

核技术利用建设项目

扩建密封型中子发生器项目

环境影响报告表

（公示本）

斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司（公章）



2025 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

扩建密封型中子发生器项目

环境影响报告表



建设单位名称：斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：中国（四川）自由贸易试验区成都市双流区西南航空港经济
济开发区双兴大道 777 号

邮政编码：***** 联系人：***

电子邮箱： / 联系电话：*****

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8mx90t		
建设项目名称	扩建密封型中子发生器项目		
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）	斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司		
统一社会信用代码	91510122394283401A		
法定代表人（签章）			
主要负责人（签字）			
直接负责的主管人员（签字）			
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	四川中环康源卫生技术有限公司		
统一社会信用代码	91510100782288124U		
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
	11355143505510162	BH025602	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
	项目基本情况、评价依据、环境质量和辐射现状、工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH025602	
	放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析	BH028705	



营业执照

(副本)

统一社会信用代码
915101007822288124U



扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。



名称 四川中康源卫生技术服务有限公司
类型 有限责任公司(自然人投资或控股)

法定代表人

经营范围 建设项目职业病危害评价乙级（职业、放射）、职业病危害因素检测与评价、放射卫生防护检测与评价（凭资质证在有效期内经营）；职业卫生技术咨询、工程技术咨询、商务信息咨询；环境保护监测；安全咨询服务；环保咨询；环保技术服务；生态资源监测（未取得相关行政许可（审批），不得开展经营活动），环境评估服务（未取得相关行政许可（审批），不得开展经营活动）。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。

注册资本 壹仟万元整
成立日期 2005年12月28日
住所 成都高新区科技园南路5号1栋3层1号附1号、6层1号附2号、8层1号



登记机关

2023年12月28日

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人员通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security

The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection

The People's Republic of China



编号: 0011241



姓名:

性别:

Sex

男

出生年月:

Date of Birth

1970年11月

专业类别:

Professional Type

批准日期:

Approval Date

二〇一一年九月三十日

持证人签名:

Signature of the Bearer

签发单位盖章:

Issued by

签发日期:

Issued on



管理号:

File No. 11355143505510162



四川省社会保险个人参保证明

性别: 男

社会保障号码: [Redacted]



(一) 历年参保基本情况

当前缴费状态		累计月数(个)
企业职工基本养老保险	参保缴费	233
失业保险	参保缴费	230
工伤保险	参保缴费	230
工伤保险	暂停缴费(中断)	230

(二) 2023年09月至2025年08月的参保缴费明细

单位: 元

缴费月份	参保单位编号	类型	养老保险			失业保险			工伤保险			参保地
			缴费基数	单位缴纳	个人缴纳	缴费基数	单位缴纳	个人缴纳	缴费基数	单位缴纳	个人缴纳	
202309	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202310	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202311	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202312	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202401	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202402	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202403	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202404	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202405	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202406	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202407	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202408	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202409	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202410	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202411	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202412	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	24		成都市高新区
202501	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	30		成都市高新区
202502	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	30		成都市高新区
202503	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	30		成都市高新区
202504	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	30		成都市高新区
202505	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	30		成都市高新区
202506	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	30		成都市高新区
202507	10010703305	企业养老	15000	2400	1200	15000	90	60	15000	30		成都市高新区
202508												

打印时间: 2025年08月13日

说明: 1. 表中“单位编号”对应的单位名称为: 10010703305: 四川中环康源卫生技术服务有限公司。

2. 本证明采用电子验证方式验证, 不再加盖红色公章。如需验证, 请登陆<https://www.schrss.org.cn/scggfw/cbzymz/toPage.do>, 凭验证码 G A W Q R G G B r p J 3 D y r 5 9 M d m 验证, 验证码的有效期限至2025 年 11 月 13 日(有效期三个月)。扫描左上角二维码也可验证。

3. 该表(一)历年参保基本情况中的“累计月数”不含视同缴费月数;若存在视同缴费月数或重复缴费月数情形的,以办理退休手续时核定的月数为准。
4. 该表(二)2023年09月至2025年08月的参保缴费明细,显示的是所选择时段的实缴到账明细,不含异地转入的基本养老保险缴费信息,未实缴到账的显示为空。
5. 2024年1月1日起,由税务部门征收社会保险费,缴费记录可能存在滞后。



目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	13
表 3 非密封放射性物质.....	13
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	15
表 6 评价依据.....	16
表 7 保护目标与评价标准.....	18
表 8 环境质量和辐射现状.....	21
表 9 工程分析与源项.....	26
表 10 辐射安全与防护.....	34
表 11 环境影响分析.....	41
表 12 辐射安全管理.....	55
表 13 结论与建议.....	61

附图：

附图 1 斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司地理位置图；

附图 2 本项目成都市双流区黄甲双兴大道周边概况图；

附图3 本项目源库平面布局图

附图4 本项目主厂房平面布局图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 射线装置承诺书；

附件 3 营业执照

附件 4 辐射安全许可证（正副本）

附件 5 成都市生态环境局关于斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司放射源迁建项目环境影响报告表的批复；

附件6 源库竣工验收监测报告

附件7 关于斯伦贝谢中国公司成都基地放射测井源库新增放射源建设项目环境影响报告表的批复

附件8 放射源库迁建项目验收意见

表 1 项目基本情况

建设项目名称		扩建密封型中子发生器项目			
建设单位		斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		中国（四川）自由贸易试验区成都市双流区西南航空港经济开发区双兴大道 777 号			
建设项目地点		建设地点：全国范围不固定 临时存放：成都市双流区黄甲双兴大道 777 号维修车间双人双锁柜 长期储存：成都市双流区黄甲双兴大道 777 号放射源库			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)		600	项目环保投资（万元）	76	投资比例（环保投资/总投资） 12.67%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	一、项目概述： （一）建设单位介绍 1926 年斯伦贝谢公司成立。近一个世纪以来，领先的技术，多元化的人才队伍，国际化的企业规模，使其成为全球知名油田服务公司。目前斯伦贝谢公司				

的总部设立在休斯敦、巴黎、伦敦和海牙，雇佣了来自 140 多个国家、近 10 万名员工，业务范围覆盖全球约 85 个国家。

1985 年斯伦贝谢中国公司工作范围已遍布全国各个油田，业务从开始的陆地和海洋油田的测井服务，扩展到完井、试井、固井、增产作业、数据管理及各种地学软件、数据解释及咨询服务、定向钻井、随钻测井、人工举升、阀门、钻井系统，地面系统、OneSubsea 等业务，全面覆盖了中国油田上游技术服务的主要领域。

2014 年 10 月 21 日，斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司（企业信用代码：*****）成立。目前发展为斯伦贝谢旗下中国区陆地服务总部、结算中心及设备维护保养基地，位于成都市双流区黄甲双兴大道 777 号。

斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司已获得辐射安全许可证，许可证种类和范围为“销售、使用 V 类放射源；使用 III 类、IV 类放射源”，有效期至 2027 年 3 月 9 日。

（二）项目由来

2010 年斯伦贝谢中国公司成都基地分 2 批对 6 台密封型中子发生器（中子强度为 $3.6 \times 10^8 \text{n/s}$ ，内含氚靶活度最大为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ ）进行了环境影响备案登记。相关辅助设施、辐射安全措施和环保措施利用源库原有设施。

2010 年斯伦贝谢中国公司成都基地对 7 台密封型中子发生器（每台含 1 枚 ^3H 放射性中子管，属于一体设备，中子强度为 $3.6 \times 10^8 \text{n/s}$ ，内含氚靶活度最大为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ ）进行了环境影响评价，并获得了批复（批复文号：川环审批〔2010〕692 号）：批复内容：在斯伦贝谢中国公司成都基地放射测井源库新增 14 枚放射源，其中 5 枚 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ 的 $^{241}\text{Am-Be}$ 中子源，2 枚 $5.92 \times 10^{11} \text{Bq}$ 的 $^{241}\text{Am-Be}$ 中子源，7 枚 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ 含 ^3H 放射性中子管。新增 $^{241}\text{Am-Be}$ 中子源属于 III 类放射源， ^3H 放射源属于 V 类放射源。相关辅助设施、辐射安全措施和环保措施利用源库原有设施。

2014 年斯伦贝谢中国公司成都基地对成都基地放射源库扩能进行了辐射安全分析，其中分析内容为增加 72 枚放射源（其中包含 5 枚 ^3H 放射性中子管（由离子源以及加速系统、氚靶、气压调节系统组成，为一体结构，中子强度为 $3.6 \times 10^8 \text{n/s}$ ，内含氚靶放射性活度最大为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$ ）。

斯伦贝谢中国公司成都基地于 2010~2014 年期间已申请 18 台密封型中子发生器（每台含 1 枚 ^3H 放射性中子管，属于一体设备，中子强度为 $3.6\times 10^8\text{n/s}$ ，内含氚靶放射性活度最大为 $5.55\times 10^{10}\text{Bq}$ ）行政许可，目前已有 8 台 ^3H 放射性中子管（由离子源以及加速系统、氚靶、气压调节系统组成，为一体结构，其中 5 枚氚靶放射性活度最大为 $5.55\times 10^{10}\text{Bq}$ ，3 枚氚靶放射性活度为 $5.92\times 10^{10}\text{Bq}$ ），该 8 枚 ^3H 放射性中子管内的氚靶已登记在许可证台账明细中。

2023 年 7 月 13 日建设单位获得了成都市生态环境局关于对斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司放射源库迁建项目环境影响报告表的批复（成环审(辐)〔2023〕62 号），其中主要建设内容为：新建 1 座放射源源库，包括储源区、刻度区、管理室，环保工程、公辅工程、办公及生活设施依托新基地。项目建成后，放射源库设计储存放射源 188 枚，包含 12 枚 ^{232}Th 的密封源，18 枚 ^3H 密封源（由离子源以及加速系统、氚靶、气压调节系统组成，为一体结构），117 枚 ^{137}Cs 密封源，15 枚 ^{252}Cf 密封源，11 枚 ^{133}Ba 密封源，15 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ 密封源，单枚源出厂最大活度为 $5.92\times 10^{10}\text{Bq}$ ，属于 V 类放射源；年开展测井仪的刻度、放射源的表面擦拭与照相确认分别约 50 次、36 次。

为适应当下管理要求，并根据《射线装置分类》，本项目拟在密封型中子发生器内氚靶获得 V 类放射源（其中 5 枚氚靶放射性活度最大为 $5.55\times 10^{10}\text{Bq}$ ，13 枚氚靶放射性活度为 $5.92\times 10^{10}\text{Bq}$ ）行政许可的基础上，申请增加其 II 类射线装置的种类和范围（最大电压为 120kV，最大靶流 130 μA ，中子强度为 $3.6\times 10^8\text{n/s}$ ）。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部第 16 号令），本项目属于名录中“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为此，斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司委托四川中环康源卫生技术服务有限公司对扩建密封型中子发生器开展环境影响评价工作（见附件 1）。我单位接受委托后，通过收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司扩建密封型中子发生器项目环境影响报告表》。

（三）环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评

价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的规定：建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息。

根据以上要求，建设单位于 2025 年 6 月 25 日，建设单位在斯伦贝谢中国公司官网上对该项目进行了全文公示，以征求公众意见。

公示网址：

<https://www.slb.com/zh-cn/about/who-we-are/our-global-presence/slb-china/public-notice>

公示网站截图如下：



图 1-1 环境影响报告表全本公示截图

信息公示期间，建设单位和环评单位均未收到相关单位或个人有关项目情况的反馈意见。

二、项目概况

（一）项目名称、性质、建设地点

项目名称：扩建密封型中子发生器项目

建设单位：斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司

建设性质：扩建

建设地点：测井地点为全国范围，不固定，用于油气田测井活动

临时存放：成都市双流区黄甲双兴大道 777 号维修车间双人双锁柜

长期储存：成都市双流区黄甲双兴大道 777 号放射源库

（二）项目建设内容与建设规模

斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司已获得 18 枚氚靶（属于 V 类放射源，其中 5 枚氚靶放射性活度最大为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，13 枚氚靶放射性活度为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ ， ^3H 放射性中子管由离子源以及加速系统、氚靶、气压调节系统组成，为一体结构）行政许可，其中 8 枚 ^3H 放射性中子管（由离子源以及加速系统、氚靶、气压调节系统组成，为一体结构，其中 5 枚氚靶放射性活度最大为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，3 枚氚靶放射性活度为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ ）登记在辐射安全许可证台账明细中。

根据现行要求，建设单位在已有 18 枚氚靶（属于 V 类放射源，其中 5 枚氚靶放射性活度最大为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，13 枚氚靶放射性活度为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，氚靶与离子源、加速系统及气压调节系统组成的 ^3H 放射性中子管，属于密封一体结构，本项目不涉及放射性中子管的组装， ^3H 放射性中子管外接高压电源、控制系统即可通电使用）行政许可基础上，增加 18 台密封型中子发生器（II 类射线装置，最大电压为 120kV，最大靶流 $130 \mu\text{A}$ ，中子强度为 $3.6 \times 10^8 \text{n/s}$ ）许可的种类和范围。

为保证密封型中子发生器测井的稳定性和准确性，监测设备状态，符合安全要求，建设单位拟依托放射源库（已建成，2025 年 3 月放射源库已完成搬迁，已于 2025 年 6 月 23 日获得验收）的刻度区的进行刻度，放射源库已于 2023 年 7 月 13 日取得成都市生态环境局(其批复见附件 5)，该源库采用 2.35t/m^3 的钢筋混凝土连续浇筑，四周墙体厚度为 300mm，屋顶为 160mm 厚混凝土，东侧源库大门为 54mm 石蜡+45mm 铅板+20mm 钢板。

密封型中子发生器技术参数见表 1-1。

表 1-1 密封型中子发生器相关技术参数

名称	型号	数量	类别	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	最大氚靶活度 (Bq)	备注
密封型中子发生器	PN G	5 台	II 类	120	130	3.6×10^8	$5.55\text{E}+10$ (已有 5 枚)	已有 8 枚氚靶并备案登记, 已获得 18 枚氚靶 (V 类放射源) 的行政许可, 此次拟增加 II 类射线装置行政许可的种类和范围
密封型中子发生器	PN G	13 台	II 类	120	130	3.6×10^8	$5.92\text{E}+10$ (已有 3 枚)	

建设单位所购入的 ^3H 放射性中子管 (氚靶与离子源、加速系统及气压调节系统组成的 ^3H 放射性中子管, 属于密封一体结构, 本项目不涉及放射性中子管的组装, ^3H 放射性中子管外接高压电源、控制系统即可通电使用), 不涉及到放射性中子管的拆分和组装。建设单位将对密封性中子发生器进行维护, 若密封型中子发生器若出现技术故障或累计使用达到设计激发时效 (600 小时或 900 小时) 时, 建设单位将其退回原产国。

测井:

根据建设单位预计, 平均每年每台密封性中子发生器进行 12 次测井, 每次测井前, 建设单位将密封型中子发生器下至测井打靶位置 (至少井下 100m 处) 通电进行工作状态的检查 (每次检查预计 15min), 则每年每台密封型中子发生器工作状态检查时长约 3h; 确认密封型中子发生器工作状态无误后, 再利用密封型中子发生器进行测井工作, 密封型中子发生器测速为 120m/hr, 测量断位 1000~5000m 不等, 单次测井平均打靶时长为 6 小时, 每年每台密封型中子发生器测井工作时打靶时长约 72h, 则每台密封型中子发生器每年在测井现场出束时长为约 75h。

因目前测井任务有限, 现阶段建设单位同时上井作业的密封性中子发生器最多为 4 台, 若后续作业量增加, 建设单位承诺将按要求增加辐射安全措施。

建设单位目前已有 18 名辐射工作人员进行密封型中子发生器的测井工作, 每次测井活动至少配备 2 名辐射工作人员 (其中 1 名负责测井操作, 1 名辐射工

作人员负责场地巡查工作并兼顾工作场地辐射环境的监测)。

无测井任务时:

密封型中子发生器完成工作任务后:将送回维修车间进行保养和维护(保养和维护过程中不对密封型中子发生器开机操作)。

根据建设单位预计,预计建设单位每季度对密封性中子发生器进行一次刻度,每次刻度工作打靶约 30min,则每年 18 台密封型中子发生器刻度合计打靶时长约为 36h。

密封型中子发生器的领用和归还由专人进行台账的登记和管理,做到账物相同。密封型中子发生器除了在放射源库内进行刻度工作外,不在场所内开机和训机。

(三) 项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要环境问题一览表

名称	建设内容及规模	建设内容及规模可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	本项目密封性中子发生器主要用于油气田测井活动,主要工作区域位于全国范围不固定。密封型中子发生器主要由密封型中子管(8 台 ^3H 放射性中子管(由离子源以及加速系统、氘靶、气压调节系统组成,为一体结构)、高压电源、控制系统等组成。本项目密封型中子发生器最大电压为 120kV,最大靶流 130μA,中子强度为 $3.6\times 10^8\text{n/s}$,属于 II 类射线装置。每只密封型中子发生器内部含有一个氘靶,氘靶密封在严密包壳中,其中 5 枚氘靶放射性活度最大为 $5.55\times 10^{10}\text{Bq}$,13 枚氘靶放射性活度为 $5.92\times 10^{10}\text{Bq}$。 为保证密封型中子发生器测井的稳定性和准确性,监测设备状态,符合安全要求,建设单位拟依托放射源库(已建成,2025 年 3 月放射源库已完成搬迁,已于 2025 年 6 月 23 日获得验收)的刻度区的进行刻度,放射源库已于 2023 年 7 月 13 日取得成都市生态环境局(其批复见附件 5),该源库采用 2.35t/m^3 的钢筋混凝土连续浇筑,四周墙体厚度为 300mm,屋顶为 160mm 厚混凝土,东侧源库大门为 54mm 石蜡+45mm 铅板+20mm 钢板。 根据建设单位预计,平均每年每台密封性中子发生器进行 12 次测井,每次测井前,建设单位将密封型中子发生器下至测井打靶位置(至少井下 100m 处)通电进行工作状态的检查(每次检查预计 15min),则每年每台密封型中子发生器工作状态检查时长约 3h;确	/	密封型中子发生器在工作过程中会产生中子、 γ 射线、臭氧、氮氧化物、噪声;密封型中子发生器中的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。

	认密封型中子发生器工作状态无误后，再利用密封型中子发生器进行测井工作，密封型中子发生器测速为120m/hr，测量断位1000~5000m不等，单次测井平均打靶时长为6小时，每年每台密封型中子发生器测井工作时打靶时长约72h，则每台密封型中子发生器每年在测井现场出束时长为约75h。 根据建设单位预计，预计建设单位每季度对密封性中子发生器进行一次刻度，每次刻度工作打靶约30min，则每年18台密封型中子发生器刻度合计打靶时长约为36h。		
辅助工程	临时存放：成都市双流区黄甲双兴大道 777 号维修车间双人双锁柜 长期储存：成都市双流区黄甲双兴大道 777 号放射源库		
公用工程	测井过程依托测井周围公共设置；日常工作依托公司现有废水处理设施。		
办公及生活设施	测井作业时日常生活废水及生活垃圾均依托测井现场周围公共设施；日常生活废水依托斯伦贝谢成都基地现有废水处理设施；生活垃圾依托现有垃圾箱收集，由环卫部门统一清运。		生活污水、生活垃圾

（四）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表1-3本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
能源	电	3000kW·h	厂区电网	—
水	生活用水	1.5t/a	厂区管网	H ₂ O

（五）劳动定员及工作制度

测井：

工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行白班单班制。

人员配置：建设单位目前已有 18 名辐射工作人员进行密封型中子发生器的测井工作（名单见下表）。每次测井活动至少配备 2 名辐射工作人员（其中 1 名负责测井操作，1 名辐射工作人员负责场地巡查工作）。

表 1-4 本项目已有辐射工作人员名单

序号	姓名	性别	证书编号	有效期
1		男	FS20SC1300008	2025 年 10 月 26 日
2		男	FS22SC1300020	2027 年 5 月 25 日
3		男	FS20SC1300009	2025 年 10 月 26 日
4		男	FS23SC1300070	2028 年 5 月 19 日
5		男	FS23SC1300086	2028 年 6 月 21 日
6		男	FS23SC1300042	2028 年 3 月 14 日
7		男	FS21SC1300081	2026 年 10 月 22 日
8		男	FS23SC1300048	2028 年 3 月 14 日

9		男	FS21SC13000021	2026 年 4 月 15 日
10		男	FS22SC13000051	2027 年 12 月 16 日
11		男	FS22SC13000040	2027 年 7 月 15 日
12		男	FS23SC13000069	2028 年 5 月 24 日
13		男	FS21SC13000087	2026 年 10 月 22 日
14		女	FS22SC13000011	2027 年 03 月 29 日
15		男	FS22SC13000013	2027 年 03 月 29 日
16		女	FS22SC13000008	2027 年 03 月 29 日
17		男	FS22SC13000009	2027 年 03 月 29 日
18		男	FS23SC13000075	2028 年 05 月 24 日

结合实际的情况，辐射工作人员工作量并非完全均匀分配，预计本项目投入运营后，单名辐射工作人员年工作负荷为进行 30 口井的测井工作及 10 次刻度工作，则单名辐射工作人员测井工作时，密封型中子发生器通电打靶时间约为 187.5h；则单名辐射工作人员刻度工作时，密封型中子发生器通电打靶时间约为 5h。

本项目 18 名辐射工作人员均已获得了辐射安全与防护考核证明，并进行了个人剂量监测和职业健康体检，且建设单位已为其建立剂量监测档案以及职业健康档案。项目投入运营后，针对所有新增辐射工作人员，建设单位承诺要求其在上岗前通过辐射安全与防护考核，并为其建立职业健康档案以及个人剂量监测档案。

以上 18 名辐射工作人员除密封型中子发生器测井、刻度工作外，将同时兼顾建设单位其他工作。因此本报告对辐射工作人员的叠加情况进行了分析。

（七）产业政策符合性

本项目属于核技术在油气勘探和测量领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令），本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，项目符合国家当前的产业政策。

三、项目布局合理性及实践正当性分析

1.场所布局合理性分析

测井任务时：

本项目密封型中子发生器主要用于油气田测井活动，服务范围为全国范围，不固定。当密封型中子发生器野外作业时，将因地制宜地充分利用测井具体地点

地形特征、周围设施等进行防护，测井过程中将通过清场、拉警戒线、调整测井时间等安全管理措施，按照划定的控制区严格管理，禁止无关人员出入控制区。采取以上措施后，本项目的测井活动选址是合理的。

测井任务前后：

本项目密封型中子发生器由具有资质的第三方单位的运源车负责运输，工作完成后，将密封型中子发生器送回成都市双流区黄甲双兴大道 777 号（以下简称斯伦贝谢成都基地）放射源库进行储存，当测井地点较远，密封型中子发生器不能及时返回斯伦贝谢成都基地存放时，将在测井地点的运源车内临时暂存。本项目密封型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，密封型中子发生器内氚靶 β 射线韧致辐射所致密封型中子发生器表面剂量率较小，可忽略不计，且密封型中子发生器的电缆通过建设单位的电缆测井车进行运输（具备测井仪控制台、测井结果数据处理系统），因此在测井前后，密封型中子发生器与其电缆分开存放，将密封型中子发生器存放在运源车内可行的。

无测井任务时：

若密封型中子发生器需要维护保养则会暂存至车间双人双锁柜中，其余时间则存放在放射源库。

放射源库东侧大门和南侧管理室门均实行双人双锁管理，由 3 名源库管理人员分别为 2 道门各配备 2 把钥匙，同时源库大门和管理室门设有钥匙及门禁，须 1 名管理人员和 1 名操作人员同时解锁后才能打开防护门。测井作业组配备的是相应源坑的钥匙（每个源坑专门配备一把钥匙，其他钥匙打不开该源坑），只有在钥匙完全一一对应之后，才能存取放射源。通过 PKI 系统进行控制，设置钥匙管理柜被授权管理人员及相关被授权使用人员。管理人员及使用人员对钥匙柜的权限不重合。

双人双锁柜柜门已设置双人双锁防盗系统，柜门钥匙分别由 1 名设备管理人员及 1 名操作人员分别存放，仅在设备管理人员及操作人员同时在场时，方可打开双人双锁柜；源库内外、双人双锁柜周边均设置 24h 监控系统，并设置 24h 值班室，以避免密封型中子发生器在储存过程中丢失。密封型中子发生器的领用和归还由专人进行台账的登记和管理，做到账物相同。

密封型中子发生器除了在放射源库内进行刻度工作外，不在场所内开机。

斯伦贝谢成都基地设置有独立的围墙；源库的 50m 范围除了厂界范围还包括中国石油集团川庆钻探工程有限公司、通威太阳能（成都）有限公司，避开了人员较聚集和人员流动较大的办公楼、宿舍和食堂等。本项目密封型中子发生器将在源库内进行刻度工作，但经过水箱及源库的屏蔽后，对周围环境影响较小。因此建设单位在做好射线装置的台帐工作后，不会对周围环境产生不良影响，因此密封型中子发生器无测井任务时存放于该双人双锁柜、源库是合理的。

2、实践正当性

密封型中子发生器测井技术是一种有效的地球物理探矿方法，主要是用以确定地层的岩性和孔隙度，判断和划分油层及含油量等，为制定采油方案提供科学依据，为石油开采提供了先进的技术保证，所带来的利益远大于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。

四、原有核技术利用情况

（一）辐射安全许可证

建设单位已获得辐射安全许可证，编号为“川环辐证【***】”，种类和范围为“销售、使用V类放射源，使用III类、IV类放射源”，有效期至2027年03月09日。

（二）原有核技术利用情况

建设单位已许可使用 87 枚 V 类放射源（已登记 58 枚在台账明细中）已许可销售 35 枚 V 类放射源（2 枚登记在台账明细中）；已许可使用 51 枚IV类放射源（已登记 37 枚在台账明细中）；已许可使用 15 枚III类放射源（登记 6 枚在台账明细中）。

经现场踏勘：建设单位辐射管理状况良好，经建设单位证实，公司开展使用和销售放射源以来，从未发生辐射安全事故。

表 1-4 原有核技术利用项目一览表

序号	活动种类和范围				放射源台账			备注
	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/活度 (贝可)×枚数	放射源编码	出厂活度(贝可)	用途	
1	Th-232	V类	使用	5.5E+4*2	US07T2000015	5.55+4	刻度、校准源	已上证
2	Th-232	V类	使用	1.11E+5*8	FR12T2000165	1.1+5	刻度、校准源	已上证
	Th-232	V类	使用		US07T2000025	5.55+4	刻度、校准源	已上证
3	Th-232	V类	使用	6.22E+4*2	US08T2000375	6.22+4	刻度、校准源	已上证
	Th-232	V类	使用		US08T2000385	6.22+4	刻度、校准源	已上证
4	H-3	V类	使用	5.55E+10*5	US16H3000305	5.55E+10	放射源测井	已上证
	H-3	V类	使用		US21H3000225	5.55E+10	放射源测井	已上证
	H-3	V类	使用		US21H3000265	5.55E+10	放射源测井	已上证
	H-3	V类	使用		US21H3000575	5.55E+10	放射源测井	已上证
	H-3	V类	使用		US21H3001305	5.55E+10	放射源测井	已上证
5	H-3	V类	使用	5.92E+10*13	US23H3000045	5.55E+10	放射源测井	已上证
	H-3	V类	使用		US22H3000085	5.55E+10	放射源测井	已上证
	H-3	V类	使用		US17H3000015	5.55E+10	放射源测井	已上证
6	Cs-137	V类	使用	3.33E+5*2	DE13CS007635	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE03CS007215	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		FR06CS005585	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE19CS012805	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE08CS007915	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE08CS007885	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE08CS007895	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE19CS012035	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE08CS007905	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE12CS009015	3.33E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V类	使用		DE12CS009025	3.33E+5	放射源测井	已上证

7	Cs-137	V 类	使用	3.52E+5*29	US15CS006485	3.7E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		FR06CS005565	3.52E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US12CS011465	3.7E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		FR06CS005575	3.52E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US12CS011475	3.7E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US17CS006665	3.7E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US15CS006495	3.7E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US11CS004215	3.66E+4	放射源测井	已上证
8	Cs-137	IV 类	使用	7.40E+9*12	US11CS011114	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US12CS013654	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US11CS011104	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US07CS001534	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US08CS008014	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US11CS009454	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US12CS013714	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US11CS009434	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US11CS009424	7.4E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US11CS012524	7.4E+9	放射源测井	已上证
9	Cs-137	IV 类	使用	6.3E+10*7	US13CS020504	5.8E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US16CS008814	5.9E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US08CS007544	6.1E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US14CS014174	6.142E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		FR00CS836304	6.3E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US14CS018124	6.3E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US99CS710164	6.3E+10	放射源测井	已上证
10	Cs-137	IV 类	使用	6.30E10*2	US08CS007764	8.36E+9	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US09CS007094	6.105E+10	放射源测井	已上证
11	Cs-137	V 类	销售	3.6E+5*30	/	/	放射源测井	已上证
12	Cs-137	IV 类	使用	7.40E+10*5	/	/	放射源测井	已上证

13	Cs-137	V 类	使用	2.22E+4*4	DE11CS010585	2.22E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE12CS012125	2.22E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE19CS012815	2.22E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		FR06CS005595	2.22E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE09CS007745	2.22E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE19CS012045	2.22E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE03CS007205	2.22E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE09CS007735	2.22E+4	放射源测井	已上证
14	Cs-137	V 类	使用	3.33E+4*4	US18CS002825	1.11E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US18CS002815	1.11E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE04CS006135	3.33E+4	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE04CS006125	3.33E+4	放射源测井	已上证
15	Cs-137	V 类	使用	3.52E+5*2	/	/	放射源测井	已上证
16	Cs-137	IV 类	使用	7.40E+10*10	US13CS011934	6.586E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US14CS019444	6.6E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US12CS014214	6.6E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US22CS009444	6.4E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US16CS009924	7.07E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US08CS006354	6.92E+10	放射源测井	已上证
	Cs-137	IV 类	使用		US14CS019384	6.59E+10	放射源测井	已上证
17	Cs-137	V 类	使用	3.52E+5	/	/	放射源测井	已上证
18	Cs-137	V 类	使用	3.515+5*2	US13CS007645	3.515E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE04CS007235	3.515E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US13CS007655	3.515E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US19CS012025	3.515E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US19CS012015	3.515E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		DE04CS007225	3.515E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US21CS014005	3.515E+5	放射源测井	已上证
	Cs-137	V 类	使用		US19CS012795	3.515E+5	放射源测井	已上证

19	Cf-252	IV 类	使用	7.10E+8*5	/	/	放射源测井	已上证
20	Cf-252	IV 类	使用	7.10E+8*10	US14CF001184	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US14CF000934	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US14CF001334	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US14CF001344	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US16CF000634	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US21CF006734	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US14CF001354	3E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US21CF006724	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用		US20CF002674	7E+8	放射源测井	已上证
	Cf-252	IV 类	使用					
21	Ba-133	V 类	使用	3.70E+8*3	RU12BA000025	3.7E+8	放射源测井	已上证
	Ba-133	V 类	使用		RU06BA000015	3.7E+8	放射源测井	已上证
	Ba-133	V 类	使用		DE12BA000035	3.7E+8	放射源测井	已上证
22	Ba-133	V 类	销售	3.70E+8*3	RU11BA000015	3.7E+8	放射源测井	已上证
23	Ba-133	V 类	使用	3.70E+8*5	/	/	放射源测井	已上证
24	Am-241/Be	III类	使用	3.70E+11*5	/	/	放射源测井	已上证
25	Am-241/Be	III类	使用	5.92E+11*5	US08AB001863	5.92E+11	放射源测井	已上证
	Am-241/Be	III类	使用		US09AB000403	5.92E+11	放射源测井	已上证
	Am-241/Be	III类	使用		US84AB836313	5.92E+11	放射源测井	已上证
	Am-241/Be	III类	使用		US04AB836333	5.92E+11	放射源测井	已上证
26	Am-241/Be	III类	使用	5.92E+11*5	US09AB000653	5.92E+11	放射源测井	已上证

（三）辐射工作人员培训情况

斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司目前登记有辐射工作人员18人，均属于操作使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源、Ⅴ类放射源的辐射工作人员。该18名辐射工作人员均已获得辐射安全与防护考核合格证明，根据2019年12月18日生态环境部发布《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》，建设单位新增加的辐射工作人员均需获得辐射安全与防护考核证明后，才能上岗。

（四）辐射工作人员个人剂量情况

建设单位已为每名辐射工作人员配备个人剂量计，最新的全年个人剂量监测结果可知（女性每年监测周期为1个月，男性为1个季度），所有辐射工作人员个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值情况。

（五）辐射工作人员体检情况

建设单位已委托四川大学华西第四人民医院对所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。

（六）年度评估报告

建设单位在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全与防护状况年度评估报告”，建设单位对现有辐射工作场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

现建设单位辐射安全管理情况如下：

- 1.现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- 2.辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- 3.辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求。

- 4.自从事辐射工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场 所	氚靶情况			备注
										活度(Bq)	贮存方式	数量	
1	密封型中子发生器	II类	5台	型号未定	120	130	3.6×10^8	中子测井	全国范围不固定	5.55×10^{10}	密封在中子管屏蔽体内	5	1只中子管内含1个氚靶；已有8枚氚靶并备案登记，已获得18枚氚靶（V类放射源）的行政许可，此次拟增加II类射线装置
2	密封型中子发生器	II类	13台	型号未定	120	130	3.6×10^8	中子测井	全国范围不固定	5.92×10^{10}	密封在中子管屏蔽体内	13	

													行政许可的种类和范围
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废中子管	固态	^3H	/	/	/	/	/	交厂家或有资质单位回收处理
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经通排风系统进入大气，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 20~30 分钟，可自动分解为氧气
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订本)，中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年修正本)，中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017年修正本)，中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修正本)，中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年修正本)，中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第16号，自2021年1月1日起施行； (9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； (10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环保总局，环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； (11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行； (12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；
------	---

	(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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行； (14) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》，中华人民共和国环境保护部环办〔2013〕103号，2014年1月1日试行； (15) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号，2016年6月1日实施；
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (6) 《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）； (7) 《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）； (8) 《石油测井中子发生器及中子管技术条件》（SY/T5419-2007）； (9) 《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）； (10) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012年3月发布实施。 (11) 《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求（试行）》（四川省环境保护厅，川环办发[2016]149号）。
其他	(1) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版）； (2) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函【2016】1400号； (3) 《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）。

表 7 保护目标与评价标准

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，在进行油气井测井时，将中子发生器置于井下100m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。 根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中“5.3.1中子发生器测试、刻度宜在专用的屏蔽体内进行，可使用符合屏蔽要求的屏蔽介质，也可使用深度大于10m的专用地下测试井。没有专用屏蔽体时，应将距测试中子发生器不小于30m范围设置为控制区，边界应设置警戒线或栅栏及电离辐射警告标志，由专人值守”。 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）“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”。 根据本项目密封型中子发生器事故状态下影响范围，结合导则相关规定，针对测井工作场所：从保守角度考虑，本次评价以测井现场油气井井口为中心，其半径为100m作为评价范围；由于本项目中子发生器测井仪在刻度过程中存在开机的情况，因此将中子发生器刻度的工作场所（即源库）的屏蔽体50m范围作为本项目的评价范围。					
保护目标 本项目环境保护目标可分为职业人员和公众，使其所接受年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和本次评价提出的剂量约束值。其中，职业人员为测井及刻度的辐射工作人员；公众为测井现场评价范围内其他人员及刻度过程中的周围人员。					
表7-1 本项目环境保护目标情况一览表					
序号	保护目标	类型	规模	距离（m）	年有效剂量约束值（mSv）
测井工作场所					
1	放射性测井人员	职业人员	2名（每次）	垂直距离：>100m； 水平距离：>1.0m	5.0
2	短时间停留其他人员	公众	若干	垂直距离：>100m； 水平距离：>30m	0.1

源库周围					
3	刻度过程中位于管理室的辐射工作人员	职业人员	18 人	距离水箱最近 8m	5.0
4	厂区道路	公众	10 人	距离源库屏蔽体最近 0.5m	0.1
5	主厂房	公众	30 人	距离源库最近 5m	0.1
6	中国石油集团 川庆钻探工程有限公司	公众	10 人	距离源库最近 8m	0.1
7	通威太阳能（成都）有限公司	公众	2 人	距离源库最近 50m	0.1

评价标准

1.电离辐射标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

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

剂量约束

职业照射:根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第 4.3.3.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均)20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的1/4(即 5mSv/a)作为职业人员年剂量约束值。

(2)公众照射：第B1.2.1条的规定，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年有效剂量 1mSv。本项目环评取上述标准中规定的公众年有效剂量限值的 1/10(即0.1mSv/a)作为公众的年剂量约束值。

(2) 《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）

5.3.1中子发生器测试、刻度宜在专用的屏蔽体内进行，可使用符合屏蔽要求的屏蔽介质，也可使用深度大于10m的专用地下测试井。没有专用屏蔽体时，应将距测试中子发生器不小于30m范围设置为控制区，边界应设置警戒线或栅栏及电离辐射警告标志，由专人值守。

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20min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。

2.1环境质量标准

- （1）环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- （2）地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准；
- （3）声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中3类标准。

2.2污染物排放标准

（1）大气污染物：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准要求；

（2）水污染物：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准要求；

（3）噪声：执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类标准的要求；

（4）固废：一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）及《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597—2023）。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状			
一、测井现场			
本项目为密封型中子发生器项目，使用II类射线装置，在运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响很小，主要影响为对周围的电离辐射影响。因本项目工程区域不确定，不固定，因此本次环评未对测井现场进行环境现状监测。 中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量公报》中 250 个辐射环境空气自动监测站γ辐射空气吸收剂量率监测范围为（49.8~194.4）nGy/h，四川省环境空气自动监测站γ辐射空气吸收剂量率监测范围 67.5~121.3nGy/h，均处于天然本底涨落范围内。			
二、源库			
（一）项目地理和场所位置			
本项目新建源库位于成都市双流区黄甲双兴大道斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司内。整个基地设置有独立的围墙，本项目设置于基地厂区内的南部西侧角落。本项目北侧 50m 评价范围内为厂区主厂房，东侧 50m 评价范围内为厂区堆场，南侧 50m 评价范围内为设备间，西侧 50m 评价范围内为待建空地(工业用地)，评价范围外 200m 范围内亦无居住和办公等敏感点存在。放射源库与刻度房为联排独立建筑。			
（二）辐射环境现状评价			
由于本项目源库已完成搬迁，并取得验收意见，本项目其源库周围现状与 2025 年 4 月 25 日竣工验收监测结果相当。因此本项目引用 2025 年 4 月 25 日，四川中环康源卫生技术服务有限公司监测人员对源库周围进行的现场监测结果，监测时环境温度:29℃；相对湿度：55%RH。			
（三）监测仪器与方法			
表 8-1 监测方法及监测仪器一览表			
监测项目	监测仪器		
	名称及编号	技术参数	检定情况
X-γ辐射	451P 型加压电离室巡测仪 编号：YQ12034	测量范围：0-50 mSv/h 不确定度：10% 校准因子：1.05	校准单位：中国测试技术研究院 校准有效期： 2024/12/26-2025/12/25 证书编号：校准字第 202412106332 号
中子	ATKN/AT1117M 型 n-γ辐射检测仪	能量响应范围： 0.025 MeV~14	检定单位：中国计量科学研究院 校准有效期：

	编号：YQ18021	MeV 剂量率范围：0.1 μSv/h~10 mSv/h 校准因子：0.835	2024/07/17-2025/07/16 证书编号：DLjs2024-02919
--	------------	--	--

（三）监测质量保证

我单位（四川中环康源卫生技术服务有限公司）具有四川省市场监督管理局颁发的资质认定证书，并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

- ①根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和项目实际情况制定监测方案及实施细则；
- ②严格按照监测单位《质保手册》《作业指导书》开展现场工作；
- ③监测仪器每年经过计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- ④监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- ⑤根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性；
- ⑥监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；
- ⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；
- ⑧数据复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核后由授权签字人审定签发。

（四）监测结果与评价、

表 5-2 X-γ辐射监测结果

测点编号	X-γ辐射（μSv/h）		监测点位
	监测值	标准差	
1	0.13	0.01	管理室操作位
2	0.14	0.01	管理室北侧墙表面 30cm
3	0.13	0.01	管理室西侧墙表面 30cm
4	0.14	0.01	管理室西侧铅门表面 30cm(门表面及上下左右)
5	0.15	0.01	电缆孔
6	0.15	0.01	行车操作位
7	0.14	0.01	源库区门外表面 30cm
8	0.15	0.01	源库区南侧墙外表面 30cm
9	0.14	0.01	源库区储源箱外表面 30cm
10	0.13	0.01	1#储源坑上盖外表面 30cm

11	0.26	0.01	2#储源坑上盖外表面 30cm
12	0.26	0.01	3#储源坑上盖外表面 30cm
13	0.43	0.01	4#储源坑上盖外表面 30cm
14	0.58	0.01	5#储源坑上盖外表面 30cm
15	0.99	0.01	6#储源坑上盖外表面 30cm
16	0.33	0.01	7#储源坑上盖外表面 30cm
17	0.69	0.01	8#储源坑上盖外表面 30cm
18	0.30	0.01	9#储源坑上盖外表面 30cm
19	0.29	0.01	10#储源坑上盖外表面 30cm
20	0.15	0.01	11#储源坑上盖外表面 30cm
21	0.14	0.01	12#储源坑上盖外表面 30cm
22	0.15	0.01	13#储源坑上盖外表面 30cm
23	0.14	0.01	14#储源坑上盖外表面 30cm
24	0.13	0.01	管理室南侧门表面 30cm
25	0.14	0.01	管理室东侧墙外表面 30cm
26	0.14	0.01	源库刻度区东侧墙外表面 30cm
27	0.15	0.01	源库刻度区东侧铅门表面 30cm
28	0.14	0.01	源库刻度区东侧墙外表面 30cm
29	0.14	0.01	源库区东侧墙外表面 30cm
30	0.13	0.01	源库区北侧墙外表面 30cm
31	0.14	0.01	源库区西侧墙外表面 30cm
32	0.15	0.01	刻度区西侧墙外表面 30cm
33	0.13	0.01	刻度区南侧墙外表面 30cm
34	/	/	储源库及刻度房上方距离屋顶 100cm
35	0.14	0.01	储源库及刻度房北侧厂房外
36	0.14	0.01	储源库及刻度房东侧堆场
37	0.13	0.01	储源库及刻度房南侧 WCM 工具校准间外
38	0.14	0.01	储源库及刻度房西侧厂区围墙外
39	0.13	0.01	储源库及刻度房南侧厂区围墙外
本底值	0.10	-	源库外空地

注：以上监测数据未扣除仪器宇宙射线响应值。储源库及刻度房上方为非上人屋顶。

表 5-3 中子监测结果

测点编号	中子 (nSv/h)		监测点位
	监测值	标准差	
1	9.46	0.43	管理室操作位
2	10.30	0.43	管理室北侧墙表面 30cm
3	8.63	0.43	管理室西侧墙表面 30cm
4	10.30	0.43	管理室西侧铅门表面 30cm(门表面及上下左右)
5	9.46	0.43	电缆孔
6	10.30	0.43	行车操作位
7	10.30	0.43	源库区门外表面 30cm
8	10.30	0.43	源库区南侧墙外表面 30cm
9	42.86	0.43	源库区储源箱外表面 30cm
10	57.06	0.43	1#储源坑上盖外表面 30cm
11	54.55	0.43	2#储源坑上盖外表面 30cm
12	41.19	0.43	3#储源坑上盖外表面 30cm
13	43.70	0.43	4#储源坑上盖外表面 30cm

14	2699.83	43.12	5#储源坑上盖外表面 30cm
15	2616.33	43.12	6#储源坑上盖外表面 30cm
16	144.73	4.31	7#储源坑上盖外表面 30cm
17	3117.33	43.12	8#储源坑上盖外表面 30cm
18	111.33	4.31	9#储源坑上盖外表面 30cm
19	169.78	4.31	10#储源坑上盖外表面 30cm
20	87.95	0.43	11#储源坑上盖外表面 30cm
21	88.79	0.43	12#储源坑上盖外表面 30cm
22	87.95	0.43	13#储源坑上盖外表面 30cm
23	89.62	0.43	14#储源坑上盖外表面 30cm
24	9.46	0.43	管理室南侧门表面 30cm
25	10.30	0.43	管理室东侧墙外表面 30cm
26	9.46	0.43	源库刻度区东侧墙外表面 30cm
27	10.30	0.43	源库刻度区东侧铅门表面 30cm
28	9.46	0.43	源库刻度区东侧墙外表面 30cm
29	8.63	0.43	源库区东侧墙外表面 30cm
30	9.46	0.43	源库区北侧墙外表面 30cm
31	8.63	0.43	源库区西侧墙外表面 30cm
32	10.30	0.43	刻度区西侧墙外表面 30cm
33	9.46	0.43	刻度区南侧墙外表面 30cm
34	/	/	储源库及刻度房上方距离屋顶 100cm
35	9.46	0.43	储源库及刻度房北侧厂房外
36	10.30	0.43	储源库及刻度房东侧堆场
37	10.30	0.43	储源库及刻度房南侧 WCM 工具校准间外
38	9.46	0.43	储源库及刻度房西侧厂区围墙外
39	9.46	0.43	储源库及刻度房南侧厂区围墙外
本底值	10	-	源库外空地

注：以上监测数据未扣除仪器宇宙射线响应值。储源库及刻度房上方为非上人屋顶。

斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司储源库储源状态的 X- γ 辐射在 0.13~0.99 $\mu\text{Sv/h}$ 之间（未扣除环境本底值），项目所在区域的中子剂量当量率未检出，X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 95.10 nGy/h~102.90 nGy/h，成都市生态环境局《2023 成都生态环境质量公报》全市环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（67.0~119）nGy/h 相当，属于正常天然本底辐射水平。中子在 8.63~3117.33 nSv/h 之间（未扣除环境本底值）。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、工程设备

本项目密封型中子发生器其最大电压均为120kV，最大靶流130 μ A，中子强度为 3.6×10^8 n/s，属于II类射线装置。每只发生器测井仪内部含有一个氚靶，氚靶密封在严密包壳中，其中5枚氚靶放射性活度最大为 5.55×10^{10} Bq，13枚氚靶放射性活度为 5.92×10^{10} Bq。属于II类射线装置。

本项目密封型中子发生器主要由密封型中子管（含离子源以及加速系统、氚靶、气压调节系统）、高压电源、控制系统等组成。

二、工艺分析

（一）施工期工艺分析

本项目密封型中子发生器主要用于油气田测井活动，测井地点全国陆地不固定，测井主要在已建好的油（气）井中完成，测井场所不存在建设期环境影响。

本项目所在厂区已在《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司斯伦贝谢中国区陆地服务总部、结算中心及设备维护保养基地环境影响报告表》（成双环承诺环评审〔2022〕73号）、《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司放射源库迁建项目》进行了论述，本项目仅涉及维修车间双人双锁柜的购买及安装、监控系统的安装，对周围环境影响极小。

（二）运营期的工艺分析

（1）密封型中子发生器结构

密封型中子发生器（又称脉冲中子发生器），密封型中子发生器外有不锈钢筒密封，并在钢筒内充入1MPa以上SF₆气体。高压电源由一系列倍压线路组成，它的作用是输出高压。中子管是将离子源以及加速系统、氚靶、气压调节系统密封在一个陶瓷或金属管内，形成一个小型的特种电真空器件。中子管主要由以下几个部分组成：补偿氘气的氘气存贮器；产生入射粒子的离子源；加速带电粒子的引出部件，即引出、加速系统；带电粒子轰击产生中子的靶。对于充气性中子管，氘气存贮器在中子管中提供氘气并能调节管内氘气压强大小，利用吸氢金属的吸气特性进行的。氘气存贮器释放的氘气量是由它的温度决定的，温度的高低由氘气存贮器灯丝的电流大小调节。中子管基本结构见图9-1。

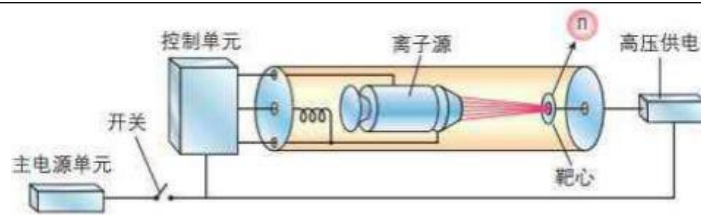


图9-1 本项目中子结构示意图

(2) 中子管中 ^3H 核素性质

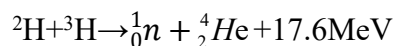
本项目所用的密封型中子发生器的每只中子管内含有1个氚靶，氚靶中的 ^3H 为纯 β 放射性核素， β 粒子最大能量 $E_{\text{max}}=18.6\text{keV}$ ，平均能量为 $E_{\text{avg}}=5.7\text{keV}$ ，半衰期为12.34年，在空气中最大射程为6mm，在其他材料中最大射程为0.8mg/cm²。 ^3H 是被固定在中子管内的氚靶上，中子管的 ^3H 先制成氚（钛）靶，以金属氚化物的形式被固定在氚（钛）靶中。

表9-1 本项目中子管中 ^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	^3H	β	18.6keV	5.7keV	12.34 年

(3) 密封型中子发生器工作原理

密封型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，生成能量为14MeV的快中子和 ^4_2He 原子核。其核反应方程为：



密封型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后轰击到氚靶，发生氘氚反应，产生能量为14MeV中子

(4) 密封型中子发生器测井工作原理

密封型中子发生器测井工作原理为：利用密封型中子发生器产生中子，把装有密封型中子发生器的井下仪器放入井内，由密封型中子发生器发射出的能量为14MeV的快中子，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。

密封型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。

由于核素的性质差异，使其产生的非弹性散射和俘获 γ 射线的能谱也不同，利用密封型中子发生器顶端的高分辨率探测器记录下每种能量 γ 射线的个数，再由多道脉冲幅度分析仪给出各种核素的谱，输入电脑储存，记录下C/O的比值，由地层中的C/O比值确定储层含油饱和度。

脉冲中子测井仪可以进行次生 γ 能谱测井和热中子衰减时间测井。次生 γ 能谱测井是利用脉冲中子源发射的快中子与地层中某种元素发生非弹性碰撞的概率及放出的非弹性散射 γ 射线的能量都与被碰撞元素的结构有关，根据地层中常见元素的非弹性散射 γ 射线能谱和各自的非弹性散射截面，确定地层中存在的元素种类和含量。热中子衰减时间测井是利用地层对热中子的俘获特性测量地层孔隙中油、水的相关含量。

(5) 密封型中子发生器测井工作流程

野外测井工作流程如下：

①接到测井工作任务后，建设单位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。从斯伦贝谢成都基地领取密封型中子发生器装置，并进行登记。将密封型中子发生器固定在运源车的仪器仓内，仓门加锁。

③运输过程中，运源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)到达作业现场后，操作人员与委托方现场人员取得联系，了解现场情况，核对井号。

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 $\geq 30\text{m}$ ，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。辐射工作人员位于控制区内对密封型中子发生器进行操作和巡查监护，严禁无关人员进入控制区。安装滑轮、张力计等，组装密封型中子发生器及地面电缆。

3)测井人员地面联机调试测井仪器，仪器通讯正常后，将密封型中子发生器与测井仪器连接下入井内，连接密封型中子发生器的地面电源有程序所，该程序锁只能由指定操作人员控制解锁并在工具达到安全深度以下时才会解锁。

4)仪器检验：根据建设单位预计，仪器下放到达测井位置后（至少距离井口100m），给密封型中子发生器供电约15min，检查其是否正常工作。

5)测量：按仪器使用说明书的要求对密封型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，下井测速约120m/hr，测量段约200~2000m不等，平均单井累积打靶时间6h。

6)仪器出井：井下所有点测完后，关闭电源，密封型中子发生器断电30min后，将密封型中子发生器提升出井口。

7)仪器清洗装箱：仪器提出井口后，对仪器表面进行清洁，清理现场，确保井场周围环境无污染。

8)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③步规定运输返回中国（四川）自由贸易试验区成都市双流区西南航空港经济开发区双兴大道777号主厂房1F维修车间专用双人双锁柜或放射源库中，工程师负责将密封性中子发生器入库并做好登记。

产污：密封型中子发生器在测井前工作状态检查和测井过程中密封型中子发生器通电将产生中子和 γ 射线。

密封型中子发生器测井的工作流程见图9-2：

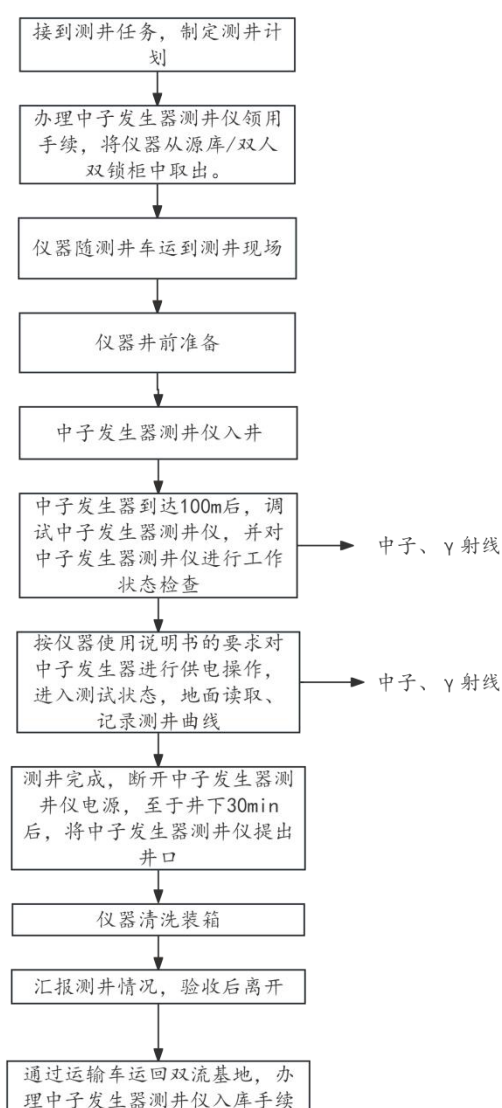


图9-2密封型中子发生器测井工作流程

每次测井任务完成后，建设单位将对密封性中子发生器进行维护，建设单位将对密封性中子发生器进行维护，若密封型中子发生器若出现技术故障或累计使用达到设计激发时效（600 小时或 900 小时）时，建设单位将其退回原产国。

(6) 密封型中子发生器刻度原理

对线性响应仪器来说，测井刻度的原理主要如下：首先认为采样数据(电位差、计数率等)与相应的工程值之间存在线性关系，然后利用刻度器(已知工程量的装置)去建立采样数据与工程值之间的关系，从而得出转换关系。

(7) 密封型中子发生器刻度

本项目密封性中子发生器依托放射源库进行刻度，源库采用2.35t/m³的钢筋混凝土连续浇筑，四周墙体厚度为300mm厚混凝土，屋顶为160mm厚混凝土，东侧源库大门为54mm石蜡+45mm铅板+20mm钢板。

密封型中子发生器一般每季度进行一次刻度，以检查密封型中子发生器的工作状态。本项目密封型中子发生器将放置于地面水箱中进行刻度，水箱罐体尺寸为：宽1.3m×直径1.5m，本项目中子发生器在刻度过程中，水层厚度不低于0.75m。

密封型中子发生器进行刻度工作开始前，辐射工作人员按照步骤将密封型中子发生器与配套通讯、探测仪器串联好放入水箱中，随后人员退出刻度区进入管理室内，此时辐射工作人员与水箱距离8m，且管理室与刻度区之间设置屏蔽门。

刻度作业前，操作人员会在放射源库周围设置警示带，刻度作业时，放射源库上方红色指示灯亮起，同时大门上方LED显示屏同步提示“刻度作业中”，以防止无关人员误入。

操作人员按照步骤将密封型中子发生器与配套通讯、探测仪器串联好放入水箱中，随后人员退出刻度区进入管理室内，此时辐射工作人员与水箱距离8m，且管理室与刻度区之间设置屏蔽门。

操作人员在管理室中对仪器进行供电，并激发密封型中子发生器，每次刻度过程中，中子发生器处于激发态的时间约为30min。本项目刻度的工作流程如下：

刻度的工作流程如下：

1. 清理放射源库周围无关人员，确认现场无无关人员的停留。
2. 放射源库周围设置警示带，操作人员按下刻度提示按钮，源库上方红色指示灯亮起，同时大门上方LED显示屏同步提示“刻度作业中”。
3. 操作人员将密封型中子发生器从放射源库专用存放区中取出，中子发生器放置于地面水箱中，往水箱内灌水，并保证刻度过程中水箱的水溢满。
4. 操作人员离开刻度区进入管理室，按仪器使用说明书的要求对密封型中

子发生器进行供电操作，密封型中子发生器处于激发状态；

5. 刻度完成后，关闭电源，将密封型中子发生器置于水箱中30min，30min后将密封型中子发生器提升出水箱，随后拆卸后放入专用存放区，清理现场。

6. 刻度结束，将密封型中子发生器放回存放区内。

产污：密封型中子发生器在刻度过程中密封型中子发生器通电将产生中子和 γ 射线。

密封型中子发生器刻度的工作流程见图9-3：

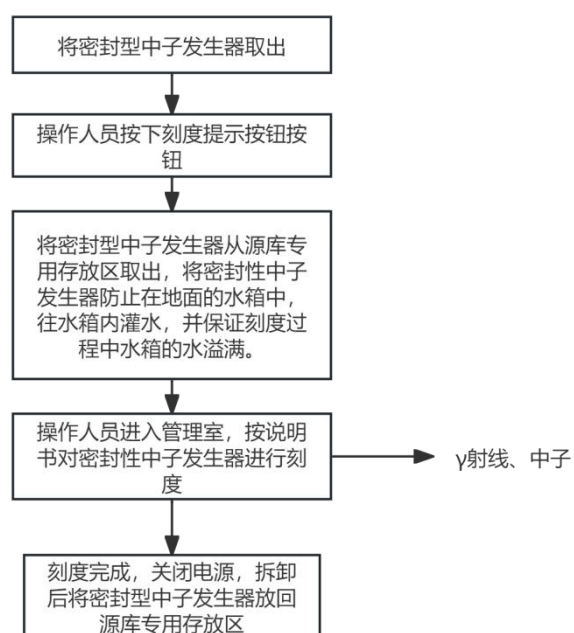


图9-3 密封型中子发生器刻度流程图

污染源项描述

一、电离辐射

1)密封型中子发生器在未通电的情况下：

本项目密封型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，密封型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 射线引起韧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，因此密封型中子发生器在未通电对环境和操作人员的影响可以忽略。

2)密封型中子发生器通电情况下

在刻度、测井前工作状态检查以及井下测井过程中，密封型中子发生器利用氘氘反应产生能量为 14MeV 的快中子，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。

中子发生器工作时必须于电缆工具安装一体，链接密封性中子发生器的地面电源由程序锁，该程序锁只能由专业测井人员控制解锁并在工具达到安全深度以下时才会解锁，工具接收到经接头发出的钻速指令才能启动，因此本项目密封型中子发生器仅在其刻度和测井过程中方可启动。在刻度、测井主要污染因子为中子、 γ 射线，由于测井前工作状态检查以及井下测井过程密封型中子发生器位于深度一般大于 100m，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。刻度过程中，人员位于管理室（8m 处）对密封型中子发生器进行控制，经过水箱水体和源库屏蔽体屏蔽后，对刻度操作的辐射工作人员影响较小。

刻度工作完成后或密封型中子发生器测井工作完成后、拆卸前，密封型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。密封型中子发生器测井结束 30min 后，工作人员按照规程进行密封型中子发生器装卸操作，此时密封型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。

二、废气

测井过程中：

密封型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，进而产生臭氧和氮氧化物。由于测井场所位于野外，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，臭氧和氮氧化物产生量较小，在环境稀释作用下，空气中臭氧和氮氧化物较低，臭氧随时间中很快分解，因此，密封型中子发生器通电状态下产生臭氧和氮氧化物对周围环境的影响极小，基本上可以忽略不计。

刻度过程中：

刻度过程在放射源库内进行，刻度过程中密封型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，进而产生臭氧和氮氧化物。刻度过程中所产生的臭氧及氮氧化物依托放射源库已有的通排风设施排向室外，经环境稀释后，对周围环境的影响极小，基本上可以忽略不计。

三、废水

刻度、测井过程中无放射性废水产生，工作人员产生少量生活污水，依托工程区已有的环保设施进行处理。

四、固体废物

固体废物主要为放射性中子管退役或故障时时产生的含氚靶废旧放射性中子管和密封性中子发生器出井后擦拭过程产生的固体废物。

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，本项目废旧放射性中子管属于放射性固体废物，废放射性中子管将退回原产国回收处置。

测井后的擦拭废物为废弃的含油抹布，根据《国家危险废物名录（2021年版）》附录中危险废物豁免管理清单，“900-041-49 废弃的含油抹布、劳保用品”全过程不按危险废物管理，故本项目拟将测井现场擦拭废物暂时放入专用废物桶中，运至服务甲方井队固体废物暂存间，由甲方委托单位进行回收处置。

本项目工作人员产生少量生活垃圾，依托工程作业区的环保设施集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排。

五、噪声

本项目密封型中子发生器使用时基本不产生噪声,且密封型中子发生器测井过程位于地下,因此对周围声环境基本无影响。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施 一、平面布置合理性分析 测井任务时： 本项目密封型中子发生器主要用于油气田测井活动，服务范围为全国范围，不固定。当密封型中子发生器野外作业时，将因地制宜地充分利用测井具体地点地形特征、周围设施等进行防护，测井过程中将通过清场、拉警戒线、调整测井时间等安全管理措施，按照划定的控制区严格管理，禁止无关人员出入控制区。采取以上措施后，本项目的测井活动选址是合理的。 测井任务前后： 本项目密封型中子发生器由具有资质的第三方单位的运源车负责运输，工作完成后，将密封型中子发生器送回斯伦贝谢成都基地放射源库进行储存，当测井地点较远，密封型中子发生器不能及时返回斯伦贝谢成都基地存放时，将在测井地点的运源车内临时暂存。本项目密封型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，密封型中子发生器内氚靶β射线韧致辐射所致密封型中子发生器表面剂量率较小，可忽略不计，且密封型中子发生器的电缆通过建设单位的电缆测井车进行运输（具备测井仪控制台、测井结果数据处理系统），因此在测井前后，密封型中子发生器与其电缆分开存放，将密封型中子发生器存放在运源车内可行的。 无测井任务时： 若密封型中子发生器需要维护保养则会暂存至车间双人双锁柜中，其余时间则存放在放射源库。 放射源库东侧大门和南侧管理室门均实行双人双锁管理，由3名源库管理人员分别为2道门各配备2把钥匙，同时源库大门和管理室门设有钥匙及门禁，须1名管理人员和1名操作人员同时解锁后才能打开防护门。测井作业组配备的是相应源坑的钥匙（每个源坑专门配备一把钥匙，其他钥匙打不开该源坑），只有在钥匙完全一一对应之后，才能存取放射源。通过PKI系统进行控制，设置钥匙管理柜被授权管理人员及相关被授权使用人员。管理人员及使用人员对钥匙柜的权限不重合。
--

双人双锁柜柜门已设置双人双锁防盗系统，柜门钥匙分别由1名设备管理人员及1名操作人员分别存放，仅在设备管理人员及操作人员同时在场时，方可打开双人双锁柜；源库内外、双人双锁柜周边均设置24h监控系统，并设置24h值班室，以避免密封型中子发生器在储存过程中丢失。密封型中子发生器的领用和归还由专人进行台账的登记和管理，做到账物相同。

密封型中子发生器除了在放射源库内进行刻度工作外，不在场所内开机。

斯伦贝谢成都基地设置有独立的围墙；源库的 50m 范围除了厂界范围还包括中国石油集团川庆钻探工程有限公司、通威太阳能（成都）有限公司，避开了人员较聚集和人员流动较大的办公楼、宿舍和食堂等。本项目密封型中子发生器将在源库内进行刻度工作，但经过水箱及源库的屏蔽后，对周围环境影响较小。因此建设单位在做好射线装置的台帐工作后，不会对周围环境产生不良影响，因此密封型中子发生器无测井任务时存放于该双人双锁柜、源库是合理的。

二、工作场所分区

本项目密封型中子发生器在井下距井口至少100m以下深度进行通电检查，密封型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控制区、监督区边界。

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。

根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中“5.3.1中子发生器测试、刻度宜在专用的屏蔽体内进行，可使用符合屏蔽要求的屏蔽介质，也可使用深度大于10m的专用地下测试井。没有专用屏蔽体时，应将距测试中子发生器不

小于30m范围设置为控制区，边界应设置警戒线或栅栏及电离辐射警告标志，由专人值守”。

参照我国油（气）田测井标准，一般取空气比释动能率 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 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 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ；计算密封型中子发生器测井安全控制区边界时，可以认为密封型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密封型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 $R(\text{cm})$ 可根据《中子发生器及其应用》（原子能出版社）中推荐的模式计算：

$$R = \sqrt{\frac{3600 \times S \times d_H}{4 \times \pi \times D}} \dots\dots\dots \text{公式1}$$

式中：s—中子强度，本项目为 $3.6 \times 10^8 \text{n/s}$ ；
 d_H 中子剂量转换因子（各项同性照射）， $E_n=14\text{MeV}$ 时，
 $d_H=3.33 \times 10^{-10} \text{Sv}/(\text{n}/\text{cm}^2)$ ；

D —控制区边界空气比释动能率， $2.5 \times 10^{-6} \text{Gy/h}$ 。中子的辐射权重因子参考《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）附录 A表A.1，当中子能量为 $2\text{MeV} \sim 20\text{MeV}$ 时，辐射权重因子取10。

由公式1可计算得出， $R=1172\text{cm}=11.72\text{m}$ 。

综上，以密封型中子发生器在井口供电的情况进行估算，以井口为中心外扩至11.72m处空气比释动能率可降低至 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。结合《石油测井中子发生器及中子管技术条件》（SY/T5419-2007）的相关要求，从保守角度考虑，本次评价以距离测井区域井口30m范围内划定为控制区，测井前在控制区边界设置警示标志，限制周围的人员活动。由于11.72m处空气比释动能率可降低至 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，且根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）、《油气田测井放射防护要求》(GBZ118-2020)及《石油放射性测井辐射防护安全规程》(SY5131-2008)没有规定监督区的限值要求，本项目不设置监督区。

表10-1 本项目测井过程中分区管理

控制区	监督区
距离测井区域井口30m范围内	-
边界应设置警戒线或栅栏及电离辐射警告标志，由专人值守	-

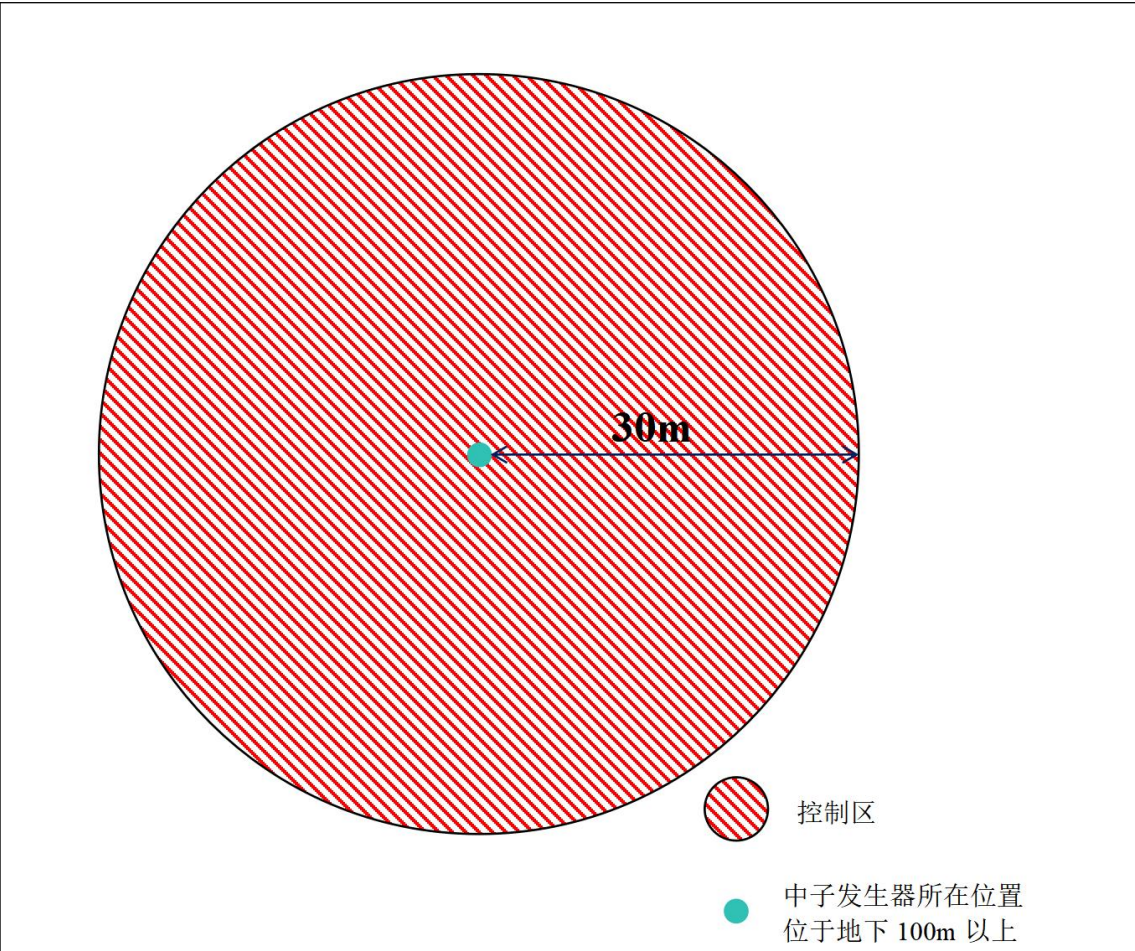
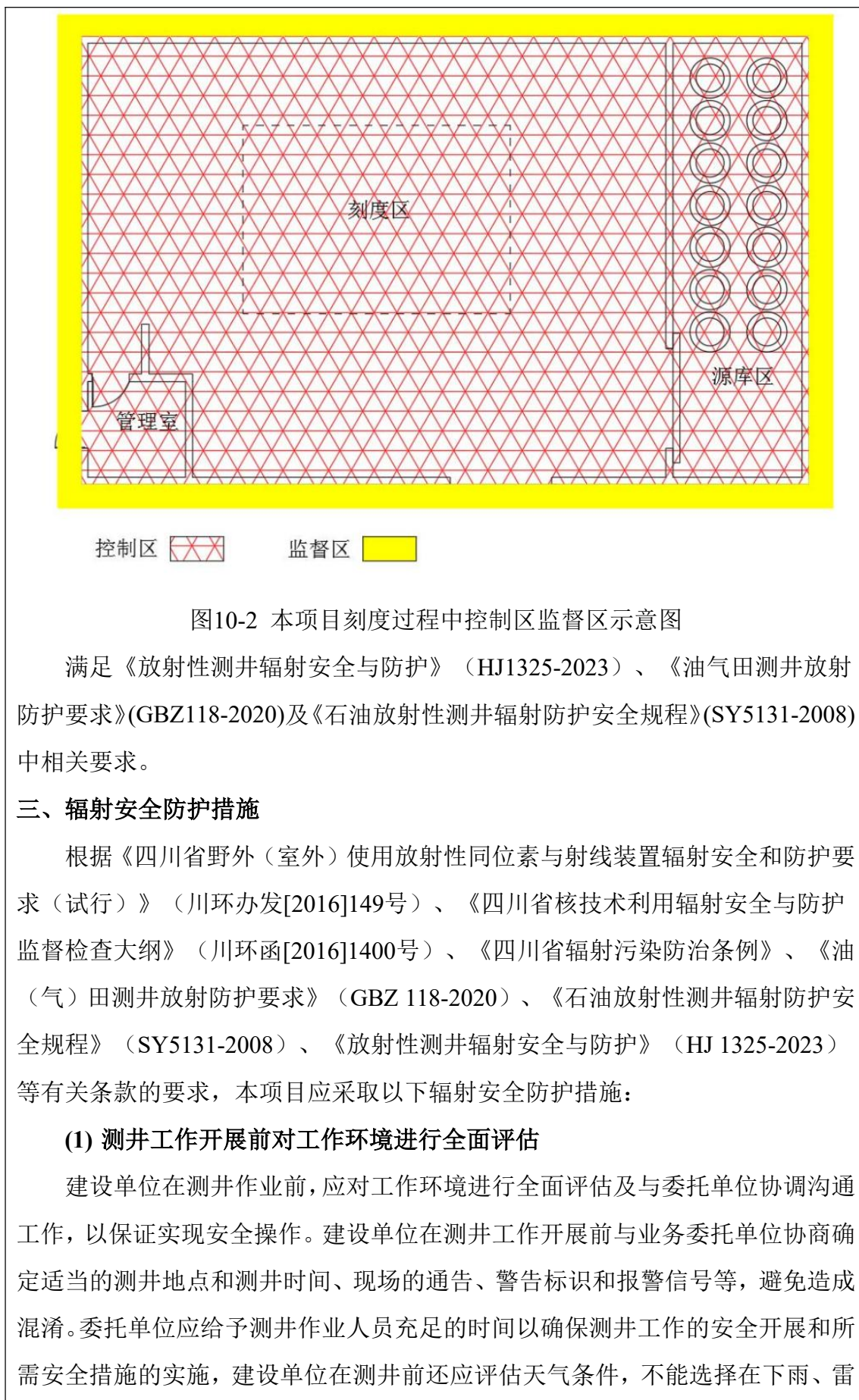


图10-1 本项目测井过程中控制区监督区示意图

由于本项目密封型中子发生器刻度过程中，密封型中子发生器将在源库内进行开机操作，因此参考已获得批复的《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司放射源库迁建项目》中控制区监督区的划分，本项目密封型中子发生器的储存、刻度场所的控制区监督区划分如下：

表10-2 本项目放射源库分区管理

控制区	监督区
放射源库实体边界内	放射源库墙外1m范围内
控制区内禁止除源库管理人员和刻度作业工作人员以外的其他人员进入，并严格控制源库管理人员和刻度作业工作人员在控制区停留时间，以减少不必要的照射。	监督区范围内限制无关人员进入



电、冰雹、大雾、沙尘暴等恶劣天气进行测井作业。

(2) 制定测井工作方案

接受测井任务后，在测井任务开始前，按项目应制定有针对性的现场测井工作方案，该工作方案主要包括时间、地点、控制区和监督区范围、监测方案、清场方式等，明确测井人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工。工作期间做好相关记录，与方案一同存档备查。具体内容包括：

①明确测井时间安排（开始和结束时间节点）、测井场所位置；

②根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）划定安全防护区域（控制区和监督区）范围，明确对控制区、监督区采取的警戒、安全措施。并通过影像资料记录现场各类辐射安全措施的履行情况。

③确定监测方案：明确测井监测点位、监测设备、监测指标及频次，预先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、监督区边界以及测井操作人员位置等，应在测井操作前测一次，操作期间测一次。若发现异常情况，应当立即采取措施，同时向当地生态环境主管部门报告。

④明确清场方式：如预先公告、开始前广播、安排专人检查等，确保在测井操作期间，在划定的监督区范围内无公众，控制区内不应有任何人员。

⑤明确职责和分工：明确工作人员的分工计划，如测井操作人员名单及其职责等。本项目每个测井工作场所至少配备2名专职辐射工作人员，其中1人辐射工作人员担任安全员，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；其中1名辐射工作人员负责了测井的操作工作。

⑥实施异地测井作业备案制度在四川省内跨市（州）异地开展Ⅱ类以上射线装置作业活动时，项目单位应当于射线装置转移前5个工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市（州）生态环境主管部门提交使用计划和作业方案（以下简称报备方案）。

报备方案内容包括：

I.作业所涉项目名称，时间和详细地点，作业工期，作业活动内容。

II.使用射线装置的名称、型号、类别、数量。射线装置暂存及安保和辐射防

护措施。配备监测设备名称、型号数量等。

III.辐射安全负责人姓名、联系电话和职务，操作人员名单及其辐射安全与防护培训合格证书复印件。

IV.单位制定的辐射安全与防护相关规章、制度。作业活动操作规程、人员岗位职责、辐射应急方案（包括项目所在地生态环境部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。在四川省省外开展测井工作时的报备方案及相关管理制度参照当地主管部门的要求执行。

⑦活动结束后10个工作日内，应当向转入地市（州）生态环境主管部门办理备案注销手续和提交辐射安全评估报告。辐射安全评估报告内容主要包括：作业活动执行情况；作业期间对各项辐射安全防护措施及管理要求的履行情况；报备方案（包括人员、射线装置数量等）是否变更及其说明；环境部门检查要求落实情况；异常情况说明；现场辐射环境监测情况；明确是否存在违规操作，是否造成环境污染。

(3) 密封型中子发生器、其他配套设备的运输

密封型中子发生器由具有资质的第三方单位的运源车进行运输，运输过程中货箱门上锁，以保证物品安全，避免损坏密封型中子发生器。

其他配套设备依托建设单位的电缆测井车（具备电缆绞车功能、密封型中子发生器控制台、测井结果数据处理系统）进行运输。

密封型中子发生器运输前：工作人员应仔细核对密封型中子发生器的型号、数量，保证密封型中子发生器包装良好，锁好货箱。

密封型中子发生器运输过程中：安排2名人员负责密封型中子发生器的运输，运输过程中不得打开运源车货箱，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密封型中子发生器被盗事故。

运源车到达目的地：运输人员应重新核对密封型中子发生器的型号、数量，务必与装车前一致。

(4) 测井过程中的监测仪器和个人防护用品

因目前测井任务有限，现阶段建设单位同时上井作业的密封性中子发生器最多为4台，因此建设单位已配备4台 γ 辐射监测仪、4台中子监测仪用于辐射监测，

若后续作业量增加，从而使连接密封型中子发生器仪器增加，建设单位承诺将按要求增加辐射安全措施。

建设单位拟为18名辐射工作人员各1套个人剂量计（中子个人剂量计和 γ 个人剂量计各1个）；

由于建设单位每次至多4台密封型中子发生器同时外出作业，且每个工作场所至少配备2名辐射工作人员，因此建设单位至少配备8套个人防护用品，8套个人剂量报警仪。

(5) 测井工作场所：

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。建设单位拟配备若干个对讲装置、大功率喊话器、若干警示标志、警戒绳以防止无关人员进入到警戒区内。

(6) 测井前仪器的检查：

检验密封型中子发生器时，先将仪器下井至100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密封型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。

(7) 密封型中子发生器断电30min后，仪器方能出井口。收回密封型中子发生器时，辐射工作人员应佩戴个人剂量报警仪，并使用 γ 剂量率监测仪器对密封型中子发生器表面0.1m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小于1 μ Sv/h，方能拆卸密封型中子发生器。

(8) 密封型中子发生器测井完成后

应及时将仪器存放至斯伦贝谢成都基地放射源库存储。在外地进行测井工作，密封型中子发生器用完不能及时返回放射源库进行保管的，应利用现场工作条件，将设备存放置具备防盗能力的运源车辆中，设置值班人员，防止密封型中子发生器被盗；建设单位应加强人员管理，防止无关人员接触使用密封型中子发生器，对无关人员造成误照射。

(9) 密封型中子发生器存放及管理要求：

测井任务时：

本项目密封型中子发生器主要用于油气田测井活动，服务范围为全国范围，不固定。当密封型中子发生器野外作业时，将因地制宜地充分利用测井具体地点地形特征、周围设施等进行防护，测井过程中将通过清场、拉警戒线、调整测井时间等安全管理措施，按照划定的控制区严格管理，禁止无关人员出入控制区。

测井任务前后：

本项目密封型中子发生器由具有资质的第三方单位的运源车负责运输，工作完成后，将密封型中子发生器送回斯伦贝谢成都基地放射源库进行储存，当测井地点较远，密封型中子发生器不能及时返回斯伦贝谢成都基地存放时，将在测井地点的运源车内临时暂存。密封型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，密封型中子发生器内氚靶 β 射线韧致辐射所致密封型中子发生器表面剂量率较小，可忽略不计，且密封型中子发生器的电缆通过建设单位的电缆测井车（具备测井仪控制台、测井结果数据处理系统），因此在测井前后，密封型中子发生器与其电缆分开存放，将密封型中子发生器存放在运源车内可行的。

无测井任务时：

若密封型中子发生器需要维护保养则会暂存至车间双人双锁柜中，其余时间则存放在放射源库。

密封型中子发生器在保养和维护过程中，若有临时存放需求，则将密封性中子发生器存放于双人双锁柜中；保养和维护结束后，则由工程师将密封型中子发生器送回源库存放。

放射源库东侧大门和南侧管理室门均实行双人双锁管理，由3名源库管理人员分别为2道门各配备2把钥匙，同时源库大门和管理室门设有钥匙及门禁，须1名管理人员和1名操作人员同时解锁后才能打开防护门。测井作业组配备的是的相应源坑的钥匙（每个源坑专门配备一把钥匙，其他钥匙打不开该源坑），只有在钥匙完全一一对应之后，才能存取放射源。通过PKI系统进行控制，设置钥匙管理柜被授权管理人员及相关被授权使用人员。管理人员及使用人员对钥匙柜的权限不重合。

双人双锁柜柜门已设置双人双锁防盗系统，柜门钥匙分别由1名设备管理人员及1名操作人员分别存放，仅在设备管理人员及操作人员同时在场时，方可打

开双人双锁柜；源库内外、双人双锁柜周边均设置24h监控系统，并设置24h值班室，以避免密封型中子发生器在储存过程中丢失。密封型中子发生器的领用和归还由专人进行台账的登记和管理，做到账物相同。

密封型中子发生器除了在放射源库内进行刻度工作外，不在场所内开机。

斯伦贝谢成都基地均设置有独立的围墙；源库的 50m 范围除了厂界范围还包括中国石油集团川庆钻探工程有限公司、通威太阳能（成都）有限公司，避开了人员较聚集和人员流动较大的办公楼、宿舍和食堂等。本项目密封型中子发生器将在源库内进行刻度工作，但经过水箱及源库的屏蔽后，对周围环境影响较小。因此建设单位在做好射线装置的台账工作后，不会对周围环境产生不良影响，因此密封型中子发生器无测井任务时存放于该双人双锁柜、源库是合理的。

为了保证射线装置存放的安全性，项目针对**双人双锁柜**拟采用以下措施：

①该双人双锁柜用于存放密封型中子发生器、辐射防护用品等测井相关用品，不存放与测井无关的杂物。

②项目建设单位应制定射线装置台账管理制度，射线装置台账应记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行测井工作时应进行基本信息记录；

③建立设备出入库台账。根据设备出入库管理制度，辐射工作人员应持现场测井计划书，经过管理人员确认后领取设备，并在出入库台账上登记设备出库时间、设备型号、使用地点、领用人等信息。使用完毕后，经过管理人员确认后归还设备，并在出入库台账上登记相关信息；

④双人双锁柜由的钥匙由 1 名管理人员和 1 名操作人员，需两人同时在场时，该柜门才可打开；双人双锁柜体周边设置摄像头，并实现 24h 监控，监控连接中控台，门卫监控能实时看到双人双锁柜周边情况。

双人双锁柜在采取以上措施后，能够有效预防密封型中子发生器被盗或丢失。

项目针对**源库**已采用以下措施：

A、源库已设置的辐射安全装置包括：

①视频监控：放射源库内，放射源库外围墙四个拐角处均已安装视频监控装

置，能实现源库的全覆盖和24h连续监控。监控主机设在基地值班监控室内。

②安全通讯系统：在基地值班监控室内拟设置电话机，电话线路引自基地通信网络，可实现全厂通信，若库内发生不安全事件，可及时报告相关部门和相关领导。

③红外入侵报警装置：为了防止有人非法进入放射源库内，在库内已设置电红外双鉴探测器及门磁，报警主机设在基地值班监控室内。当有人非法闯入时系统将会发出报警信号并联动摄像机及时记录图像信号。

④双人双锁：放射源库东侧大门及或南侧管理室门均具有2套的物理锁进行管控，同时设置1套PKI系统（电子钥匙）进行控制。2套独立的物理锁钥匙分别交由1名管理人员和1名操作人员，须管理人员和操作人员同时到场，并由管理人员且PKI系统授权通过后，才能打开源库大门或管理室门。

⑤固定式剂量监测及报警装置：根据建设单位提供的资料，刻度区、放射源坑区内各设置2个探头（1个中子探头和1个伽马探头），剂量显示单元及固定式剂量报警仪位于放射源库西侧，其中源库内探头报警限值为 $20\mu\text{Sv/h}$ 。

⑥工作状态指示灯：基地值班监控室内已设置工作状态指示灯，刻度时，工作状态指示灯显示红色，并在源库外LED屏显示刻度中，警示人员请勿靠近。

⑦光电感烟探测器：根据设计资料，源库内已设置光电感烟探测器，用于火灾探测，并连接至值班监控室的声光警报器，

⑧建立设备出入库台账。根据设备出入库管理制度，辐射工作人员应持现场测井计划书，经过管理人员确认后领取设备，并在出入库台账上登记设备出库时间、设备型号、使用地点、领用人等信息。使用完毕后，经过管理人员确认后归还设备，并在出入库台账上登记相关信息。

本项目密封型中子发生器的存放、刻度工作依托源库是可行的。

四、三废的治理

1.废气治理

密封型中子发生器在通电过程中，产生的中子、 γ 射线，会与地层中空气产生电离作用，进而产生臭氧和氮氧化物。但测井现场均为较开阔的场所，环境稀释、扩散能力较强，密封型中子发生器所产生的臭氧和氮氧化物经自然分解和扩散后，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.废水治理

本项目测井、刻度过程中无放射性废水产生，工作人员产生少量生活污水，测井现场依托现场的环保设施处理，刻度过程中依托建设单位已有的污水处理设施处理。

3.固体废物治理

本项目固体废物主要为放射性中子管退役或故障时时产生的含氚靶废旧放射性中子管和密封性中子发生器出井后擦拭过程产生的固体废物。

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，本项目废旧放射性中子管属于放射性固体废物，废放射性中子管将退回原产国回收处置。

测井后的擦拭废物为废弃的含油抹布，根据《国家危险废物名录（2021 年版）》附录中危险废物豁免管理清单，“900-041-49 废弃的含油抹布、劳保用品”全过程不按危险废物管理，故本项目拟将测井现场擦拭废物暂时放入专用废物桶中，运至服务甲方井队固体废物暂存间，由甲方委托单位进行回收处置。

本项目工作人员产生少量生活垃圾，依托测井现场、斯伦贝谢成都基地的环保设施集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排。

4.噪声治理

本项目密封型中子发生器使用时基本不产生噪声，且密封型中子发生器测井过程位于地下，因此对周围声环境基本无影响。

五、环保投资估算

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器，本项目环保投资估算见表 10-2。本项目总投资 600 万元，环保投资 68 万元，占总投资的 12.67%。今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合建设单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表 10-3 辐射安全与环保设施及投资估算一览表

类别	环保设施	数量	投资 金额 (万 元)	备注
防护用品	0.5mm铅防护用品	8套	8	已配备
安全装置	大功率喊话器、对讲装置	若干	3	已配备
	安全警戒线、电离辐射警告标志、、控制区和监督区的警示标志	若干	0.5	已配备
	双人双锁柜	1个	0.5	已配备
	双人双锁柜24h监控摄像头	1套	10.0	已配备
	源库辐射场所安全措施（电离辐射警告标志、防火/防水/防盗/防丢失/防破坏/防射线装置泄漏措施/双人双锁/非法入侵警报装置/电视监控装置/场所内声光警示/固定式剂量监测仪/火灾报警仪/通风系统）	1套	/	在2023年放射源源库迁建项目中已评价，不属于本项目建设内容
监测仪器	个人剂量计	18套	/	已配备
	个人剂量报警仪	8套	16	已配备
	便携式γ辐射监测仪	4台	12	已配备
	中子剂量检测仪	4台	12	已配备
	放射源库拟配备的监测设备（个人剂量计、个人剂量报警仪）	若干台	/	在2023年放射源源库迁建项目中已评价，不属于本项目建设内容
人员培训	辐射工作人员及应急人员的组织培训	/	3	应预留
应急预案	应急和救助的资金、物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练等）	/	3	应预留
合计			68	/

*根据现有核技术利用开展情况，建设单位至多外出4台密封型中子发生器，若后期建设单位增加外出设备数量，需增加配备辐射安全装置。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目密封型中子发生器主要用于油气田测井活动，测井地点为全国范围，测井主要在已建好的油（气）井中完成，测井场所不存在建设期环境影响。

本项目所在厂区已在《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司斯伦贝谢中国区陆地服务总部、结算中心及设备维护保养基地环境影响报告表》（成双环承诺环评审（2022）73 号）、《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司放射源库迁建项目》进行了论述，本项目仅涉及主厂房临时存放处的双人双锁柜的购买及安装、监控系统的安装，对周围环境影响极小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射影响因素

根据建设单位提供的资料，本项目使用的中子管的最大工作电压为 120kV，最大靶电流 130μA，中子强度为 $3.6 \times 10^8 \text{n/s}$ 。每只中子管内含有一个氚靶，氚靶密封在严密包壳中，其中 5 枚氚靶放射性活度最大为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，13 枚氚靶放射性活度为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。 ^3H 的衰变方式为 β -衰变。中子管在没有通电状态下，主要为 ^3H 的衰变产生的 β 射线以及 β 射线引起韧致辐射。

在通电状态下，密封型中子发生器产生 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。密封型中子发生器在测井过程中主要产生反应方式以及射线见表 11-1。

表 11-1 密封型中子发生器测井过程中主要产生核反应

序号	反应方式	射线种类	射线能量MeV
1	$^3\text{H}(\text{d}, \text{n})^4\text{He}$	中子	14
2	非弹性散射	γ 射线	2~6
3	$^{16}\text{O}(\text{n}, \text{p})^{16}\text{N}$	γ 射线	6.13
4	热中子、慢中子俘获反应	γ 射线	≤ 3
5	中子活化反应	γ 射线	0.6~2.16

（1）密封型中子发生器未通电情况下辐射环境影响分析

密封型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：

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

式中：

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

A—核素活度， $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ ；

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 —韧致辐射的平均能量，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 $6.2 \times 10^{-3} \text{MeV}$ 。

r —计算点与 ^3H 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 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数， $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，查询《辐射防护导论》附表1得 μ_{en}/p 值为2.242。

综上，可计算出距密封型中子发生器表面5cm处韧致辐射所致空气吸收剂量率D为0.33Gy/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的韧致辐射光子在铁中的什值层厚度为0.55mm，经计算测井仪外表面的钛合金钢透射因子约 6.58×10^{-19} ，则经过屏蔽后距测井仪表面5cm处韧致辐射所致空气吸收剂量率D为 $2.18 \times 10^{-19} \text{Gy/h}$ 。由计算结果可知，密封型中子发生器未通电情况下，密封型中子发生器内氚靶 β 射线韧致辐射所致密封型中子发生器表面剂量率较小，可忽略不计。

综上，密封型中子发生器在非工作状态时，运输、贮存、维护保养过程中不会产生韧致辐射和表面污染，主要考虑通电工作状态下对周围环境的影响。

（2）密封型中子发生器通电情况下辐射环境影响分析

①密封型中子发生器位于井下工作状态检查、测井时井口剂量率估算

工作人员在地面上通过相关设备进行操作，中子管发射出的中子几乎都是快中子，在屏蔽层中主要通过散射和非弹性散射损失能量，最后被井水和岩层物质吸收，放出 γ 射线。此时，主要考虑中子和 γ 射线的辐射影响。从保守角度考虑，假设密封型中子发生器在井下100m处进行测井，预计100m深度上至少含有1m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

中子经过一定厚度水层后中子衰减倍数计算公式；

$$\eta = 10^{\frac{T_{H_2O}}{T_{1/10}}} \dots\dots \text{公式3}$$

$T_{H_2O}(\text{cm})$ —屏蔽水层厚度（取最小水深1m）， $T_{H_2O}(\text{cm})=1 \times 10^2 \text{cm}$

$T_{1/10}$ —对于14MeV的中子，水1/10值层厚度， $T_{1/10}=40 \text{cm}$ ；

η —中子衰减倍数；

$$H_n = 3600 \times \frac{\varphi_0 \times d_H}{4 \times \pi \times R^2 \times \eta} \dots\dots \text{公式4}$$

式中： φ_0 —密封型中子发生器1cm处的中子注量率，从保守角度取密封型中子发生器中子强度 $\varphi_0=3.6 \times 10^8 \text{n/s} \cdot \text{cm}^2$ ；

R —井口到密封型中子发生器的最近距离，100m， $R=1 \times 10^4 \text{cm}$ ；

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》表2.7查出：En=14MeV时， $d_H=3.33 \times 10^{-10} \text{Sv}/(\text{n}/\text{cm}^2)$ 。

根据公式4，计算得到中子剂量率为 $1.09 \times 10^{-9} \text{Sv/h}$ 。

2) 井口 γ 辐射剂量率计算

在屏蔽层中主要通过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。由于中子的危害与 γ 射线的危害相比，中子是主要的，但为保守估计，以 γ 射线的照射量为中子照射剂量当量的相当计。

$$H_\gamma = \frac{H_c}{K \times R^2} \dots\dots \text{公式5}$$

式中： H_c —其 γ 射线当量率保守按照无水层屏蔽的中子剂量的两倍进行估算，即其1m处剂量率为 $3.40 \times 10^{-3} \text{Sv/h}$ 。

H_γ — 关注点处 γ 辐射剂量率，Sv/h；

R — 密封型中子发生器距关注点距离，取100m；

K — γ 射线衰减倍数，查《辐射防护概论》（清华大学）附表6，对于2.5MeV的 γ 射线在90.1m处衰减倍率为10，104.1cm时，衰减倍率为20，经插值法计算的100cm时厚度水屏蔽层衰减倍率为17.07。

由公式5计算，可知该项目中子测井状态，井口 γ 射线辐射剂量率为 $1.99 \times 10^{-8} \text{Sv/h}$ 。

考虑中子、 γ 射线的叠加影响，剂量率贡献值为 $H_n + H_\gamma = 2.10 \times 10^{-8} \text{Sv/h} = 2.10 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，低于辐射环境本底值，实际测井过程中，测井深度大于100m，且水层厚度远大于1m，密封型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。

3) 中子管测井完成后中子活化辐射环境影响分析

当测井仪在注水的井下工作时，快中子对测井仪本身的材料进行照射，使材料被激活，密封型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/T18871-2002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 $1 \mu\text{Sv/h}$ ），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”。

根据产品方提供的资料，本项目所用密封型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 $1 \mu\text{Sv/h}$ 。本项目打靶结束后即断电，从断电到仪器出井大约1h左右，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。

4) 密封型中子发生器刻度过程

1) 放射源刻度罐外中子剂量率计算

中子经过一定厚度水层后中子衰减倍数计算公式：

$$\eta = 10^{\frac{T_{H_2O}}{T_{1/10}}} \quad \dots\dots \text{公式6}$$

$T(\text{cm})$ —屏蔽水层厚度（取最小水深1.5m）， $T_{H_2O}(\text{cm})=150\text{cm}$

$T_{1/10}$ —对于14MeV的中子，水1/10值层厚度， $T_{1/10}=40\text{cm}$ ；

η —中子衰减倍数；

$$H_n = 3600 \times \frac{\phi_0 \times d_H}{4 \times \pi \times R^2 \times \eta} \quad \dots\dots \text{公式7}$$

式中： ϕ_0 —密封型中子发生器1cm处的中子注量率，从保守角度取密封型中子发生器中子强度 $\phi_0=3.6 \times 10^8 \text{n/s} \cdot \text{cm}^2$ ；

R —水箱外表面到密封型中子发生器的最近距离，1.05m， $R=105\text{cm}$ ；

Hn—经水屏蔽、距离衰减后井口处的中子剂量率，Sv/h；

dH—中子剂量转换因子（各项同性照射），En=14MeV时， $d_H=3.33 \times 10^{-10} \text{Sv/(n/cm}^2\text{)}$ 。

根据公式4，计算得到中子剂量率为 $2.71 \times 10^{-5} \text{Sv/h}$ ，对于10m外的公众中子剂量率为 $0.42 \mu\text{Sv/h}$ ；对于8m外的辐射工作人员中子剂量率为 $0.65 \mu\text{Sv/h}$ 。

2) γ 辐射剂量率计算

$$H_{\gamma} = \frac{H_c}{K \times R^2} \dots\dots \text{公式8}$$

式中：Hc—其 γ 射线当量率保守按照无水层屏蔽的中子剂量的1倍进行估算，即其1m处剂量率为 $3.40 \times 10^{-3} \text{Sv/h}$ 。

H — 关注点处 γ 辐射剂量率，Sv/h；

R— 密封型中子发生器距刻度槽外表面的距离，取1.8m；

K— γ 射线衰减倍数，查《辐射防护概论》（清华大学）附表6，对于2.5MeV的 γ 射线在63.3cm处衰减倍率为5，77.6cm时，衰减倍率为8，经插值法计算的75cm时厚度水屏蔽层衰减倍率为6.41。

由公式5计算，可知该项目中子测井状态，水槽外 γ 射线辐射剂量率为 $4.81 \times 10^{-4} \text{Sv/h}$ 。

由于本项目源库具有300mm混凝土进行屏蔽，查《辐射防护概论》（清华大学）附表7，对于2.5MeV的 γ 射线在15.4cm处衰减倍率为2，30.6cm时，衰减倍率为5，经插值法计算的30cm时厚度混凝土衰减倍率为4.88。

经过距离衰减，并考虑混凝土的衰减倍率后，对于辐射工作人员（8m）的周围 γ 射线剂量为 $1.54 \mu\text{Sv/h}$ ；对于周围公众（10m） γ 射线剂量为 $0.99 \mu\text{Sv/h}$ 。

叠加 γ 射线与中子剂量率后，对于辐射工作人员周围剂量当量率为： $2.19 \mu\text{Sv/h}$ ；对于周围公众周围剂量当量率为 $1.41 \mu\text{Sv/h}$ 。

年有效剂量估算：

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，预测密封型中子发生器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：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots\dots\dots \text{公式6}$$

式中： H_c ：参考点的年剂量水平，mSv；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ：年照射时间，h；

U ：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，本项目均保守取1。

对于不同工作人员及公众受照情况及年有效剂量情况如下：

表 11-2 本项目不同人员及不同工作状态下受照情况及年有效剂量情况如下

受照人员		受照情况	工作时间	剂量率	
密封型中子发生器贮存、运输、维护保养状态下，密封型中子发生器未通电情况下，对周围辐射工作人员及公众		其密封型中子发生器内 ^3H 衰变产生的 β 射线产生韧致辐射导致密封型中子发生器表面剂量率为 $1.27 \times 10^{-20} \text{Gy/h}$ 。	/	$1.27 \times 10^{-20} \text{Gy/h}$	该剂量率已基本接近于 0，几乎不会对工作人员以及公众附加剂量。
测井现场辐射工作人员	密封型中子发生器工作状态检查、测井过程	密封型中子发生器至少位于井下 100m 深度，其井口处剂量率 $\leq 2.10 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。但为保守估计，考虑测井过程中密封型中子发生器位于井下 100m 对辐射工作人员所造成的影响处	187.5	$2.10 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$	$3.94 \text{E-}03 \text{mSv}$
	密封型中子发生器拆卸、清洗及装箱过程	密封型中子发生器断电后 1.0h 出井，大于活化伽马冷却时间 0.5h，且每次出井后对仪器表面进行监测，表面剂量低于 $1 \mu\text{Sv/h}$ 后方可拆卸装箱，因此以表面 0.1m 处剂量率为 $1 \mu\text{Sv/h}$ 来估算放射工作人员的剂量。	0.5h（单口井拆卸、清洁、装箱、搬运） $\times 30$ 口井 = 15h	$1 \mu\text{Sv/h}$	$1.50 \text{E-}02 \text{mSv}$
测井现场公众	密封型中子发生器工作状态检查、测井过程	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，密封型中子发生器位于井下至少 100m 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，根据剂量率随距离的平方成衰减关系，此处密封型中子发生器测井运行所附加的最大剂量率为 $< 2.33 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，	6.25	$2.33 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$	$1.46 \text{E-}07 \text{mSv}$

	仪器拆卸、清洗及装箱过程	以密封型中子发生器外表面剂量率为 $1\mu\text{Sv/h}$ 计算，根据距离衰减后，控制区外公众剂量率为 $1.11\times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$	0.5h	$1.11\times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$	$5.55\text{E-}07\text{mSv}$
	刻度过程中辐射工作人员	辐射工作人员位于管理室内对密封型中子发生器进行操作	5h	$2.19\mu\text{Sv/h}$	$1.10\text{E-}02\text{mSv}$
	刻度过程中公众	周围公众位于源库外厂区通道	36h	$1.41\mu\text{Sv/h}$	$5.08\text{E-}02\text{mSv}$

以最不利情况考虑，本项目单名辐射工作人员同时兼顾满负荷的测井工作（每年测井 30 次）及满负荷的刻度工作（每年刻度 10 次）后，所受到的年附加有效剂量为 $3.00\times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

同时根据《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司放射源库迁建项目》（批复文号：川环审批〔2023〕62 号）报告，源库迁建项目辐射管工作人员年附加有效剂量为 2.93mSv ，则本项目辐射工作人员在兼顾源库迁建后及本项目的辐射工作后，所受到的年附加有效剂量为 2.96mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求及本报告设定的剂量约束值（辐射工作人员 $<5.0\text{mSv}$ ）。

本项目周围公众所受到的年附加有效剂量最大为 $5.08\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求及本报告设定的剂量约束值（公众人员 $<0.1\text{mSv}$ ）。

综上所述，本项目辐射工作人员所受到的附加年有效剂量最大为 2.96mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求及本次评价设定的剂量约束值（辐射工作人员 $<5.0\text{mSv}$ ）。

本项目周围公众所受到的年附加有效剂量最大为 $5.08\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求及本次评价设定的剂量约束值（公众人员 $<0.1\text{mSv}$ ）。

二、大气环境影响分析

密封型中子发生器在通电过程中，产生的中子、 γ 射线，会与地层中空气产生电离作用，进而产生臭氧和氮氧化物。但本项目测井现场均为较开阔的场所，环境稀释、扩散能力较强，密封型中子发生器所产生的臭氧和氮氧化物经自然分解和扩散后，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。

三、固体废物环境影响分析

本项目固体废物主要为放射性中子管退役或故障时时产生的含氚靶废旧放射性中子管和密封性中子发生器出井后擦拭过程产生的固体废物。

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，本项目废旧放射性中子管属于放射性固体废物，废放射性中子管将退回原产国回收处置。

测井后的擦拭废物为废弃的含油抹布，根据《国家危险废物名录（2021年版）》附录中危险废物豁免管理清单，“900-041-49 废弃的含油抹布、劳保用品”全过程不按危险废物管理，故本项目拟将测井现场擦拭废物暂时放入专用废物桶中，运至服务甲方井队固体废物暂存间，由甲方委托单位进行回收处置。

本项目工作人员产生少量生活垃圾，依托工程作业区的环保设施集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排。

四、废水环境影响分析

本项目检测过程中无放射性废水产生，本项目工作人员产生少量生活污水，依托工程区已有的环保设施进行处理。

五、噪声环境影响分析

本项目密封型中子发生器使用时基本不产生噪声，且密封型中子发生器测井过程位于地下，因此对周围声环境基本无影响。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用的密封型中子发生器属于II类射线装置，其风险因子为中子、 β 射线，按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019年修订本）第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的

事故等级列于下表中。

表 11-3 射线装置的风险因子辐射伤害程度与事故分级

潜在危害	事故等级
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	一般辐射事故
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 人以上（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
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	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，或者放射源同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡	特别重大辐射事故

二、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为中子、 γ 射线、感生放射性误照射，危害因素为中子、 γ 射线、感生放射性误照射超剂量照射。

三、最大可能性事故后果计算

本项目评价事故状态分为以下几种情况：

（1）测井过程中，辐射工作人员供电操作失误或供电开关失控，中子管在地面通电发射中子、 γ 射线，或下井未到指定深度、断电后未达到预定停留时间就升上地面，导致井上操作人员受到照射。

（2）测井过程中，公众进入控制区，受到不必要的照射。

（3）测井完成后，辐射工作人员未按照操作规程，在密封型中子发生器断电后未到预定的停留时间便将密封型中子发生器升上地面，测井人员进行密封型中子发生器拆卸操作，测井人员因受到密封型中子发生器部件感生放射性而受到额外辐射照射。

（4）中子管因丢失、被盗、卡井、坠井等外因导致破坏，致使氙泄漏，使工作人员或公众受到辐射照射，进一步可能造成放射性污染。

（5）密封型中子发生器丢失或被盗，使工作人员或公众受到辐射照射，进一步可能造成放射性污染。

（6）刻度过程中，辐射工作人员供电操作失误或供电开关失控，中子管在水箱外或水箱内指定位置通电发射中子、 γ 射线，此时辐射工作人员位于管理室内，公众位于源库外，所造成的误照射。

（7）刻度过程中，辐射工作人员、周围公众误入到源库内，密封型中子发生

器在水箱内通电发射中子、 γ 射线。

三、辐射事故影响分析

(1) 操作人员供电操作失误或供电开关失控，中子管在地面通电发射中子、 γ 射线，或下井未到指定深度、断电后未达到预定停留时间就升上地面，导致井上操作人员、公众受到照射。

由于管理不善，操作规程执行不到位，密封型中子发生器未进入钻井或未到达井下一定深度就对密封型中子发生器通电发射中子、 γ 射线，对测井现场 30m 内辐射工作人员造成误照射，对 30m 外的公众造成误照射。从保守角度，考虑密封型中子发生器在井口通电发射中子、 γ 射线，不考虑任何屏蔽效果，则根据公式 3、公式 4，可计算出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 11-4。

表 11-4 密封型中子发生器井口通电情况所致人员剂量估算 mSv

距离 m	各时段的射线所致辐射剂量 (mSv)					
	5min	10min	30min	1h	2h	6h
1	8.59E-01	1.72E+00	5.15E+00	1.03E+01	2.06E+01	6.18E+01
5	3.43E-02	6.87E-02	2.06E-01	4.12E-01	8.24E-01	2.47E+00
10	8.59E-03	1.72E-02	5.15E-02	1.03E-01	2.06E-01	6.18E-01
20	2.15E-03	4.29E-03	1.29E-02	2.58E-02	5.15E-02	1.55E-01
30	9.54E-04	1.91E-03	5.72E-03	1.14E-02	2.29E-02	6.87E-02

当密封型中子发生器因操作不当发生误照射时，假设操作人员距离密封型中子发生器 1m，公众位于 30m 处控制区外，根据表 11-3 估算结果可得可知，对于辐射工作人员：受到的剂量最大为 61.8mSv/次，其值高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定职业人员 20mSv/a 的剂量限值，将构成一般辐射事故；对于公众位于井口 30m 处：受到的剂量最大为 6.87×10^{-2} mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 的剂量限值，不会构成一般辐射事故。

(2) 测井过程中，公众进入控制区，受到不必要的照射

从最不利的情况下考虑，当密封型中子发生器下到 100m 处时，公众位于井井口，则公众所受到的剂量率为 9.53×10^{-8} Sv/h，公众位于井口最多 5min 就会被辐射工作人员发现，因此公众误入至于井口所受到的剂量最大为 7.94×10^{-6} mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 的剂量限值，不会构成一般辐射事故。

(3) 密封型中子发生器感生放射性误照射

测井结束后，操作人员未按照操作规程，在密封型中子发生器断电后未到预定的停留时间便将密封型中子发生器升上地面，测井人员进行密封型中子发生器拆卸操作，测井人员因受到密封型中子发生器部件感生放射性而受到额外辐射照射。密封型中子发生器断电后，密封型中子发生器表面仍残留较大的感生放射性，其表面 1m 处 γ 剂量率达 $9.42 \times 10^{-8} \text{Sv/h}$ ；从保守角度考虑，每次测井后拆卸、清洗、装箱、搬运累计受照时间以 0.5h 计，且不考虑感生放射性核素随时间衰变，则整个过程中，所致人员的最大剂量为 $4.71 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定职业人员 20mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故。

（4）密封型中子发生器中氚靶泄漏事件

密封型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。由于本项目密封型中子发生器均内含 1 枚氚靶，其中 5 枚氚靶出厂放射性活度最大为 $5.55 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，13 枚出厂放射性活度为 $5.92 \times 10^{10} \text{Bq}$ ， ^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。

（5）密封型中子发生器丢失或被盗事故

若发生密封型中子发生器丢失或被盗事故，密封型中子发生器未通电情况下，不会对人员产生辐射影响。密封型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，此种情形事故属于一般辐射事故。

事故应急措施：若发生密封型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、搜寻丢失的密封型中子发生器。

（6）刻度过程中，辐射工作员供电操作失误或供电开关失控，中子管在水箱外或水箱内指定位置通电发射中子、 γ 射线，此时辐射工作人员位于管理室内，公

众位于源库外，所造成的误照射。

为保守估计，以密封型中子发生器在水箱外进行通电，此时位于 8m 处的辐射工作人员所受到的剂量率为 $6.25 \times 10^{-5} \text{Sv/h}$ ，公众受到的剂量率为 $4.24 \times 10^{-5} \text{Sv/h}$ 。完成一次刻度时间为 30min，因此密封型中子发生器在刻度过程中，30min 内将会发现密封型中子发生器在水箱外或在水箱内未达到指定水深，则辐射工作人员所受到的剂量最大值为 0.037mSv；公众受到的 0.041mSv。低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射工作人员 20mSv/a 的剂量限制和公众 1mSv/a 的剂量限值，不会构成一般辐射事故。

（7）刻度过程中，辐射工作人员、周围公众误入到源库内，密封型中子发生器在水箱内通电发射中子、 γ 射线。

为保守估计，以辐射工作人员、公众位于水箱外表面所受到的剂量率进行估算，此时人员所受到的剂量率最大值为 $9.20 \times 10^{-5} \text{Sv/h}$ ，完成一次刻度时间为 30min，因此辐射工作人员和公众一次受到的最大的剂量最大为 0.046mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射工作人员 20mSv/a 的剂量限制和公众 1mSv/a 的剂量限值，不会构成一般辐射事故。

事故后果

对于本项目最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故，建设单位应立即启动公司内部事故应急方案，采取必要防范措施，本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停并止射线装置。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

四、事故防范措施

为减少事故发生，本项目运行期应采取以下防范措施：

（1）定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（2）测井任务时需严格执行《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求（试行）》（川环办发[2016]149号）、《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号）、《四川省辐射污染防治条例》、《油（气）田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）、《石

油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）、《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）等有关条款的要求，中关于事前公告、安全防护区设置、工作区清场、巡视等要求；

（3）凡涉及对密封型中子发生器进行操作，必须按操作规程执行，测井作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；密封型中子发生器测井前，必须划定控制区，认真检查密封型中子发生器安装状态、电缆连接情况，下井达到预定深度后方可接通电源。

（4）定期对使用密封型中子发生器的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，建立射线装置维护、维修台账；密封型中子发生器出现故障或活度不满足需求时，应联系厂家进行维修更换，严禁私自维修和打开中子管。

（5）建设单位所有辐射工作人员应根据《中华人民共和国生态环境部公告》（2019 年第57号）建设单位所有辐射工作人员需通过国家生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习并考核合格后上岗。

（6）在任何情况下，建设单位不得在存储区域通电并启动密封型中子发生器。

（7）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条规定，建设单位应制定《放射性同位素事故应急预案》并成立事故应急组织机构，事故应急预案主要包括以下内容：

- 1、事故类型和危害程度
- 2、应急处置基本原则
- 3、预防与预警
- 4、信息报告程序
- 5、应急处置（响应分级、响应程序、处置措施）
- 6、应急物资及装备保障

本项目建成后，应根据项目特点，进一步完善应急预案

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

建设单位已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立辐射安全与环境保护委员会负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组明确，能有效的确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了核技术应用所涉及的相关部门，在框架上基本符合要求。成员如下：

组长：

***** 斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司基地大客户经理

组员：

***** 斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司设备设施经理

***** 斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司安全经理

***** 斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司合规专员

***** 斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司安全专员

辐射安全与环境保护管理部归属 HSE 部门，全面负责公司辐射安全管理协调工作。

二、职责分工

组长岗位职责：

1、成都公司有关放射源使用、运输、储存、进出口等各项工作的安全监督管理责任。

2、辐射安全事件及事故的应急督导工作，辐射安全许可证的合法使用工作。

组员岗位职责：

1、放射源日常使用、运输、储存及操作过程中的安全监督工作。

2、放射源源库的定期检查及检测仪器维护工作。

- 3、放射源现场作业的检查工作。
- 4、根据作业需求，办理放射源运输、备案、转让、进出口及豁免等工作。
- 5、督促辐射岗位工作人员个人剂量水平定期开展监测，对于监测异常数值进行事件调查。
- 6、督促员工定期进行放射相关的职业病体检。
- 7、定期评估和修改辐射安全防护措施计划，制定应急预案并开展应急演练。
- 8、督促辐射岗位人员如期完成放射相关培训，取得资质证书。
- 9、审核辐射工作人员的操作能力及资格。
- 10、督导处理野外现场发生的各类辐射安全事件及事故，及时上报政府主管部门，并将发生原因，处理经过与所采取的改善措施等形成报告。
- 11、其他与辐射相关的未尽事宜。

辐射安全管理规章制度

一、档案分类管理

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号），核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

本项目辐射安全档案资料可分以下十大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”。建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

其中“野外作业一事一档”档案资料是针对每一个项目野外作业活动建立完整的辐射安全与防护档案，做到一事一档。需要归档的材料应以下内容：

①作业活动开始前的报备方案，每个作业活动使用计划和作业方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；

②生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况；

③作业活动期间相关记录和日志，包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录及财务复核记录，每次作业的时间、地点、操作人员、每次作业清场、两区划分记录（采取影像资料和文字形式），对工作场所和周围环境监测记录；

④作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其它有关情况。

二、主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司已制定辐射安全管理制度，包括《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司关于变更辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》《辐射安全管理规定》《辐射工作人员岗位职责》《放射性同位素台账管理制度》《辐射工作场所辐射环境监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射安全和防护设施维修制度》《操作规程》《辐射事故应急预案》。

根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。因此，项目运行前，将在工作场所显著位置张贴大小和字体都足够醒目的《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射事故应急预案》。上墙制度的内容应体现操作性和应用型，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

本项目建设单位涉及使用Ⅱ类射线装置，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”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表12-1项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已取得辐射安全许可证	重新申领辐射安全许可证（申领所需的材料清单见表 12-2）
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目已有 18 名辐射工作人员该 18 名辐射工作人员均已获得辐射安全与防护考核证明	/
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	建设单位已成立“辐射防护领导小组”，专人负责辐射安全管理工作	/
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	建设单位已配备足量监测用品	此次项目开展前，建设单位应为本项目配备足量的中子、γ个人剂量计；个人剂量报警仪；中子、γ监测仪
5	辐射工作单位应针对可能发	已制定《辐射事故应急	/

	生的辐射事故风险,制定相应辐射事故应急预案	预案》	
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已制定《辐射安全管理规定》	/
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查,建立健全个人剂量档案	原有辐射工作人员已落实	/
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	放射源库已设置,每次测井前,建设单位已在测井现场周围设置醒目的电离辐射警告标志	/
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	/	建设单位已获得辐射安全许可证,2024年年度辐射环境监测报告已落实
10	辐射信息网络	已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施申报登记。申领、延续、变更许可证,新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台帐,放射性同位素与射线装置应做到帐物相符,并及时更新。	已制定《放射性同位素台账管理制度》	拟制定射线装置台账管理制度

表 12-2 建设单位辐射安全许可证重新申领所需材料清单

序号	材料名称		材料要求
1	《辐射安全许可证申请表》一份		登录全国核技术利用申报系统下载,并提交辐射安全许可证申请报告
2	已有或拟有射线装置明细表		已盖章的台账
3	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料	辐射安全与防护规章制度。	参照川环函[2016]1400 号
		申请单位发布的成立辐射安全与环境保护管理机构的正式文件复印件	文件中需明确辐射安全专职管理人员及其职责
		辐射工作人员辐射安全与防护培训合格证明复印件。	如人员太多,以表格形式统计

根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-3。

表 12-3 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况
1	综合	辐射安全管理制度	已制定
2		操作规程	已制定
3		安全防护设备维护管理制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定
4		保管管理制度	需为密封型中子发生器完善保管管理制度
5		管理制度（转让、使用、报废）	已制定
6		工作方案（须存档）	已落实
7		野外作业的一事一档，包括跨区备案资料，生态环境部门现场检查记录、辐射监测报告及现场作业辐射安全措施影像资料等。	已落实
8		已完成和正在完成野外作业项目清单	已落实
9		台账管理制度	需制定射线装置管理台账
10	监测	监测方案	已制定
11		监测仪表使用与校验管理制度	已制定
12	人员	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	已制定
13		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定
14	应急	辐射事故应急预案	已制定

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求

如下：

一、个人剂量监测

本项目已有18名辐射工作人员，建设单位已对该18名辐射工作人员配备了 γ 个人剂量计和中子个人剂量计，并开展了个人剂量监测，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49号）做好个人剂量管理的工作。

同时根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）个人剂量常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月，同时建设单位应建立个人剂量档案并

终生保存。

辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计,属于比较均匀的辐射场,当辐射主要来自前方时,剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置,一般在左胸前或锁骨对应的领口位置;当辐射主要来自人体背面时,剂量计应佩戴在背部中间。

当单个季度个人剂量超过1.25mSv时,建设单位要对该辐射工作人员进行干预,并进一步调查明确原因,并由当事人在情况调查报告上签字确认;当全年个人剂量超过5mSv时,建设单位需进行原因调查,并最终形成正式调查报告,经本人签字确认后,上报发证机关;当单年个人剂量超过50mSv时,需调查超标原因,确认是辐射事故时启动应急预案。

二、职业健康检查

公司应安排放射性测井人员定期(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。

三、工作场所以及外环境监测

公司应至少为每个测井现场配备1台 γ 剂量率仪、1台中子周围剂量当量率仪(仪器经检定或校准合格),根据《油气田测井放射防护要求》(GBZ118-2020),建设单位投入使用后,每年对刻度、测井辐射场周围当量率进行1次检测。

本项目辐射环境监测计划以及安全设施检查计划见表 12-4。

表12-4 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	刻度及测井辐射场周围剂量当量率(人员操作位、安全控制区边界、周围保护目标等)	实测	γ 剂量率、中子剂量率	定期(每年)	自行监测
	测井结束后活化产物外照射周围剂量(中子发生器表面以及测井人员装卸操作位)	实测	γ 剂量率	每次测井结束后	
辐射工作人员	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	委托有资质单位检查
3H放射性中	^3H 放射性中子管密封情况	采用试纸或棉片表面擦拭 ^3H	β 表面污染	每年1次	委托原厂国进行监测

子管		放射性中子管，对擦拭纸进行监测			
----	--	-----------------	--	--	--

辐射事故应急 为了加强对辐射装置安全管理，确保仪器设备的安全应用，保障公众健康，保护环境，建设方需按环评要求制定较为完善的辐射安全事故应急救援预案，该预案包括：应急组织机构、应急职责分工、辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话）、应急保障措施、应急演练计划等。建设单位应定期组织员工根据应急预案开展应急演练。 一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由应急领导小组按辐射事故应急程序逐级上报地方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。					
---	--	--	--	--	--

表 13 结论与建议

结论 1. 产业政策相符性与代价利益分析 本项目属于核技术在油气勘探和测量领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令），本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，项目符合国家当前的产业政策。 2. 选址、布局 选址、布局合理性分析 测井任务时，建设单位将因地制宜地充分利用测井具体地点地形特征、周围设施等进行防护，测井过程中将通过清场、拉警戒线、调整测井时间等安全管理措施。 测井任务前后，本项目密封型中子发生器由具有资质的第三方单位的运源车负责运输，将密封型中子发生器送回斯伦贝谢成都基地放射源库进行储存，当测井地点较远，密封型中子发生器不能及时返回斯伦贝谢成都基地存放时，将在测井地点的运源车内临时暂存。测井的电缆放在电缆测井车内，因此密封型中子发生器与其电缆分开存放。 无测井任务时： 若密封型中子发生器需要维护保养则会暂存至车间双人双锁柜中，其余时间则存放在放射源库。且整个基地均设置有独立的围墙；源库的 50m 范围除了厂界范围还包括中国石油集团川庆钻探工程有限公司、通威太阳能（成都）有限公司，避开了人员较聚集和人员流动较大的办公楼、宿舍和食堂等。本项目密封型中子发生器将在源库内进行刻度工作，但经过水箱及源库的屏蔽后，对周围环境影响较小。因此建设单位在做好射线装置的台帐工作后，不会对周围环境产生不良影响。 综上所述，本项目密封型中子发生器在测井前后、测井任务过程中、以及无测井任务时，其选址和布局均是合理的。 3、控制区监督区划分

本项目将本项目规定距离测井区域井口 30m 范围内区域为**控制区**。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）《石油测井中子发生器及中子管技术条件》（SY/T5419-2007）中关于辐射工作场所的分区规定。

4、保护目标剂量

根据理论计算，本项目辐射工作人员、公众及保护目标的年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv；公众周剂量不大于 5μSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，单个季度辐射工作人员剂量不超过 1.25mSv。

5、工程所在地区环境质量现状

斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司储源库储源状态的 X-γ辐射在 0.13~0.99 μSv/h 之间（未扣除环境本底值），项目所在区域的中子剂量当量率未检出，X-γ辐射空气吸收剂量率背景值为 95.10 nGyh~102.90 nGy/h，成都市生态环境局《2023 成都生态环境质量公报》全市环境γ辐射剂量率连续自动监测年均值范围为(67.0~119)nGy/h相当,属于正常天然本底辐射水平。中子在 8.63~3117.33 nSv/h 之间（未扣除环境本底值）。

6、辐射安全措施

本项目投入运营后，建设单位拟为所有辐射工作人员配备γ个人剂量计、中子个人剂量计并建立建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。工作期间应按要求佩戴个人剂量报警仪。

建设单位拟为本项目辐射工作人员配备足量的防护用品；为防止人员进入到测井区域内，拟配备足量的大功率喊话器、安全警示线、对讲机、现场公示牌；为防止密封型中子发生器丢失，建设单位拟购入1个双人双锁柜，并在其周围设置24h监控摄像头。

7、辐射环境管理

（1）建设单位拟委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

（2）建设单位拟配备 4 台中子监测仪、4 台便携式γ监测仪，定期对工作场

所辐射水平进行检测；

(3) 建设单位已委托有资质单位开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员均已配备个人剂量计，建设单位应及时跟监测单位核实数据，及时发现、解决问题。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位已制定辐射安全管理制度，包括《斯伦贝谢科技服务（成都）有限公司关于变更辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》《辐射安全管理规定》《辐射工作人员岗位职责》《放射性同位素台账管理制度》《辐射工作场所辐射环境监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射安全和防护设施维修制度》《操作规程》《辐射事故应急预案》。环评要求运行本项目的建设单位在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时完善相关制度。

8、项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》文件第十一条规定：

(1) 编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

(2) 建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

(3) 除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4号）规定：

(1) 建设单位可登录生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范。

(2) 项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经

验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经原审批环境影响保护行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

（5）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

类别	环保设施	数量
防护用品	0.5mm铅防护用品	8套
安全装置	大功率喊话器、对讲装置	若干
	安全警戒线、电离辐射警告标志、公示牌、控制区和监督区的警示标志	若干
	双人双锁柜	1个
	双人双锁柜24h监控摄像头	1套
监测仪器	γ 个人剂量计和中子个人剂量计	18套
	个人剂量报警仪	8套
	便携式 γ 辐射监测仪	4台
	中子剂量检测仪	4台
人员培训	辐射工作人员及应急人员的组织培训	/
应急预案	应急和救助的资金、物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练等）	/

本项目符合国家产业政策，本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，符合辐射防护“实践的正当性”原则；正常运行情况下，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目提出的对职业人员及公众照射的约束值要求，在严格落实本报告提出的环境保护措施的情况下，建设单位具备对增加密封型中子发生器的活动种类和范围，本项目的运营从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

建议和承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

3、建设单位应当每年对本单位射线装置、放射源使用情况进行安全和防护状况年度评估，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，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

4、经常检查辐射工作场所的电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。