 随时反馈信息; 应急领导小组在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》并上报给所在地生态环境主管部门, 必要时向所在地公安部门报告, 可能造成人员超剂量照射时应同时向所在地卫生行政主管部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 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》第十六条规定：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的工作单位，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具有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和环境保护管理工作。

中陕核（西安）中子科技有限公司已成立公司主要领导为负责人的辐射安全与环境保护领导机构，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并明确领导机构相关成员，规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明，并安排专业技术人员，专职或兼职负责射安全和环境保护具体管理工作。

该公司辐射安全与环境保护领导小组组长：张鹏（总经理）

副组长：陆杰（副总经理）、宋磊（副总经理）

辐射安全负责人：张敏

成员：闫星泉、牛飞云、高磊、刘韵洋、董荣

该领导小组应全面负责公司的辐射安全管理及相关工作，主要包含以下职责：认真贯彻执行国家放射性同位素和射线装置的法律、法规，接受国家和地方生态环境部门的监督与检查；对公司的放射源、非密封放射性物质、射线装置工作负总责，保证无辐射事故发生；制定本公司的放射源、非密封放射性物质、射线装置管理规定；负责对全公司辐射安全与防护工作进行监督，检查各种制度及防护措施的贯彻落实情况；组织实施辐射工作人员关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作；会同上级有关部门按有关规定调查和处理辐射事故，并对有关责任人员提出处理意见。

12.2 辐射安全与防护培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）中规定，“使用放射性同位素或射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事使用活动的操作人员以及辐射防护负责人由具备一定条件的培训单位进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗”。

中陕核（西安）中子科技有限公司拟配备放射性测井人员4名、2名X射线探伤机维修人员。

环评要求：公司从事放射性测井人员和 X 射线探伤机维修人员应通过生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识、相关法规，经考核合格后，分别取得“放射性测井”、“X 射线探伤”类别成绩单后，持证上岗。取得成绩单人员，应定期接受再教育。未取得成绩单的人员，不得进行放射性操作。

12.3 辐射安全管理规章制度

中陕核（西安）中子科技有限公司现有辐射安全防护管理及规章制度，主要有：《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》《辐射安全管理部門安全职责》《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》和《辐射事故应急预案》等规章制度。

中陕核（西安）中子科技有限公司该项目为使用II类射线装置活动，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部第 31 号令）等相关法律、法规要求，结合所使用的中子发生器测井、维修 X 射线探伤机的具体实践，制定辐射安全管理制度和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度，加强对放射性操作人员的培训，确保射线装置的安全使用。

依据《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29 号）相关规定，应对核技术利用项目进行辐射安全管理标准化建设工作。公司制度建立与执行实际建设情况与标准化建设相关要求对照情况见表 12-1。

表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

内容	管理要求	有/无
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	有
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账	有
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案	有
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案	有
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证个人剂量监测档案	有

	的连续有效性	
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度(包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容),并建立维护、维修工作记录档案(包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间)	有
	建立辐射环境监测制度,定期对辐射工作场所及周围环境进行监测,并建立有效的监测记录或监测报告档案	有
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度,定期对监测仪器设备进行检定,并建立检定档案	有
应急管理	结合本单位实际,制定可操作性的辐射事故应急预案,定期进行辐射事故应急演练 辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容:①可能发生的辐射事故及危害程度分析;②应急组织指挥体系和职责分工;③应急人员培训和应急物资准备;④辐射事故应急响应措施;⑤辐射事故报告和处理程序	有
环评要求:公司应针对中子发生器测井、X射线探伤机实际情况,完善《中子发生器操作规程》、《辐射工作人员以及辐射管理人员岗位职责》、《辐射防护与安全保卫制度》、《辐射设备维护与维修制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量检测制度》、《辐射工作人员职业健康检查制度》、《辐射环境监测计划》、《辐射事故应急预案》等制度,并根据国家最新法律法规相关规定,不断对制定的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案加以完善,使其具有更强的针对性和可操作性。		
12.4 人员培训及工作人员个人防护		
中陕核(西安)中子科技有限公司现有12名辐射工作人员,均参加了辐射安全与防护培训班学习和考核,并取得了培训合格证明。		
中陕核(西安)中子科技有限公司现有辐射工作人员于2025年在核工业四一七医院进行了职业健康检查。根据核工业四一七医院出具的《西安航天发动机有限公司职业健康检查总结报告》,中陕核(西安)中子科技有限公司2025年的职业健康检查中未发现疑似放射性疾病及职业禁忌症,在职人员均可继续从事原放射性工作。职业健康体检结果已按规定告知个人、上报卫生主管部门,已建立职业健康监护档案。		
本项目辐射工作人员均为新增辐射工作人员,应按《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》要求,参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的学习,并经考核合格后方可上岗;项目建成后应按照相关制度对新增的辐射工作人员进行岗前健康体检,并按规定后续继续进行个人剂量检测和职业健康体检。		
环评要求:应按照相关法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本公		

司的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应建立放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并且组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔应不超过2年。

12.5 辐射监测与安全设施检查

中陕核（西安）中子科技有限公司拟为测井工作配备 γ 辐射剂量率仪1台、中子周围剂量当量率仪1台，4台个人剂量报警仪，每组测井人员使用1台 γ 辐射剂量率仪和1台中子周围剂量当量率仪用于日常监测。维修探伤机场所拟配备辐射剂量率仪1台，拟配备2台个人剂量报警仪。

（1）个人剂量检测

公司应为所有放射性测井工作人员、X射线探伤机维修人员配备个人剂量计（其中，中子放射性测井工作人员个人剂量计应能够同时测量 γ 射线和中子累计剂量），并建立个人剂量档案，个人剂量计应委托有资质单位进行定期监测，每季度检测1次。

（2）职业健康检查

公司应安排放射性测井工作人员、X射线探伤机维修人员定期（至少每2年1次）进行职业健康检查，并建立职业健康监护档案。除此之外，放射性测井人员上岗前、离岗前也应接受职业健康检查，并将检查结果纳入剂量档案中。

（3）工作场所以及外环境监测

委托性监测：公司每年应委托有辐射环境监测资质的机构，对正常工况下测井工作场所、X射线探伤机出束测试场所（地勘测井设备实验室）进行1次监测。

自行监测：公司每组测井人员应配备1台 γ 剂量率仪、1台中子周围剂量当量率仪，X射线探伤机维修人员配备1台X- γ 剂量率仪（仪器经检定或校准合格），制定日常监测制度，定期对人员操作位、安全控制区边界进行中子周围剂量当量率、 γ 辐剂量率监测。每次测井结束后开始拆卸中子发生器前，应测量中子发生器表面 γ 辐射剂量率以及测井人员装卸操作位处 γ 辐射剂量率，并建立监测数据档案，存档备查。对地勘测井设备实验室防护门、屏蔽体、电缆管线口进行周围剂量当量率监测。

（4）安全设施检查

公司测井人员每次进行测井操作前，应对中子发生器安全设施、警戒线、电离辐射警示设施等进行检查，确保其处于正常的状态下，方可进行测井活动。

中陕核（西安）中子科技有限公司中子发生器野外测井辐射环境监测计划以及安全

设施检查计划见表 12-2。

表 12-2 中子发生器野外测井辐射监测计划与安全设施检查计划

对象	监测点位或安全设施内容	方式	监测项目或检查项目	频率	备注
测井现场	测井过程中：测井人员操作位、操作区边界；	实测	γ 辐射空气吸收剂量率、中子周围剂量当量率	每年一次	委托有资质单位监测
	测井结束后*：中子发生器表面、测井人员装卸操作位	实测	γ 辐射空气吸收剂量率		
	测井过程中：测井人员操作位、操作区边界；	实测	γ 辐射空气吸收剂量中子周围剂量当量率	定期	自行监测
	测井结束后*：中子发生器表面及1m处、测井人员装卸操作位	实测	γ 辐射空气吸收剂量率	每口井	
安全设施	中子发生器安全设施、警戒线、电离辐射警示设施	检查	检查安全设施是否完好、有效性	每次测井前	自行检查
放射性测井人员	个人剂量检测	佩戴个人辐射剂量计	γ 射线、中子累计剂量	每季度送检	送有资质单位检测
	职业健康检查	医学检查	放射性职业病	至少每2年1次	去有资质单位检查

备注： *表示测井结束后、装卸中子发生器前。

中陕核（西安）中子科技有限公司 X 射线探伤维修辐射环境监测计划以及安全设施检查计划见表 12-3。

表 12-3 X 射线探伤维修辐射环境监测计划以及安全设施检查计划。

工作场所	监测因子	监测点位/对象	监测频次	剂量控制水平
地勘测井设备实验室	周围剂量当量率	机房四周及顶面外 0.3m 处，防护门及缝隙外表面 0.3m 处，通风口、线缆孔处、控制室	年度例行监测：每年由有资质单位监测 1 次；每季度进行 1 次日常监测	机房四周屏蔽体外、防护门外 0.3m 处的剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$
安全设施				
个人剂量	本项目辐射工作人员		每季度由有资质单位监测 1 次（依托现有监测计划）	辐射工作人员年有效剂量管理约束值为 5mSv

12.6 环保投资

项目总投资为 600 万元，环保投资为 30 万元，占总投资的 5%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设，个人防护用品购置等。环保投资见表 12-4。

表 12-4 项目环保投资估算表

序号	环保设施或措施	费用 (万元)
4	中子当量剂量率检测仪 1 台、X- γ 辐射剂量率检测仪 2 台, 个人剂量报警仪 6 台	15
5	职业健康体检	1
6	个人剂量计 (含中子和 γ 射线)	0.5
7	工作场所以及周边环境监测费用	3.5
8	咨询、环评和验收技术服务	10
合计		30

12.6 竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》(国务院第 682 号令, 2017 年 10 月 1 日起实施), 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。

建设单位应根据“陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知”(陕环办发〔2018〕29 号), 对本项目进行标准化建设和竣工环保验收。

建设项目正式投产运行前, 建设单位应进行自主竣工环保验收, 编制验收监测报告。验收合格后, 方可投入生产或使用。本项目竣工环境保护验收清单见表 12-5。

表 12-5 项目竣工环境保护验收清单 (建议)

序号	验收内容	防护措施
1	年有效剂量	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的剂量限值要求, 结合本项目实际情况, 本项目公众成员个人年剂量约束值取 0.1mSv, 辐射工作人员年有效剂量管理约束值取 5mSv; 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022), 机房四周屏蔽体、门和顶部关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于 100 μ Sv/周, 对公众场所, 其值应不大于 5 μ Sv/周
2	机房外辐射剂量率	X 射线探伤机维修机房: 四周屏蔽体外、防护门外 0.3m 处的剂量率不大于 2.5 μ Sv/h, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中相关要求。
3	分区管理	布局合理, 划定控制区及监督区, 设置明显的分区标识, 并建议在监督区边界设置标线
4	辐射安全防护措施	X 射线探伤机维修机房设置门-机联锁装置、工作状态指示灯箱和声光报警装置、“预备”和“照射”信号意义的说明、紧急停机按钮、防夹装置、开门按钮、机械送排风系统、固定式场所辐射探测报警装置、电离辐射警告标志和中文警示说明、监视装置等防护设施, 各设施正常有效、运行良好 测井现场配备安全警戒线、电离辐射警示牌、个人剂量报警仪。测井时, 将测井现场井口 30m 范围作为安全控制区边界, 在边界上设置的警戒线, 设置专人警戒, 并在警戒线边界外明显位置“禁止进入辐射工作场所”电离辐射警告标志, 告诫无关人员远离该区域。

5	个人防护用品	配备 X- γ 辐射剂量率仪 2 台、中子周围剂量当量率仪 1 台（需定期检定）、个人剂量报警仪 6 台；根据辐射工作人员数量配备个人剂量计（测井人员同时满足对 γ 射线和中子剂量监测）；铅衣、铅背心、铅手套 2 套。
6	辐射安全管理制度	制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，射线装置使用登记、台帐管理制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急等规章制度
7	辐射监测	定期进行自主监测并建立监测档案，每年委托有资质单位进行 1 次年度监测，监测记录存档；辐射工作人员应每季度进行个人剂量监测，并建立健康档案
8	人员培训	辐射工作人员均应参加辐射安全和防护知识培训，持证上岗
9	职业健康体检	新增的辐射工作人员进行岗前健康体检，并按规定后续至少每 2 年进行 1 次职业健康体检，建立职业健康监护档案

12.5 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》（国务院令第 449 号）、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，公司已制定《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，修订后的辐射事故应急预案应符合《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）的应急管理要求。

一旦发生辐射事故，现场当事人应立即切断电源，并报告公司启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由公司辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

由于建设单位原有核技术利用项目仅对放射源、放射性物质及射线装置进行销售，不进行贮存，无具体放射性工作场所，因此未对辐射应急预案进行演练。环评要求：本项目建成后，应结合公司实际情况，及时对应急预案进行补充修改，使之更能符合实际需要，并定期进行演练，记录。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为了扩大业务范围,中陕核(西安)中子科技有限公司拟在西咸新区沣西新城秦创原创新生态城的1#研发楼一层开展X射线探伤机设备维修,维修完成后借助1#研发楼一层地勘测井设备实验室进行出束调试,并根据委托情况按时交回X射线探伤机用户方。除此之外,公司拟组建1组测井队伍,使用公司自行生产的两种型号中子发生器开展油田井下测井,测井地点为全国各油田测井井场。项目总投资600万,其中环保投资30万,占总投资的5%。

13.1.2 产业政策以及实践正当性

本项目利用X射线进行工件的无损检测,系核技术在工业领域内的运用,属于《产业结构调整指导目录(2024年本)》中“鼓励类”项目,符合国家产业政策。射线装置使用对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”要求

中陕核(西安)中子科技有限公司利用中子发生器开展地下测井工作,测井深度位于地下500m深度以下,对地表辐射影响小,项目测井成果有助于石油、天然气的勘探和开发,带来的利益远大于其可能引起的辐射危害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.1.3 辐射环境现状质量

本项目所在地以及周边环境 γ 辐射剂量率与咸阳市原野、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。项目拟建地辐射环境现状质量良好。

13.1.4 辐射安全与防护

针对本项目中子管测井的实际情况,考虑由于操作不当或其他因素导致中子发生器在井口通电激发事故状态下的影响,将进口30m范围划分为安全控制区边界,测井时设置警戒线,并在显著位置设置“禁止进入辐射工作场所”警告标志,设专人警戒,防止非工作人员误闯作业区。拟为每名放射性测井人员配备1台个人剂量报警仪。

本项目维修探伤机机房配备门-机联锁装置、工作状态指示灯箱和声光报警装置、“预备”和“照射”信号意义的说明、紧急停机按钮、开门按钮、机械送排风系统、固定式场所辐射探测报警装置、电离辐射警告标志和中文警示说明、监视装置等安全防护设施。

项目拟划分控制区、监督区，并按照国家相关规定进行分区管理，以最大程度减少对工作人员、公众辐射影响。根据分析，项目拟设置的辐射安全与防护设施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

13.1.5 辐射环境影响分析

(1) 理论估算表明，中子发生器未通电情况下，中子发生器内氚靶产生 β 射线能量较弱，其产生的轫致辐射较小，中子发生器表面剂量率基本为环境本底水平；井下测井过程中，中子发生器产生的中子和 γ 射线经过水层屏蔽、距离衰减后，井口处剂量率已趋于环境本底水平，对周边环境辐射影响较小。

该项目放射性测井人员主要受中子发生器关机后残留的感生放射性影响。项目所致放射性工作人员、公众年附加有效剂量分别满足本次评价提出的职业人员、公众年附加有效剂量 2mSv、0.1mSv 约束值要求。

项目运行过程中产生的废中子管，交由厂家或有资质单位进行回收、处置。

(2) 根据估算，本项目维修探伤机测试机房的 X 射线探伤机在最大工况运行时，机房四周屏蔽体、屋顶、防护门外 0.3m 处的辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”限值要求。

(3) 根据估算，本项目射线装置运行所致辐射工作人员的年有效剂量低于本项目辐射工作人员的剂量约束值 5mSv/a；本项目射线装置运行所致公众的年有效剂量低于本项目公众人员剂量约束值 0.1mSv/a

本项目各射线装置运行时将产生少量的 O₃、NO_x，各无损检测机房均设置机械送排风系统，其排风管道引至该厂房外排放，已有效避开人员密集活动的方向，对环境影响小。

13.1.6 辐射安全管理

中陕核（西安）中子科技有限公司应设置辐射安全与环境保护管理机构或安排专职辐射安全管理人员，全面负责公司辐射安全管理相关工作，公司应按照国家相关法律法规要求，制定、完善各项辐射安全管理规章制度，放射性测井人员、辐射安全管理人员经辐射安全与防护培训合格，持证上岗，并建立起放射性测井人员个人剂量档案和职业健康监护档案。在满足环评相关要求前提下，该单位具备相应的辐射安全管理能力。

13.1.7 总结论

综上所述，本项目符合辐射防护实践正当性原则，项目开展具有积极意义；在采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能合理低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度分析，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，对环境的影响是可以接受的。

13.2 建议与承诺

- (1) 公司应按照国务院生态环境主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，并编制验收报告，验收合格后才能正式投入使用。
- (2) 对从事辐射工作的管理及操作人员，必须通过核技术利用辐射安全与防护考核合格后方能上岗。对已通过考核合格的工作人员应定期再进行辐射安全防护再教育的学习。
- (3) 加强对辐射防护设施的维护及检修工作，确保其运行正常。
- (4) 严格按操作规程进行操作，防止发生辐射事故。
- (5) 完善本项目的各项管理及操作制度，对制定的辐射事故应急预案进行演练，做到有备无患。
- (6) 对所有涉及放射性工作人员定期进行健康检查，并将检查记录归档。
- (7) 按照监测计划对周围辐射环境进行监测，对公司的辐射安全和防护状况编制评估报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境部门提交该评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人:

公章

年 月 日

审批意见:

经办人:

公章

年 月 日

委 托 书

核工业二〇三研究所：

中陕核（西安）中子科技有限公司拟开展使用中子发生器野外测井及维修 X 射线探伤机核技术利用建设项目，涉及使用 II 类射线装置，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等相关规定，需编制环境影响评价文件，兹委托贵所编制该项目环境影响评价文件，请接收委托后，开展环评工作。

中陕核（西安）中子科技有限公司（盖章）

2025年11月26日



辐射安全许可证

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

单位名称：中核核（西安）中子科技有限公司

统一社会信用代码：91610138MADNH5X83H

地址：陕西省西安市国家民用航天产业基地航天大道396号中核工业集团公司1幢办公主楼210室

法定代表人：张鹏

证书编号：陕环辐证[A2434]

种类和范围：销售Ⅳ类、Ⅴ类放射源；销售Ⅱ类射线装置；销售非密封放射性物质（具体范围详见副本）。

有效期至：2029年10月27日



发证机关：西安市生态环境局



发证日期：2024年10月28日

中华人民共和国生态环境部监制



辐射安全许可证

(副本)



中华人民共和国生态环境部监制



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

单位名称	中陕核（西安）中子科技有限公司				
统一社会信用代码	91610138MADNH5X83H				
地址	陕西省西安市国家民用航天产业基地航天大道 396 号中陕核工业集团公司 1 幢办公主楼 210 室				
法定代表人	姓名	张鹏	联系方式		
辐射活动场所	名称	场所地址		负责人	
	客户单位	陕西省西安市长安区国家民用航天产业基地航天大道 396 号中陕核工业集团公司 1 幢办公主楼 210 室		雷腾	
证书编号	陕环辐证[A2434]				
有效期至	2029 年 10 月 27 日				
发证机关	西安市生态环境局				
发证日期	2024 年 10 月 28 日				



(一) 放射源

证书编号: 陕环辐证[A2434]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注		
	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/活度(贝可) × 枚数	编码	出厂活度(贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请单位	监管部门
1	客户单位	H-3	V类	销售	3.90E+11*99								
2		H-3	V类	销售	3.70E+12*20								
3		H-3	IV类	销售	3.70E+14*20								
4		Cf-252	IV类	销售	1.50E+10*2								
5		Cf-252	V类	销售	1.50E+8*2								



(二) 非密封放射性物质

证书编号: 陕环辐证[A2434]

序号	活动种类和范围									备注	
	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)		
1	客户单位	无	H-3	液态	销售(不贮存)	工业用 非密封 放射性 物质			7.40E+13		



(三) 射线装置

证书编号: 陕环辐证[A2434]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
1	客户单位	中子发生器	II类	销售	99							

陕西省西咸新区行政审批服务局文件

陕咸审服准〔2025〕205号

陕西省西咸新区行政审批服务局 关于中陕核（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 环境影响报告表的批复

中陕核（西安）中子科技有限公司：

你单位《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》（以下简称报告表）收悉。经西安市生态环境局西咸新区分局研究同意，现批复如下：

一、项目概况

该项目位于沣西新城秦创原创新生态城 1#研发楼，建设内容为：研发生产测井用中子发生器和紧凑型氘氚中子发生器（II 类射线装置，其中外购的氘靶由有资质单位提供），新建地勘测井设备实验室和中子发生器测试实验室进行测试和模拟测井实验，中子发生器测试合格后出厂销售，年生产、销售、使用测井用中子发生器最大规模为 149 台、紧凑型氘氚中子发生器最大规模为 50 台。项目总投资 700 万元，其中环保投资 85 万元，约占总投资的 12.1%。

经审查，在全面落实报告表提出的各项辐射安全防护措施和管理措施后，对项目作业人员和公众产生的年附加有效剂量满足辐射剂量约束限值要求。报告表中所列建设项目的性质、地点、规模、工艺和拟采取的污染防治措施和辐射安全管理措施可作为该项目实施的依据。

二、项目应全面落实报告表提出的各项生态环境保护要求，加强核安全建设，提高辐射安全管理能力。在建设和运营管理中重点做好以下工作：

（一）按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号），严格落实各项辐射安全相关制度和防护措施。

（二）加强对射线装置和辐射工作场所的辐射安全管理，定期开展工作场所辐射水平监测，并对辐射防护设施与安全设施进行检查维护，确保其可靠性和安全性。

(三) 加强辐射管理和辐射工作人员培训, 辐射安全管理人员以及辐射工作人员, 须经过专业培训并持证上岗。辐射工作人员应配备个人剂量计、个人剂量报警仪等相关防护设备, 建立完善个人剂量档案、职业健康监护档案, 确保辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv, 公众有效剂量不超过 0.1mSv。

(四) 及时办理辐射安全许可证, 按要求编制辐射安全与防护年度评估报告, 并报发证机关。

(五) 完善辐射事故应急预案, 定期组织演练, 严防辐射事故发生。

(六) 严格落实固体废物污染防治措施。废弃的中子管暂存于中子源及氚材料贮存库废中子管存储柜, 最终由厂家回收处置; 装氚靶使用后的手套、口罩和棉纱等作为放射性固体废物收集贮存, 暂存于放射性固废箱, 最终交由有资质单位处置。相关核技术利用工作需满足《中华人民共和国放射性污染防治法》相关要求, 放射性废物的管理要满足《放射性废物安全管理条例》相关要求, 转移要满足《放射性物品运输安全管理条例》相关要求。

三、项目建设必须严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度, 落实各项环境保护措施。项目建成后, 依法按程序开展竣工环保验收工作。

四、建设单位是建设项目选址、建设、运营全过程落实环境

保护措施、公开环境信息的主体，应按照《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》等要求依法依规公开建设项目环评信息，畅通公众参与和社会监督渠道，保障可能受建设项目环境影响公众的环境权益。

五、报告表经批准后，项目的性质、规模、工艺、地点或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，须重新报批项目的环境影响评价文件。自报告表批复文件批准之日起，如超过5年方决定开工建设的，环境影响评价文件应当报西安市生态环境局西咸新区分局重新审核。

六、西咸新区生态环境局（沣西）工作部负责该项目的事中事后监督管理，西咸新区生态环境保护综合执法支队对事中事后监督管理工作进行指导和监督。你单位应在收到本批复后10个工作日内，将批准后的报告表送西咸新区生态环境局（沣西）工作部备案，并按规定接受各级生态环境行政主管部门的监督检查。



抄送：西安市生态环境局西咸新区分局，西咸新区生态环境局（沣西）工作部

陕西省西咸新区行政审批服务局

2025年12月30日 印发

职业健康检查个人结果告知书

姓名：牛飞云

性别：男

年龄：28岁

检查时间：2025年4月1日

体检类别：在岗期间

工作单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

部门：生产部

职业相关性结论：

相关危害因素：电离辐射

结论：其他疾病或异常

职业相关性评价：

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议：

可继续原放射工作。

其他临床异常结果：

- (1) 单纯收缩期高血压 收缩压141mmHg
- (2) 谷丙转氨酶增高 丙氨酸氨基转移酶(ALT) 99U/L
- (3) 血尿酸增高 尿酸557umol/L
- (4) 尿潜血阳性
- (5) 两肺纹理略增重，请结合临床。

其他临床异常建议：

- (1) 收缩压 ≥ 140 mmHg为增高。还需到内科进一步咨询和诊治。
- (2) 复查肝功，必要时专科对症处理。
- (3) 低嘌呤饮食，加强运动、多饮水，必要时在医师指导下降低尿酸。
- (4) 尿隐血阳性，若镜检红细胞正常，且自觉无临床症状，多无临床意义。必要时复查尿常规。
- (5) 定期复查胸片。



报告日期：2025年4月11日

职业健康检查个人结果告知书

姓名：柴鑫

性别：男

年龄：32岁

检查时间：2025年4月1日

体检类别：在岗期间

工作单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

部门：生产部

职业相关性结论：

相关危害因素：电离辐射

结论：其他疾病或异常

职业相关性评价：

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议：

可继续原放射工作。

其他临床异常结果：

- (1) 2级高血压 舒张压105mmHg
- (2) 双近视改变
- (3) 谷丙转氨酶增高、谷草转氨酶增高 丙氨酸氨基转移酶(ALT) 132U/L、谷草转氨酶68U/L
- (4) 血尿酸增高 尿酸553umol/L
- (5) 果糖胺偏高 果糖胺2.59mmol/L
- (6) 红细胞总数增多 红细胞总数 $6.23 \times 10^12/L$
- (7) 中性粒细胞数目增高 中性粒细胞绝对值 $7.11 \times 10^9/L$
- (8) 两肺纹理稍增重，请结合临床。

其他临床异常建议：

- (1) 高血压分级是将血压的程度分成3级。血压 $160-179/100-109\text{mmHg}$ 为高血压2级，2级高血压必须药物治疗。必须坚持治疗，把血压控制在正常或基本正常水平。心血管内科进一步咨询。
- (2) 复查肝功，必要时专科对症处理。
- (3) 低嘌呤饮食，加强运动、多饮水，必要时在医师指导下降尿酸。
- (4) 请结合空腹血糖及糖化血红蛋白检测结果，到内分泌科进一步咨询诊治。
- (5) 多见于血液浓缩、肺心病、某些先天性心脏病、高原地区居民等。建议复查，必要时根据病因专科治疗。
- (6) 轻度增高多无明显临床意义，请定期检查。
- (7) 定期复查胸片。

主检医师：杜治国

报告日期：2025年4月11日

职业健康检查个人结果告知书

姓名：张敏

性别：男

年龄：35岁

检查时间：2025年4月1日

体检类别：在岗期间

工作单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

部门：生产部

职业相关性结论：

相关危害因素：电离辐射

结论：其他疾病或异常

职业相关性评价：

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议：

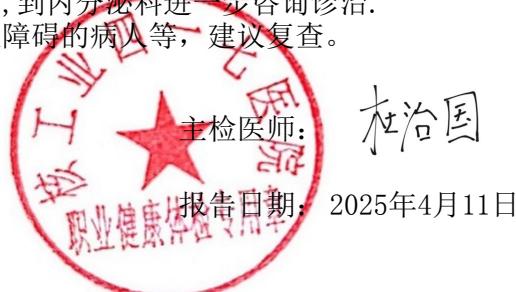
可继续原放射工作。

其他临床异常结果：

- (1) 血尿酸增高 尿酸503umol/L
- (2) 果糖胺偏高 果糖胺2.57mmol/L
- (3) 血红蛋白增高 血红蛋白196g/L

其他临床异常建议：

- (1) 低嘌呤饮食，加强运动、多饮水，必要时在医师指导下降尿酸。
- (2) 请结合空腹血糖及糖化血红蛋白检测结果，到内分泌科进一步咨询诊治。
- (3) 多见血液浓缩和居住高原的人及慢性呼吸障碍的病人等，建议复查。





职业健康检查个人结果告知书

姓名：闫星泉

性别：男

年龄：36岁

检查时间：2025年4月1日

体检类别：在岗期间

工作单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

部门：生产部

职业相关性结论：

相关危害因素：电离辐射

结论：其他疾病或异常

职业相关性评价：

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议：

可继续原放射工作。

其他临床异常结果：

- (1) 3级高血压 收缩压182mmHg
- (2) 肥胖 体重指数30.47-
- (3) 血尿酸增高 尿酸431umol/L

其他临床异常建议：

- (1) 心血管内科进一步咨询和诊治。
- (2) 体重指数(BMI) ≥28为肥胖，控制饮食，适当运动。
- (3) 低嘌呤饮食，加强运动、多饮水，必要时在医师指导下降尿酸。



主检医师：

张医生

报告日期：2025年4月11日



职业健康检查个人结果告知书

姓名：王明鑫

性别：男

年龄：24岁

检查时间：2025年4月1日

体检类别：在岗期间

工作单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

部门：生产部

职业相关性结论：

相关危害因素：电离辐射

结论：其他疾病或异常

职业相关性评价：

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议：

可继续原放射工作。

其他临床异常结果：

1级高血压 舒张压94mmHg

其他临床异常建议：

监测血压，合理控制。





职业健康检查个人结果告知书

姓名: 王利

性别: 男

年龄: 42岁

检查时间: 2025年4月1日

体检类别: 在岗期间

工作单位: 中陕核(西安)中子科技有限公司

部门: 生产部

职业相关性结论:

相关危害因素: 电离辐射

结论: 其他疾病或异常

职业相关性评价:

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议:

可继续原放射工作。

其他临床异常结果:

(1) 超重 体重指数26.94-

(2) 晶状体: 右后极部后囊下皮质2个空泡(未见环形改变), 左未见明显异常

其他临床异常建议:

(1) 体重指数(BMI) >24为超重, 请您戒烟忌酒, 低脂、低糖饮食, 控制饮食总热量, 多吃蔬菜、水果, 多参加体育运动。

(2) 眼科动态观察。



主检医师:

王利

报告日期: 2025年4月11日



职业健康检查个人结果告知书

姓名: 王家豪

性别: 男

年龄: 22岁

检查时间: 2025年4月1日

体检类别: 在岗期间

工作单位: 中陕核(西安)中子科技有限公司

部门: 生产部

职业相关性结论:

相关危害因素: 电离辐射

结论: 其他疾病或异常

职业相关性评价:

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议:

可继续原放射工作。

其他临床异常结果:

- (1) 肥胖 体重指数29.37-
- (2) 谷丙转氨酶增高 丙氨酸氨基转移酶(ALT)46U/L

其他临床异常建议:

- (1) 体重指数(BMI) ≥ 28 为肥胖, 控制饮食, 适当运动。
- (2) 复查肝功, 必要时专科对症处理。





职业健康检查个人结果告知书

姓名：刘韵洋

性别：男

年龄：22岁

检查时间：2025年4月1日

体检类别：在岗期间

工作单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

部门：生产部

职业相关性结论：

相关危害因素：电离辐射

结论：目前未见异常

职业相关性评价：

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议：

可继续原放射工作。

其他临床异常结果：

目前未见明显异常

其他临床异常建议：

定期职业健康检查





职业健康检查个人结果告知书

姓名: 吉晓熠

性别: 男

年龄: 20岁

检查时间: 2025年4月1日

体检类别: 在岗期间

工作单位: 中陕核(西安)中子科技有限公司

部门: 生产部

职业相关性结论:

相关危害因素: 电离辐射

结论: 其他疾病或异常

职业相关性评价:

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议:

可继续原放射工作。

其他临床异常结果:

- 谷丙转氨酶增高 丙氨酸氨基转移酶(ALT) 85U/L
- 血尿酸增高 尿酸517umol/L

其他临床异常建议:

- 复查肝功, 必要时专科对症处理。
- 低嘌呤饮食, 加强运动、多饮水, 必要时在医师指导下降低尿酸。



报告日期: 2025年4月11日

职业健康检查个人结果告知书

姓名：韩聪

性别：男

年龄：24岁

检查时间：2025年4月1日

体检类别：在岗期间

工作单位：中陕核（西安）中子科技有限公司

部门：生产部

职业相关性结论：

相关危害因素：电离辐射

结论：其他疾病或异常

职业相关性评价：

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议：

可继续原放射工作。

其他临床异常结果：

- (1) 3级高血压 收缩压167mmHg
- (2) 谷丙转氨酶增高 丙氨酸氨基转移酶(ALT) 54U/L
- (3) 血尿酸增高 尿酸483umol/L
- (4) 白细胞计数增高 白细胞总数 $12.3 \times 10^9/L$ 、血小板压积0.39%

其他临床异常建议：

- (1) 高血压分级是将高血压高的程度分成3级。血压 $\geq 180/110$ mmHg为高血压3级。预示对心、脑、肾的损害大。如存在其他多项危险因子，危险分层属于极危险状态。须积极地加强治疗。心血管内科进一步咨询和诊治。
- (2) 复查肝功，必要时专科对症处理。
- (3) 低嘌呤饮食，加强运动、多饮水，必要时在医师指导下降尿酸。
- (4) 复查血常规，结合临床，必要时给予消炎对症处理。



杜治国

报告日期：2025年4月11日



职业健康检查个人结果告知书

姓名: 高磊

性别: 男

年龄: 32岁

检查时间: 2025年4月1日

体检类别: 在岗期间

工作单位: 中陕核(西安)中子科技有限公司

部门: 生产部

职业相关性结论:

相关危害因素: 电离辐射

结论: 目前未见异常

职业相关性评价:

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议:

可继续原放射工作。

其他临床异常结果:

目前未见明显异常

其他临床异常建议:

定期职业健康检查





职业健康检查个人结果告知书

姓名: 董荣

性别: 女

年龄: 26岁

检查时间: 2025年4月1日

体检类别: 在岗期间

工作单位: 中陕核(西安)中子科技有限公司

部门: 生产部

职业相关性结论:

相关危害因素: 电离辐射

结论: 其他疾病或异常

职业相关性评价:

放射性作业在岗体检未见疑似放射性疾病及职业禁忌证。

职业相关检查建议:

可继续原放射工作。

其他临床异常结果:

尿白细胞阳性

其他临床异常建议:

尿白细胞增高若有尿频、尿急、尿痛等临床症状到医院诊治。



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



牛飞云，男，1996年09月13日生，身份证号：，于202
5年03月参加放射性测井辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN1300032 有效期：2025年04月01日至2030年04月01日



报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



牛飞云，男，1996年09月13日生，身份证号：，于202
5年03月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN2300023 有效期：2025年03月17日至2030年03月17日



报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



柴鑫，男，1993年03月26日生，身份证号：，于2020年12月参加放射性源井辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS20SN1300181 有效期：2020年12月22日至2025年12月22日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



董荣，女，1999年03月24日生，身份证号：，于2025年03月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN2300022 有效期：2025年03月17日至2030年03月17日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



高林，男，1992年05月12日生，身份证号：，于2025年04月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN2300045

有效期：2025年04月12日至2030年04月12日

报告单查询网址：fushe.mea.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



韩琴，女，2001年02月26日生，身份证号：，于2025年03月参加放射性测井辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN1300028

有效期：2025年04月01日至2030年04月01日

报告单查询网址：fushe.mea.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



吉晓熠，男，2004年09月19日生，身份证号：，于2025年03月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN2300021 有效期：2025年03月17日至2030年03月17日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



刘韵洋，男，2003年02月16日生，身份证号：，于2025年03月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN2300020 有效期：2025年03月17日至2030年03月17日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



王家祺，男，2003年02月16日生，身份证号：，于2025年03月参加放射性测井辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN1300021

有效期：2025年03月17日至2030年03月17日

报告单查询网址：fushen.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



王利，男，1983年01月01日生，身份证号：，于2025年03月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25QH2300008

有效期：2025年03月23日至2030年03月23日

报告单查询网址：fushen.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



王明鑫，男，2000年06月15日生，身份证号：，于2025年03月参加放射性测井辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN1300030 有效期：2025年04月01日至2030年04月01日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



闫星泉，男，1988年09月16日生，身份证号：，于2025年03月参加科研、生产及其他辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25QH2300009 有效期：2025年03月23日至2030年03月23日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



张敏，男，1989年12月18日生，身份证号：，于2025年03月参加放射性测井辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25SN1300029 有效期：2025年04月01日至2030年04月01日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



西安市辐射事故应急预案备案表

单位名称	中陕核（西安）中子科技有限公司		
机构代码	91610138MADNH5X83H		
法定代表人	张鹏	联系电话	
联系人	姜丹	联系电话	
传真	029-62818128	电子邮箱	jiangdan@ssn-hs.com
单位地址	陕西省西安市国家民用航天产业基地航天大道 396 号		
预案名称	中陕核（西安）中子科技有限公司辐射事故应急预案		
风险级别（对应辐射事故级别填写）	<input checked="" type="checkbox"/> 一般 L <input type="checkbox"/> 较大 M <input type="checkbox"/> 重大 H		

本单位于 2024 年 08 月 30 日签署发布了辐射事故应急预案，备案条件具备，备案文件齐全，现报送备案。

本单位承诺，本单位在办理备案中所提供的相关文件及其信息均经本单位确认真实，无虚假，且未隐瞒事实。

预案签署人	张鹏	报送时间	2024. 9. 23
辐射事故应急预案备案文件目录	1. 西安市辐射事故应急预案备案表 2 份； 2. 辐射事故应急预案 2 份； 3. 辐射事故应急预案评审意见 1 份（二类射线装置及放射源单位必须提供）。		
备案意见	该单位的辐射事故应急预案备案文件已于 2024 年 9 月 23 日收讫，文件齐全，予以备案。		
备案编号	HT-FSYJ-2024-033		
报送单位	中陕核（西安）中子科技有限公司		
受理部门负责人	张鹏	经办人	叶海青



正本

监测报告

报告编号: 2025-HP-DL046

本报告书由中陕核（西安）中子科技有限公司委托核工业二〇三研究所分析测试中心出具。

项目名称: 中陕核（西安）中子科技有限公司

项目类别: 生产、销售、使用中子发生器

项目性质: 核技术利用建设项目

委托单位: 中陕核（西安）中子科技有限公司

监测类别: 委托监测

核工业二〇三研究所分析测试中心

发布日期: 2025年10月11日



核工业二〇三研究所分析测试中心 监测报告

报告编号: 2025-HP-DL046

第 1 页 共 3 页

一、委托单位及联系方式

委托单位: 中陕核(西安)中子科技有限公司

联系方式: 邬阳

监测方式: 现场监测

二、监测内容

受中陕核(西安)中子科技有限公司委托, 对中陕核(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所在地及周边环境进行 γ 辐射剂量率监测。

三、监测时间、地点及天气条件

监测时间: 2025年9月1日

监测地点: 陕西省西咸新区沣西新城秦创原创新生态城1#研发楼

天气条件: 多云 温度: 28°C 相对湿度: 47%

四、监测人员

卿健康、齐广泽

五、监测因子

γ 辐射剂量率

六、监测方法及仪器

本项目使用的监测仪器、仪器检定情况见表1。

表1 监测仪器、测量范围以及检定情况

项目	仪器名称及型号	仪器 编号	测量 范围	检定 单位	检定 证书编号	检定 有效期
γ 辐射剂量率	便携式 X- γ 剂量率仪 (FH40G-10 主机 +FHZ672E-10 探头)	主机编号: FHP003-2018, 探头编号: FHP004-2018	1nSv/h ~ 100 μ Sv/h	中国计量 科学研究院	DLjl2024-13943	2024/09/13 ~ 2025/09/12
监测方法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)					

七、监测结果

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所在地及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果见表2。

核工业二〇三研究所分析测试中心 监测报告

报告编号: 2025-HP-DL046

第2页共3页

表2 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所在地及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	均值 (nGy/h)	标准偏差	备注
1	拟建操控室地面	93.7	1.9	/
2	拟建中子源及氚材料贮存库地面	93.9	2.7	
3	拟建中子发生器测试实验室和地勘 测井实验室地面	94.5	2.1	
4	拟建十万洁净区地面	94.2	2.0	
5	预留机加工车间地面	93.7	2.1	
6	研发楼外道路地面	80.0	2.3	

说明: 1、按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021, 使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时, 换算系数为1.20Sv/Gy;
2、表中监测结果已扣除宇宙辐射响应值, 宇宙辐射响应值为16.0nGy/h;
3、本报告仅对本次监测点位及监测结果负责。

八、监测布点图

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所在地及周边环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图见图1。

03
测试中
210062

核工业二〇三研究所分析测试中心 监测报告

报告编号: 2025-HP-DL046

第 3 页 共 3 页

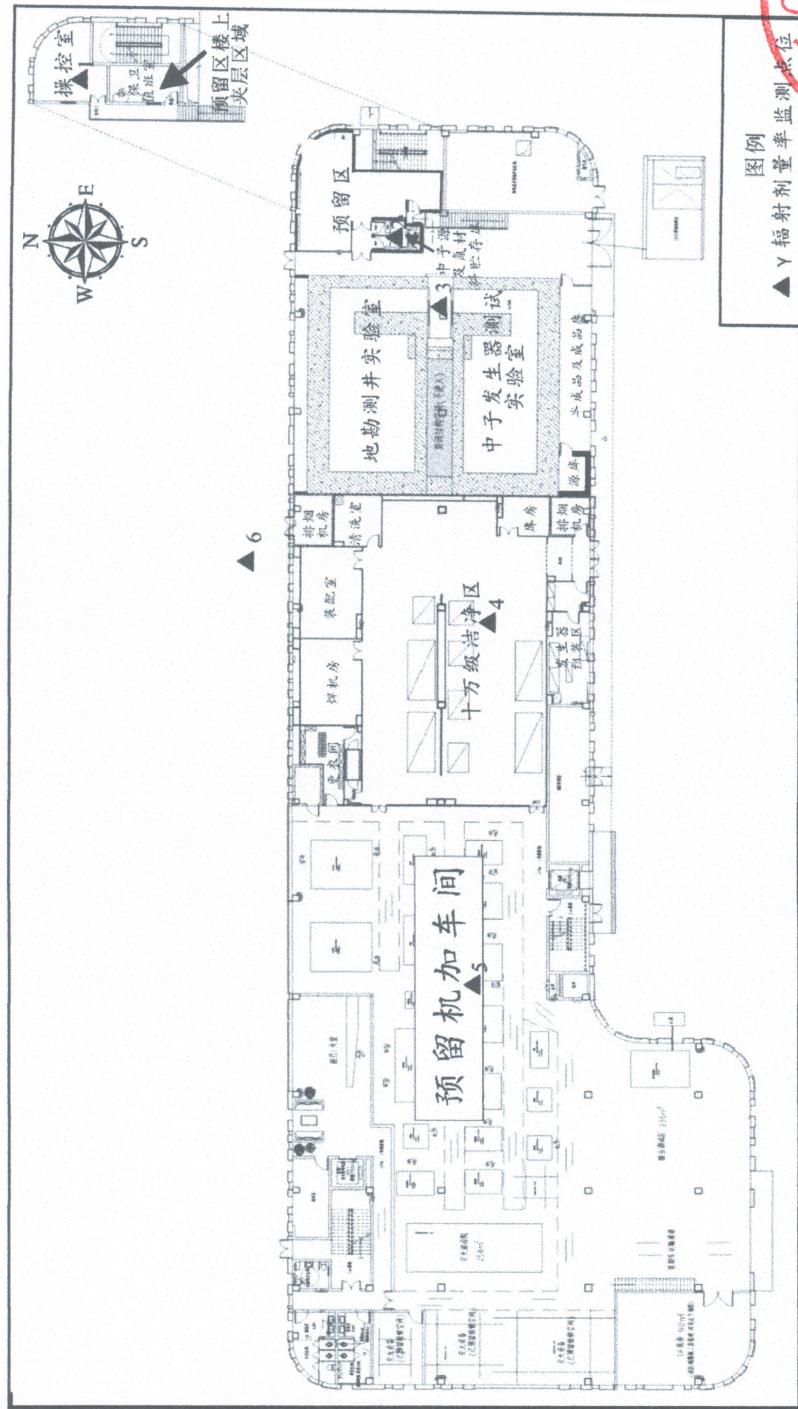


图 1 中陕核(西安)中子科技有限公司生产、销售、使用中子发生器核技术利用建设项目所在地及周边环境γ辐射剂量率监测点位示意图

编制人: 赵连伟
2025年10月1日

审核人: 王利军
2025年10月1日

报告结束

市场主体环境信用承诺书

为践行绿色发展理念，努力营造诚实守信的社会环境，强化诚信意识，恪守环保信用，本单位自愿承诺，坚持守法生产经营，并自觉履行以下环境保护法律义务和社会责任。

一、依法申请办理环境保护行政许可，保证向环保行政机关提供资料合法、真实、准确、完整、有效。

二、严格遵守国家和陕西省有关环境保护法律、法规、规章、标准和政策规定，依法从事生产经营活动。

三、深入开展环境宣传教育，倡导科学发展理念，建立环境保护责任制度，积极实施清洁生产，减少污染排放并合法排污，制定突发环境事件预案，依法公开排污信息，自觉接受环境保护行政主管部门的监督检查等环境保护法律、法规、规章规定的义务。

四、自觉接受社会监督，将诚信理念贯穿于生产经营全过程，积极履行环境保护社会责任。

五、若违反本承诺，除依照《中华人民共和国环境保护法》等有关法律、法规规定接受行政处罚外，自愿接受惩戒和约束，并依法承担赔偿责任和刑事责任。

六、本单位同意将此《市场主体环境信用承诺书》上网公示，并将信用承诺和践诺信息纳入陕西省公共信用信息平台，接受社会监督。

承诺单位（盖章）：中陕核（西安）中子科技有限公司

统一社会信用代码：91610138MADNH5X83H

法定代表人（或授权人签字或盖章）：

法定代表人身份号码：

承诺用途：用于《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 射线探伤机核技术利用建设项目环境影响报告表》的报批

承诺日期：2026 年 1 月 19 日

建设项目环境影响评价信息公开说明

按照《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》有关要求，现将有关情况说明如下：

一、我司已按照《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》相关要求，对使用中子发生器野外测井及维修 X 射线探伤机核技术利用建设项目编制了环境影响报告表，将《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 射线探伤机核技术利用建设项目环境影响报告表》全本（因不涉及国家秘密、商业秘密等内容，因此未删减）在网站（<http://www.zhsxhj.com/content/?593.html>）上进行了公示，公示期为 2026 年 1 月 5 日-2026 年 1 月 16 日。

二、我司递交的《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 射线探伤机核技术利用建设项目环境影响报告表》纸质文本不含涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私以及涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定的内容。

三、我司递交的《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 射线探伤机核技术利用建设项目环境影响报告表》纸质文本与电子版内容一致。

四、报告表公示期间未收到任何反馈意见。

中陕核（西安）中子科技有限公司（盖章）

2026 年 1 月 19 日





您的位置：首页 > 信息公示 > 环评信息公示 >

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射线探伤机核技术利用建设项目环境影响报告表公示

发布日期：2026-01-05 11:12:15 浏览量：32

为了扩大业务范围，中陕核（西安）中子科技有限公司拟在西咸新区沣西新城秦创原创新生态城的1#研发楼一层开展X射线探伤机设备维修，维修完成后借助1#研发楼一层地勘测井设备实验室进行出束调试，出束测试完成后放置在联合洞试验区西南角库房内的维修后存放区，并根据委托情况按时交回X射线探伤机用户方。除此之外，公司拟组建1组测井队伍，使用公司自行生产的两种型号中子发生器（ZZKJ-FSQ-DD测井用氘氚中子发生器、ZZKJ-FSQ-DT测井用氘氚中子发生器）开展油田井下测井，测井地点为全国各油田测井井场。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》、《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》规定要求，该项目应该编制环境影响报告表。现将该项目环境影响报告表予以公示，公示期：2026年1月5日至2026年1月16日。

公众可查阅环评报告全本内容，提出反馈意见。公众若对该项目环保问题有意见、看法，可以信函、电话或者按照有关公告要求的其他方式，向建设单位或者其委托的环境影响评价机构及时反映。同时请您留下您的联系方式，以便我们能够及时回复您的意见。

建设单位：中陕核（西安）中子科技有限公司
单位地址：国家民用航天产业基地航天大道396号

联系人：刘明泽

联系电话：18710391838

环评单位：核工业二〇三研究所

单位地址：陕西省西安市市长安区科源三路869号

联系人：赵工

联系电话：18292923257

电子邮件：576046629@qq.com

报告表全文下载链接地址：链接: <https://pan.baidu.com/s/184ScjtKigd3T0MU1CXDeaA> 提取码: z4hj