

核技术利用建设项目

西安荣达石油工程有限公司

放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井项目

环境影响报告表

西安荣达石油工程有限公司

2020年6月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

西安荣达石油工程有限公司

放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井项目

环境影响报告表

建设单位名称：西安荣达石油工程有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省西咸新区沣东新城世纪大道国润城 A2-2604

邮政编码：710086

联系人：王黎明

电子邮箱：695151959@qq.com

联系电话：17792337903

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安荣达石油工程有限公司放射性同位素 ¹³¹ I 或 ¹³¹ Ba 测井项目			
建设单位		西安荣达石油工程有限公司			
法人代表	赵祯	联系人	王黎明	电话	17792337903
注册地址		陕西省西咸新区沣东新城世纪大道国润城 A2-2604			
项目建设地点		陕西省延安市			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	200	环保投资 (万元)	8.0	投资比例	4.0%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	/
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" 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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	在野外进行放射性同位素示踪试验				
<p>一、项目概述</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>西安荣达石油工程有限公司前身是咸阳荣达石油技术服务有限公司，咸阳荣达石油技术服务有限公司成立于 2005 年，为实现企业创新发展，于 2018 年 3 月注册了西安荣达石油工程有限公司。该公司是一家从事油（气）田录井、测试试井、井下作业、测井工程技术服务；油（气）田动态监测、试井分析、排水采气；石油钻采设备、仪器仪表、机电设备（不含小汽车）、通讯器材、办公自动化设备及办公用品的销售；井下节流器、井下工具制造与销售；设备租赁；劳务派遣为主的高新技术企业。该公司成立以来，一直秉承“质量至上、科学管理、创新发展、诚信服务”的经营理念，“目标清晰、职责明确、奖罚分明、知人善用”的企业方针，形成了常规、综合录井工程同步发展，测、试井等多种业务并举经营的企业格局，公司规模不断扩大，经营佳绩业界共瞩，已经在同行业民营企业中发展为具有影响力的公司。</p>					

2、项目由来

西安荣达石油工程有限公司为拓展业务，谋求多种行业、多区域共同发展，拟在延安地区开展放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井核技术利用项目。采用放射性同位素井下释放测井工艺，主要用于测量注水井内的注水层位及注水量，为制定采油方案提供科学依据。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修订）和《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号），西安荣达石油工程有限公司放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井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》（环境保护部令第44号）及其修改单中“五十、核与辐射”、“191、核技术利用建设项目”中“制备PET用放射性药物的；医疗使用I类放射源的；使用II类、III类放射源的；生产、使用II类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的”，应编制环境影响报告表。本项目使用放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 进行测井作业（放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 不同时使用），其中 ^{131}I 日等效最大用量 $1.332 \times 10^6 \text{Bq}$ ， ^{131}Ba 日等效最大用量 $1.332 \times 10^6 \text{Bq}$ ，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于非密封源工作场所分级标准，本项目属丙级非密封放射性物质工作场所，应编制环境影响报告表。

西安荣达石油工程有限公司于2020年5月27日委托我公司对其放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井项目进行环境影响评价（委托书见附件1）。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该公司进行了实地踏勘、资料收集等工作，按照《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）的基本要求，编制了《西安荣达石油工程有限公司放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井项目环境影响报告表》。

本项目拟使用 ^{131}I 或 ^{131}Ba 开展非密封放射源测井，每次仅使用一种放射性同位素， ^{131}I 或 ^{131}Ba 不混合使用。放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 进行测井时，每口井单次用量约 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ （0.9mCi），每天最大测井数量为4口；企业示踪测井年最大工作量为300口， ^{131}I 和 ^{131}Ba 的累计年最大用量为 $9.99 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的使用量经事先精确计算，按需从河南双辐同位素应用技术有限公司购买，所需的放射性同位素分装、释放器运输、废旧同位素处理、放射

性废物回收处置委托河南双辐同位素应用技术有限公司承担（放射性同位素专业化服务合同及其辐射安全许可证见附件 2，废旧同位素处理协议见附件 3，由于河南双辐同位素应用技术有限公司暂无放射性物品运输资质，故本项目放射性物品由其委托郑州交通运输集团有限责任公司承担，放射性同位素运输协议及资质见附件 4）；西安荣达石油工程有限公司仅从事井位上的放射性同位素测井工序。

二、建设项目概况

1、项目名称及位置

(1) 项目名称：西安荣达石油工程有限公司放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井项目

(2) 公司地理位置：公司位于陕西省西咸新区沣东新城世纪大道国润城 A2-2604，公司地理位置见图 1-1。

(3) 项目场所位置：延安市各需要做吸水剖面的井场。



图 1-1 西安荣达石油工程有限公司地理位置图

2、项目简介

西安荣达石油工程有限公司拟在延安地区开展放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井活动，每次仅使用一种放射性同位素， ^{131}I 或 ^{131}Ba 不混合使用。放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 进行测井时，每口井单次用量约 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.9mCi)，企业每天最大测井数量为 4 口， ^{131}I 或 ^{131}Ba 日等效最大用量为 $1.332 \times 10^6 \text{Bq}$ ；企业同位素示踪测井年最大

工作量为 300 口， ^{131}I 和 ^{131}Ba 的累计年最大用量为 $9.99 \times 10^9 \text{Bq}$ ；本项目放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 使用的工作场所属丙级非密封放射性物质工作场所。

西安荣达石油工程有限公司拟购买已分装好放射性同位素开展测井工作。同位素的分装、运输、废旧同位素处理、以及放射性废物的回收处置均委托河南双辐同位素应用技术有限公司承担，并已签订专业化服务合同和废旧同位素处理协议（见附件 2 和附件 3）。具体委托内容为：放射性同位素分装、销售、运输、废旧同位素处理、放射性废物回收服务等。由于河南双辐同位素应用技术有限公司暂无放射性物品运输资质，故本项目放射性物品由其委托郑州交通运输集团有限责任公司承担，并已签订放射性同位素运输协议（见附件 4）。

西安荣达石油工程有限公司根据测井工作需要，向河南双辐同位素应用技术有限公司订购相应数量的已分装好放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba （ ^{131}I 或 ^{131}Ba 存放于释放器内），按照约定时间由郑州交通运输集团有限责任公司将含已分装 ^{131}I 或 ^{131}Ba 释放器运送至测井现场进行交接。一般测井工作需进行 24h 左右，工作人员根据测井预计结束时间提前与郑州交通运输集团有限责任公司运输人员沟通返回时间，并及时反馈测井进程情况，确保测井结束前运输车辆能及时返回测井现场，测井结束后及时将空释放器及其他放射性废物带回河南双辐同位素应用技术有限公司处置。

如出现特殊情况无法开展测井作业时，为避免放射性同位素滞留公司的保管不善问题，避免因保管不善造成放射性同位素的撒落、丢失等，西安荣达石油工程有限公司测井工作人员将不予接收含 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器，并将情况及时与河南双辐同位素应用技术有限公司沟通协调，将含 ^{131}I 或 ^{131}Ba 释放器直接运回河南双辐同位素应用技术有限公司处置。因此西安荣达石油工程有限公司不存在暂存放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 的情况。

3、实践正当性

西安荣达石油工程有限公司在延安地区开展放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井，主要用于测量注水井内的注水层位及注水量，为制定采油方案提供科学依据。其所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合辐射防护“实践的正当性”原则；本项目测井过程中对工作人员及公众的年附加有效剂量可以控制在《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本次环评提出的年剂量管理约束值以下，本项目使用非密封放射性物质的目的正当可行。

4、非密封源工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），非密封源工作场所按操作的放射性核素日等效最大操作量可分为甲、乙、丙级。具体见表 1-1。

表 1-1 非密封源工作场所的分级

级 别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

(1) 日实际操作量

根据建设单位提供资料，同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 示踪测井活动在延安地区开展，每次仅使用一种放射性同位素， ^{131}I 或 ^{131}Ba 不混合使用。放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 进行测井时，每支释放器中同位素量为 30ml，活度约为 0.9mCi（即 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ ），企业每天最大测井最大工作量为 4 口， ^{131}I 或 ^{131}Ba 日等效最大用量为 $1.332 \times 10^6 \text{Bq}$ ；企业同位素示踪测井年最大工作量为 300 口， ^{131}I 和 ^{131}Ba 的累计年最大用量为 $9.99 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

^{131}I 和 ^{131}Ba 同位素日平均操作量见表 1-2。

表 1-2 同位素日平均操作量

放射性同位素名称	年最大使用量 (Bq)	日实际最大操作量 (Bq)	单口井使用量 (mCi)	每日测井最大工作量 (口)	年测井最大工作量 (口)
^{131}I	9.99×10^9	1.332×10^8	0.9	4	300
^{131}Ba					

注：测井时，放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 不同时使用，企业每日测井最大工作量为 4 口。

(2) 日等效操作量

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量 (Bq) 与该核素毒性因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 1-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体，溶液，悬 浮液	表面有污染的固 体	气体，蒸汽，粉 末，压力很高的 液体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

(3) 非密封源工作场所分级

该非密封源的工作场所等级计算结果见表 1-5。日等效操作量计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}}$$

表 1-5 放射性同位素日等效操作量及工作场所分级

核素毒性组别	中毒组	中毒组
核素名称	¹³¹ I	¹³¹ Ba
毒性修正因子	0.1	0.1
操作方式修正因子	表面污染水平较低的固体，简单操作 (10)	表面污染水平较低的固体，简 单操作 (10)
日等效操作量计算过程 h	1.332×10 ⁸ ×0.1/10	1.332×10 ⁸ ×0.1/10
日等效操作量 (Bq)	1.332×10 ⁶	1.332×10 ⁶
工作场所等级	丙级	丙级

根据西安荣达石油工程有限公司放射性日等效操作量计算结果，该公司放射性同位素 ¹³¹I 或 ¹³¹Ba 使用的工作场所，按非密封源工作场所分级标准判别为：**丙级**非密封放射性物质工作场所。

三、评价目的

(1) 对该项目整个放射性同位素测井过程中的辐射环境影响进行分析，得出采取的防护措施能否达到防护要求，环境影响是否可接受的结论；

(2) 针对该项目运行中对周围环境可能产生的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”；

(3) 为该公司辐射环境保护管理提供科学依据。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式及地点
1	¹³¹ I	固态	使用	1.332×10 ⁸	1.332×10 ⁶	9.99×10 ⁹	测井	简单操作	油(气)井	释放器
2	¹³¹ Ba	固态	使用				测井	简单操作	油(气)井	释放器
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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、分析仪等用途

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 (mA)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
操作过程中产生的手套、口罩	固态	/	/	/	30kg	$<2 \times 10^4$ Bq/kg	暂无	测井现场集中收集，由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交河南双辐同位素应用技术有限公司处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固态为 mg/kg，气态单位为 mg/kg；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

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订），2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》及其修改单；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院 449 号令，2005 年 12 月 1 日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及修改单；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院第 562 号令；</p> <p>(10) 《放射性物品运输安全许可管理办法》，环保部 11 号令；</p> <p>(11) 《交通运输部关于修改<放射性物品道路运输管理规定>的决定》（中华人民共和国交通运输部令 2016 年第 71 号）；</p> <p>(12) 《放射物品道路运输管理规定》，交通运输部令 2010 年第 6 号；</p> <p>(13) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(14) 《放射性物品分类和名录》（试行），国家环境保护总局公告 2010 年第 31 号，2010 年 3 月 4 日；</p> <p>(15) 《关于进一步加强流动放射性同位素和射线装置应用监督管理工作的通知》，陕环函〔2012〕681 号；</p> <p>(16) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 7 月 31 日修正）；</p> <p>(17) 《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工作项目表>的通知》，陕环办发〔2018〕29 号。</p>
------------------	--

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》（GBZ118-2002）；</p> <p>(3) 《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）；</p> <p>(4) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）</p> <p>(5) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>(6) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（公告 2017 年 第 65 号）；</p> <p>(7) 《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>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书（附件 1）；</p> <p>(2) 放射性同位素专业化服务合同及辐射安全许可证（附件 2）；</p> <p>(3) 废旧同位素处理协议（附件 3）；</p> <p>(4) 放射性同位素运输协议及资质（附件 4）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目的辐射环境污染为能量流污染，根据其能量流的传播与距离相关的特性，结合《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）的中规定：“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。”本项目放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 使用的工作场所属丙级非密封放射性物质工作场所，故确定评价范围为非密封放射性同位素测井现场周围 50m 区域。

保护目标

西安荣达石油工程有限公司目前拥有 1 个测井队，测井队有队员 5 名；环境保护目标主要为西安荣达石油工程有限公司从事放射性测井作业的人员，测井现场周围活动其他公众人员，其所接受的年附加有效剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求和本次评价提出的剂量约束值。

本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

序号	保护对象	人数	相对方位	距放射源距离 (m)	保护内容	剂量约束值
1	测井队放射性同位素操作人员	2	/	0.05	年有效剂量	5mSv/a
2	测井队其他工作人员	3	/	5~50		0.25mSv/a
3	井场工作人员及公众	临时路过，没有固定人群	/	>50		0.25mSv/a

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

1、标准相关内容

11.4.3.2 剂量约束值通常应在照射剂量限值 10%~30% 的范围之内。

标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平：

B1.1.1.1 条规定：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：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。

B1.2.1 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算值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如 B11 所列（见表 7-2）。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹

B2.2 工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11（表 7-1）中所列设备的控制水平的五分之一以下时，经审管部门或审管部门授权的部门确认后，可当作普通物品使用。

2、环评要求年管理剂量约束值及控制水平

(1) 年剂量管理约束值

综合考虑西安荣达石油工程有限公司核技术利用项目的现状，并着眼于长期发展，为其它辐射设施和实践活动留有余地，本次评估分别对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了设定：

① 取职业照射年有效剂量限值的 1/4，作为放射性工作人员的年受照剂量约束值，即 5mSv/a；

② 取公众年有效剂量限值的 1/4，作为公众的年受照剂量约束值，即 0.25mSv/a。

(2) 污染控制水平

本次测井现场相关设备、设施、物品（料）和相关场地地面的放射性表面污染按表 7-2 执行。

二、《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》（GBZ 118-2002）相关内容

5.3 测井中的卫生防护要求

5.3.1 测井中释放放射性示踪剂应采用井下释放方式，将装有示踪剂的井下释放器随同测井仪一起送入井下一定深度处，由井上控制在井下释放放射性示踪剂。

5.3.2 采用井口释放方式时，应先将示踪剂封装于易在井内破碎或裂解的容器或包装内，施行一次性投入井口的方法；禁止使用直接向井口内倾倒示踪剂的方法，以防止污染操作现场。

5.3.3 释放放射性示踪剂前，必须经过认真检查井口各闸门、井管压力与水流量正常，井管与套管通畅，井口丝堵与防喷盒结构严密后，按照常规操作程序释放示踪剂，防止含放射性示踪剂的井水由井口回喷，污染井场与环境。

5.3.4 操作放射性示踪剂和扶持载源井下释放器或注测仪进出井口时，必须采用适当长度的操作工具。

5.3.5 测井现场的空气比释动能率超过 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，有可能受到放射性污染的范围，应划为警戒区。并在其周围设置电离辐射警示标识，防止无关人员进入。

5.3.6 现场测井操作人员，必须穿戴符合要求的专用工作服、帽子、口罩和手套等个人防护用品，并要做到统一保管和处理。操作强 γ 放射源时，还应使用铅防护屏和戴铅防护眼镜。

5.3.7 放射性示踪测井施工前、后，须按标准中 7.3 与 7.4 进行常规监测，发现异常及时进行妥善处理。

5.3.8 未用或剩余放射性示踪剂（或连同释放器）以及放射性废物必须带回实验室处理。

5.3.9 每次使用后的井下释放器及同位素注测仪的同位素小室，必须带回实验室内，由专人在专用洗刷池内冲洗、去污及维修、保养后待用。

三、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）相关内容

5 安全操作

5.1 一般要求

5.1.2 宜在辐射工作场所醒目位置悬挂（张贴）辐射警告标志，人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。

5.1.3 操作非密封源的单位应制定辐射防护大纲并对其实施和评价负全面责任。单位应设立相应的安全与防护机构（或专、兼职安全与防护人员），并用文件的形式明确规定职责。

5.1.4 应建立安全与防护培训制度，培植和保持工作人员良好的安全文化素养，自

觉遵守规章制度，掌握辐射防护基本原则、防护基本知识及辐射防护技能。

5.1.5 辐射工作人员对某些操作程序必要时应事先进行模拟试验、冷试验、热试验，当熟练掌握操作技能后方可正式开展工作。

5.1.6 如果操作过程中发现异常情况，应及时报告，并分析原因，采取措施，防止重复发生类似事件。

5.1.7 应定期检查工作场所各项防护与安全措施的有效性，针对不安全因素制定相应的补救措施，并认真落实，确保工作场所处在良好的运行状态。

5.2 操作条件

5.2.1 非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性，选择符合安全与防护要求的条件，尽可能在通风柜、工作箱或手套箱内进行。

5.2.2 操作过程中所有的设备、仪器、仪表、器械和传输管道等应符合安全与防护要求。吸取液体的操作应使用合适的负压吸液器械，防止放射性液体溅出、溢出，造成污染。储放射射性溶液的容器应由不易破裂的材料制成。

5.2.3 有可能造成污染的操作步骤，应在铺有塑料或不锈钢等易去除污染的工作台面上或搪瓷盘内进行。

5.2.4 操作中使用的容器，必要时应在其外面加一个能足以容纳其全部放射性溶液的不易破裂套桶。

5.2.5 操作易燃易爆物质，或操作中使用高温、高电压和高气压设备时，应有可靠的防止过热或超压的保护措施，并遵守国家有关安全规定。

5.2.8 进行污染设备检修时，应当事先拟出计划。主要的工作内容及采取的防护措施，经现场防护员审查同意并落实辐射防护措施后方可进行。

5.3 个人防护

5.3.1 辐射工作人员应熟练掌握安全与防护技能，取得相应资质。

5.3.2 辐射工作人员应根据实际需要配备适用、足够和符合标准的个人防护用具（器械、衣具），并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份，均应妥善保管，并应对其性能进行定期检验。

5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施，做好个人防护工作。

5.3.4 在伴有外照射的工作场所，应做好个人外照射防护，包括 β 外照射防护。

5.3.5 在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操

作。

5.3.6 辐射工作场所应根据所操作非密封源的特点配备适当的医学防护用品和急救药品箱，供处理事故时使用。严重污染事件的医学处理应在医学防护人员的指导下进行。

6 辐射防护监测

6.1 一般要求

6.1.1 操作非密封源的单位应具备相应的辐射防护监测能力，配备合格的辐射防护人员及相关的设备，制定相应的辐射监测计划。编写辐射监测计划应执行 GB8999、GB11271、GB5294、HJ/T61-2001 的相关规定。

6.1.2 应记录和保存辐射监测数据，建立档案。记录监测结果时应同时记录测量条件、测量方法和测量仪器、测量时间和测量人姓名等。

6.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，提出改进辐射防护工作的建议，并应将监测与评价的结果向审管部门报告；如发现异常情况应及时报告。

6.1.4 对于非常规性的特殊操作，为了加强操作管理、实现安全与防护最优化，应开展与任务（操作）相关的监测。

6.1.5 在新设施运行阶段、当设施或程序有了重大变更，或有可能出现异常情况时应进行特殊监测。

6.2 个人监测

6.2.1 操作非密封源的辐射工作人员的个人监测应遵循 GB18871-2002 的要求，除了必要的个人外照射监测外，应特别注意采用合适的方法做好个人内照射监测。

6.2.2 在个人监测中要按照监测计划开展皮肤污染监测，手部剂量监测。

6.2.3 对于参加大修或特殊操作而有可能造成体内污染的工作人员，操作前后均应接受内照射监测。必要时依据分析结果进行待积有效剂量的估算。

6.2.4 个人剂量档案应妥善保存，保存时间应不少于个人停止放射工作后 30 年。

6.3 工作场所监测

6.3.1 应依据非密封源的特点和操作方式，做好工作场所监测，包括剂量率水平、空气中放射性核素浓度和表面污染水平等内容。

6.3.2 工作场所监测的内容和频度根据工作场所内辐射水平及其变化和潜在照射的可能性与大小进行确定。

7 放射性废物管理

7.1.1 放射性废物的管理应遵循 GB18871-2002、GB14500 的相关规定，进行优化管理。

7.1.2 应从源头控制、减少放射性废物的产生，防止污染扩散。

7.1.3 应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。

7.1.3 应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。

8 非密封放射源的管理

8.1 操作非密封源的单位应配备专（兼）职人员负责放射性物质的管理，应建立非密封放射源的账目（如交收账、库存帐、消耗账），并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。

8.2 非密封放射源应存放在具备防火、防盗等安全防范措施的专用贮存场所妥善保管，不得将其与易燃、易爆及其他危险物品放在一起。

8.3 辐射工作场所贮存的非密封放射源数量应符合防护与安全的要求，对于不使用的非密封放射源应及时贮存在专用贮存场所。

8.4 贮存非密封放射源的保险橱和容器在使用前应经过检漏。容器外应贴有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起始时间和存放负责人等。）

8.5 存放非密封放射源的库房应采取安保措施，严防被盗、丢失。

8.6 应定期清点非密封放射源的种类、数量，做到账物相符。工作人员如发现异常情况应按相关规定及时报告。

8.7 应做好非密封放射源的领用和注销工作，领用人一般应做到：

- a) 掌握辐射防护基本知识；
- b) 履行登记手续；按期归还；
- c) 不允许擅自转借；
- d) 用毕办理注销手续。

非密封源在陆地、水上和空中任何方式的运输，应符合 GB11806 的规定。

四、《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）相关内容

由于《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）将于 2020-10-01 实施，本项

目测井现场的放射防护要求参照该标准执行。

5.2 运输及测井现场的放射防护要求

5.2.5 室外操作放射源时应设置控制区，在控制区边界上设置警戒线和警告标志（或采取警告措施），防止无关人员进入边界以内的操作区域。使用刻度源对测井仪器进行刻度时，宜在源库所在地的围墙内进行，如需在场外进行刻度应设置控制区，控制区边界的周围剂量当量率不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.2.7 放射性示踪测井中释放放射性示踪剂应采用井下释放方式，将装有示踪剂的井下释放器随同测井仪一起送入井下一定深度处，由井上控制、在井下释放放射性示踪剂。采用井口释放方式时，应先将示踪剂封装于易在井内破碎或裂解的容器或包装内，施行一次性投入井口的方法：禁止使用直接向井口内倾倒示踪剂的方法。

5.2.8 释放放射性示踪剂前，应经过认真检查井口各闸门、井管压力与水流量正常，井管与套管通畅，井口丝堵与防喷盒结构严密后，按照操作规程释放示踪剂，防止含放射性示踪剂的井水由井口回喷，污染井场与环境。

5.2.9 释放器出井后应置于密封袋中，由供货厂家回收或返回实验室在专用清洗池中清洗，清洗液应作为放射性废液处理。

5.2.10 放射源及非密封放射性物质放射性测井现场应设置控制区，控制区边界应设置电离辐射警告标志及警戒线。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、公司地理位置和项目场所位置

(1) 公司地理位置

西安荣达石油工程有限公司位于陕西省西咸新区沣东新城世纪大道国润城 A2-2604，公司地理位置见图 1-1。

(2) 项目场所位置

西安荣达石油工程有限公司拟在延安地区开展非密封放射源测井业务，项目场所位置为延安市各需要做吸水剖面的井场。非密封放射源测井为流动式作业，不在某一场所长期作业。

二、环境质量和辐射现状

本项目为非密封放射源测井项目，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、水环境、声环境的影响很小。由于本项目不涉及放射源库的建设，且西安荣达石油工程有限公司开展的非密封放射源测井项目为流动式作业，不在某一场所长期作业，故本次评价未开展辐射环境现状监测。

根据《2020 年一季度陕西省辐射环境质量》，2020 年一季度，我省 5 个辐射环境自动监测站（陕西环保大厦、西安市标准型自动站、汉中市基本型自动站、延安市基本型自动站、宝鸡市基本型自动站）的空气吸收剂量率排除降雨（雪）等自然因素的影响，处于本底涨落范围内，监测结果为 70.3~106.2nGy/h；2020 年一季度，我省陆地监测点累积剂量测得的空气吸收剂量率处于本底涨落范围内，累积剂量监测结果为 83~130nGy/h。

根据《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，第 14 卷第 4 期，1994 年 7 月），延安地区室内 γ 辐射剂量率为 64.0~157.0nGy/h，平均值为 91.0nGy/h；原野 γ 辐射剂量率为 41.0~112.0nGy/h，平均值为 57.0nGy/h；道路 γ 辐射剂量率为 34.0~114.0nGy/h，平均值为 57.0nGy/h。

可见，延安地区的辐射环境本底值处于正常水平，辐射环境现状良好。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、放射性同位素特性

西安荣达石油工程有限公司使用放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 微球进行油气井吸水剖面测井，每次仅使用一种放射性同位素， ^{131}I 或 ^{131}Ba 不混合使用。放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 进行测井时，每支释放器中同位素量为 30ml，活度约为 0.9mCi（即 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ ），企业每天最大测井数量为 4 口，企业同位素示踪测井年最大工作量为 300 口， ^{131}I 和 ^{131}Ba 的累计年最大用量为 $9.99 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

表 9-1 测井工作场所分级及年用量

同位素	毒性因子	操作方式及放射源状态修正因子	日最大用量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	工作场所分级	年用量(Bq)
^{131}I	0.1	10（表面污染较低固体、简单操作）	1.332×10^8	1.332×10^6	丙	9.99×10^9
^{131}Ba	0.1	10（表面污染较低固体、简单操作）				

注：放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 不同时使用，企业每日测井最大工作量为 4 口。

1、 ^{131}Ba 特性

^{131}Ba 物理半衰期为 11.50d，衰变方式：EC=100%，释放出多种能量的 γ 射线， γ 射线的能量主要有：496.3keV(46.8%)、123.8keV(28.97%)、216.1keV(19.66%)。衰变纲图见图 9-1。

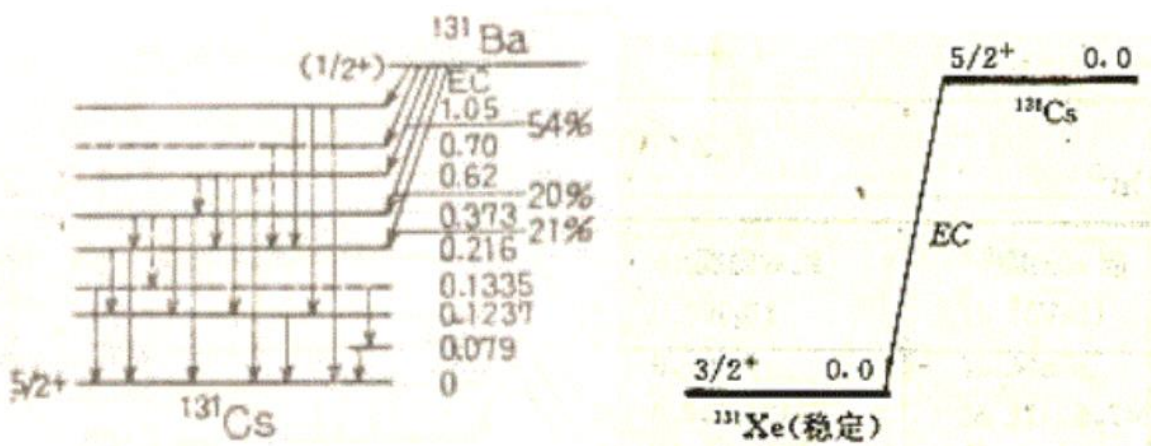


图 9-1 ^{131}Ba 衰变纲图

2、 ^{131}I 特性

^{131}I 物理半衰期为 8.04d，衰变方式为 β 衰变，能衰变出多条 β 射线，其中分支比最大的为 89.2%，能量为 606.3keV，还能释放出多条 γ 射线，其中分支比最大的为

81.1%，能量为 364.5keV。

衰变纲图见图 9-2。

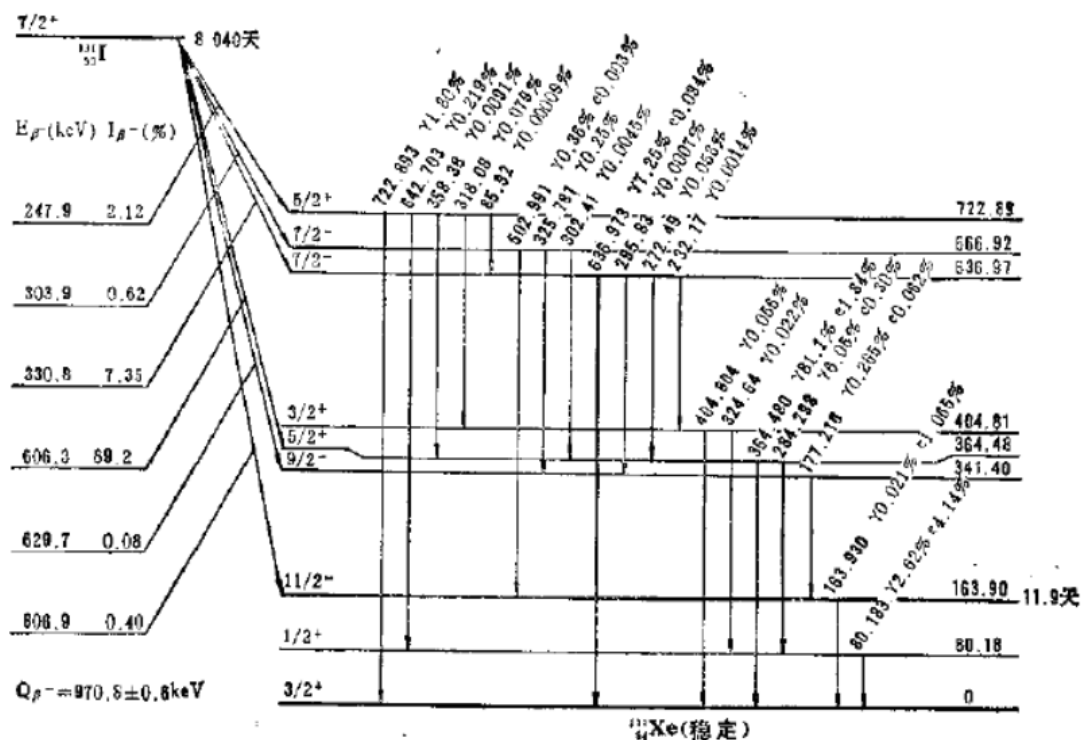


图 9-2 ^{131}I 衰变纲图

二、放射性同位素测井原理

石油开采是依靠地下油层的压力将石油采出，随着石油被逐渐采出，油层压力下降，石油不易采出。水驱采油技术是通过注水井向地层注水补充能量，驱替油藏地层中的原油，提高油田原油采收率。注水时，需要及时了解注水油井中每个层位绝对注水量和相对注水量，这些量需要通过测定注水剖面曲线来获取。

利用同位素释放器携带放射性示踪剂，测井时在油层上部释放，井内注水形成活化悬浮液，载体颗粒直径大于地层孔隙直径，吸水层吸水时，微球载体滤积在井壁上，地层的吸水量与滤积在该段地层对应的井壁上的同位素载体量和载体的放射性强度三者之间成正比关系，通过对比同位素载体在地层滤积前后所测得的伽马曲线，计算对应射孔层位上曲线叠合异常面积的大小，采用面积法解释各层的相对吸水量，从而可以确定注入井的分层相对吸水量（吸水剖面）。

放射性同位素测井原理见图 9-3。

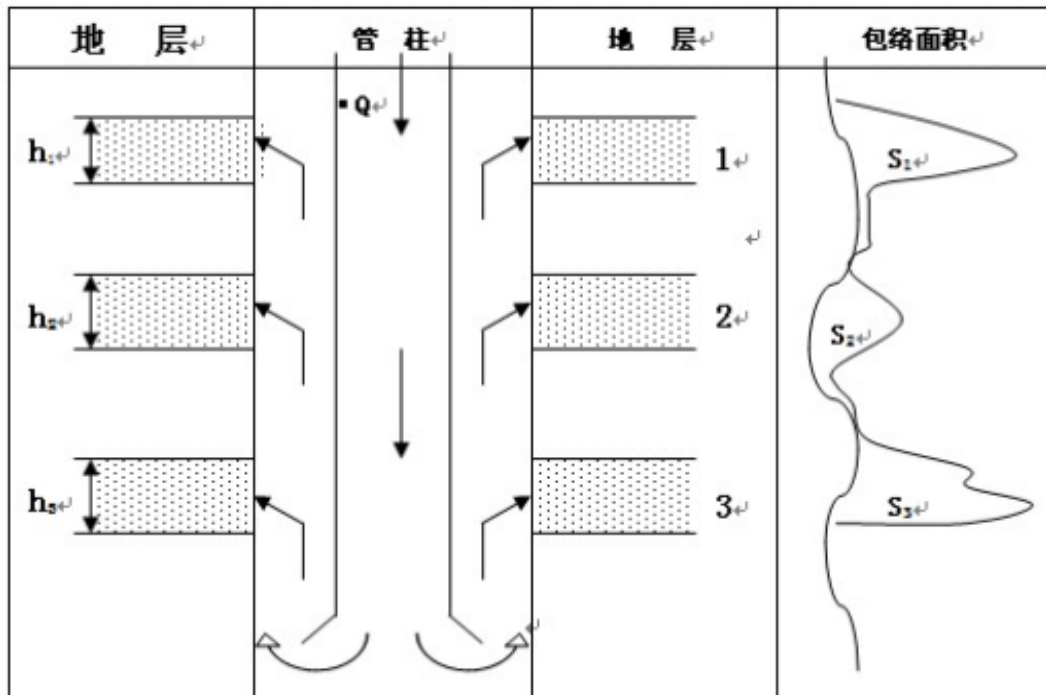


图 9-3 放射性同位素测井原理示意图

如图 9-3，图中 1、2、3 三个层均为注水层，深度对齐后，将测量自然伽玛曲线与同位素曲线叠合，并使其在非目的层段重合，在三个注水层位分别求出这两条曲线的包络面积，采用面积法解释各层的相对吸水量，从而可以确定注入井的分层相对吸水量（吸水剖面）。

三、放射性同位素测井工艺流程

工艺流程简述如下：

(1) 西安荣达石油工程有限公司接收测井委托任务（测井施工通知）后，根据测井井场具体布置情况及钻井数据制定测井计划书。测井计划书含本次测井任务的人员安排、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) 完成测井方案后，测井单位联系河南双辐同位素应用技术有限公司告知即将开展测井工作，并订购适量的放射性同位素。

(3) 河南双辐同位素应用技术有限公司接到任务后，根据订购量，进行放射性同位素分装后，并联系郑州交通运输集团有限责任公司组织运输人员开展放射源运输工作。按照测井单位要求，按时将测井用非密封放射源送至测井现场。

(4) 在放射源入场前，测井单位根据测井方案划定控制区范围（以井口为中心周围 5m 范围内划定为控制区），并设置工作区域警戒线，线高约 1m；在控制区边界放置

“当心电离辐射”警告牌，对控制区内无关人员进行清场。

(5) 测井队开展测井工作前，放射源操作人员穿戴铅防护服，做好准备工作。

(6) 运源车进入测井现场控制区后，由放射源承运单位和西安荣达石油工程有限公司规定的专职人员共同进行释放器表面剂量检测，确定放射源在释放器内；核对放射源信息，双方在“同位素配置、发放、回收记录表”上签字，完成放射源交接的台账记录工作。

(7) 交接工作完成后，放射源承运单位人员离开测井现场。西安荣达石油工程有限公司测井队开展测井工作，并进行鸣笛示意（示意即将开展放射源测井工作，无关人员远离控制区）。

(8) 测井队装源人员将装有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器安装于测井仪器底部。

(9) 释放器安装完毕后，被污染的手套、口罩等放入污物回收箱。

(10) 将测井仪器与井口对接，打开注水井口阀门，使注水井压力与仪器压力处于平衡状态。

(11) 将释放器送入井下指定位置；

(12) 释放器达到指定位置，经地面系统向释放器发送指令，推开释放器活塞，将放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 释放；

(13) 同位素释放完毕，释放器随测井仪器在井内上下不断往复多次采集相关信息，测井结束将释放器提升至井口卸下，装入专用塑料袋；被污染的手套、口罩等放入污物回收箱；

(14) 测井过程中产生的空释放器、放射性废物，一并由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交由河南双辐同位素应用技术有限公司处置。

本项目工艺流程及产排污环节见图 9-4。

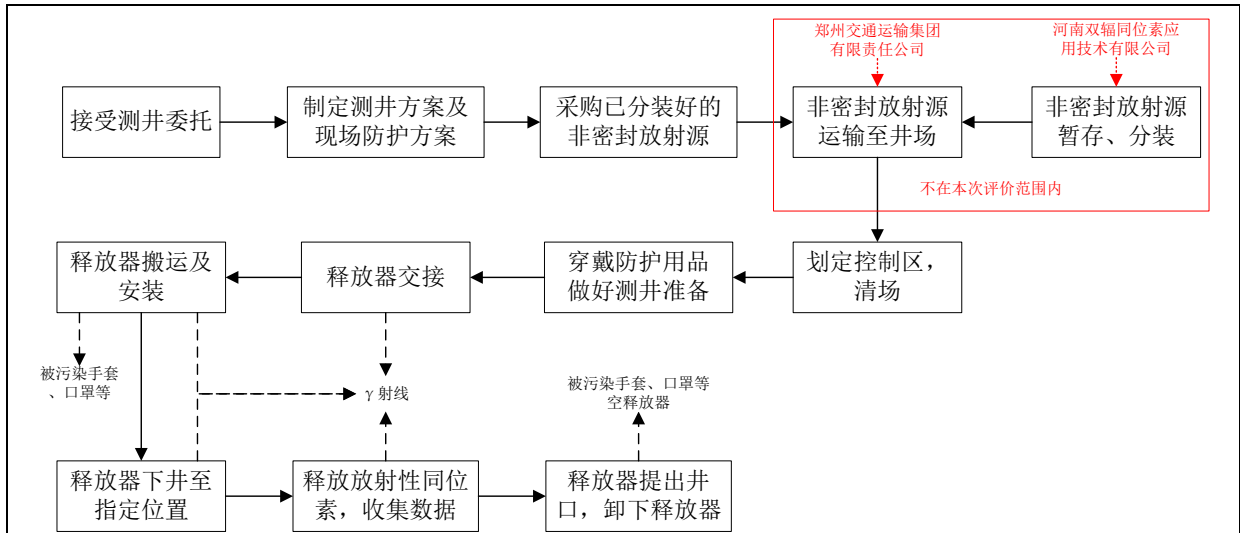


图 9-4 非密封放射源测井工艺流程及产排污环节示意图

污染源项描述

1、正常工况

(1) 石油测井用放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba ，正常工况下整个操作过程放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 处于密闭环境，不会逸出。对环境产生影响的主要污染因子是放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 产生 γ 射线，由于 γ 射线具有较强的穿透性，在整个操作过程中将对工作人员产生辐射影响。

(2) 放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 在油井示踪对深层（油层）地下水产生短时间辐射影响；

(3) 放射性固体废物：主要来自放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井现场用的废手套、口罩等；该放射固废，放射性活度较低但也应受控，经污物回收箱统一收集，由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交河南双辐同位素应用技术有限公司处理。

2、事故工况

可能产生的事故有：

- (1) 装有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器丢失事故；
- (2) 装有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器在操作过程中的撒漏事故；
- (3) 含有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的井水由井口回喷污染井场环境事故。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、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），应把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。本次环评中根据国际放射防护委员会第 103 号出版物对控制区和监督区的定义：

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措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

根据《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》（GBZ 118-2002）中规定：“测井现场的空气比释动能率超过 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，有可能受到放射性污染的范围，应划为警戒区”。经公式计算（详见环境影响分析章节），裸源情况下，距放射源 1.0m 处， ^{131}I 的空气比释动能率为 $1.71\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；距放射源 1.5m 处， ^{131}Ba 的空气比释动能率为 $1.20\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，小于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。为方便管理，本次评价以井口为中心周围 5m 范围内划定为控制区；以井场围墙为边界，控制边界外井场围墙内划定为监督区。若井场地受限，测井队可根据井场平面布置情况调整控制区和监督区边界；原则上要求控制区边界空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 或其他无关人员不可达。

二、拟采取的辐射安全防护措施

1、释放器固有防护措施

同位素释放器由供电电路板、同位素仓、导流活塞等组成，材料为不锈钢。用途：携带核素示踪剂下井。释放器结构见图 10-1，释放器实物照片见图 10-2。

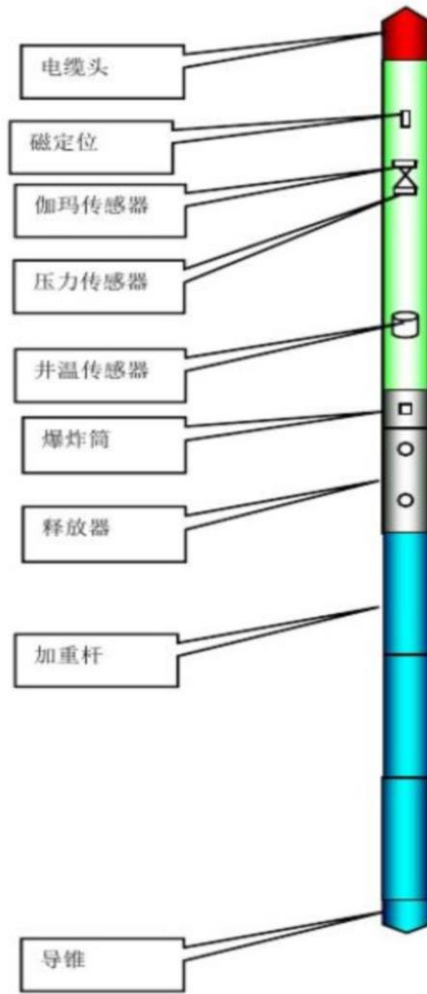


图 10-1 释放器结构示意图



图 10-2 释放器实物照片

2、辐射安全防护设施

(1) 西安荣达石油工程有限公司拟为测井队工作人员配备足够的额防护用品，包括：铅服、铅手套、个人剂量计、口罩等辐射安全个人防护用品。

(2) 西安荣达石油工程有限公司拟为测井队配备表面沾污仪和 X- γ 剂量率仪，用于测井现场辐射剂量检测。

3、辐射人员培训

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年 第 57 号），本项目在建成运行前，西安荣达石油工程有限公司拟组织新从事辐射活动的人员，参加生态环境部培训平台学习报名并通过考核后方可上岗。

西安荣达石油工程有限公司在采取以上措施后，可以满足《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》（GBZ118-2002）中“测井中释放放射性示踪剂应采用井下释放方式，将装有示踪剂的井下释放器随同测井仪仪器送入井下一定深度处，由井上控制在井下释放放射性示踪剂；现场测井操作人员必须穿戴专用防护服、口罩、手套等个人防护用品；现场测井操作前、后，必须对工作场所辐射水平和设备及场所的放射性表面污染进行测量”的要求，同时也可以满足《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表中辐射安全防护措施部分》——工业测井类——非密封放射源测井的相关要求。

本项目所需的放射性同位素分装、运输、废旧同位素处理、放射性废物处理等业务委托河南双辐同位素应用技术有限公司承担（其中放射性物品的运输由其委托郑州交通运输集团有限责任公司承担），西安荣达石油工程有限公司仅从事井位上的放射性同位素测井工序。

三、辐射安全管理措施

根据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（中华人民共和国环境保护部令第 3 号）、《突发环境事件信息报告办法》（中华人民共和国环境保护部令第 17 号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号）的要求：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核”、“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人

剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案”等。

1、放射性同位素测井过程中应采取的辐射安全管理措施

(1) 测井现场的空气比释动能率超过 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，有可能受到放射性污染的范围，应划为警戒区。测井现场进行分区管理，以井口为中心，周围 5m 范围内设置为作业控制区，边界设置警戒线，并设置电离辐射警示标志，专人警戒，除测井工作人员外其他无关人员严禁入内。以井场围墙为边界，控制边界外井场围墙内划定为监督区。

(2) 由专人负责放射性同位素台账的管理工作。

(3) 测井中释放放射性同位素应采用井下释放方式，将装有放射性同位素的释放器随同测井仪一起送入井下一定深度处，由井上控制在井下释放放射性同位素。

(4) 释放放射性同位素前，必须经过认真检查，确保井口各闸门、井管压力与水流正常，井管与套管通畅，井口丝堵与防喷盒结构严密后，再按照操作程序释放示踪剂，防止含放射性同位素的井水由井口回喷，污染井场。

(5) 操作放射性同位素释放器和扶持载源井下释放器或注测仪进出井口时，必须采用适当长度的操作工具。

(6) 现场测井操作人员，必须穿戴符合要求的专用工作服、口罩和手套等个人防护用品，并要做到统一保管和处理。必要时还应使用铅防护屏和戴铅防护眼镜。

(7) 测井作业人员在测井安装释放器时，佩戴口罩，站在上风向进行操作，避免吸入 ^{131}I 或 ^{131}Ba 微粒粉末造成内照射。

(8) 未用或剩余放射性同位素及时送回放射性同位素供应单位处理。

(9) 若装有放射性同位素释放器未能在井下正常释放，应更换井下释放器进行重新注入，不允许在现场对存在故障的释放器打开维修。

(10) 每次使用后的井下释放器应送回分装实验室去污、保养，不得在测井现场清洗使用过的释放器。

2、其他辐射环境管理措施

(1) 该公司为保证放射性测井辐射防护措施的落实和放射性同位素操作的安全，保证操作人员的辐射剂量满足个人剂量限值的要求，应按照国家标准和法律法规的要求，完善相关管理制度。

(2) 释放器操作人员必须经过操作业务培训，熟练掌握操作方法后方可进行放射性同位素测井操作。

(3) 放射性工作人员上岗前应先进行身体检查，体检合格后方可上岗，上岗后要根据国家标准的相关规定定期体检，建立健康档案；公司应为放射性工作人员配备个人剂量计，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测 1 次，做到定期送检，专人专戴，建立个人剂量档案。

(4) 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。

四、异地作业备案

到外省、自治区、直辖市进行测井作业时，公司应当根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）中“第二十五条 使用放射性同位素的单位需要将放射性同位素转移到外省、自治区、直辖市使用的，应当持许可证复印件向使用地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门备案，并接受当地环境保护主管部门的监督管理”规定，于活动实施前先向使用地省级环境保护主管部门备案后，到陕西省生态环境厅备案。

五、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

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工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号），对核技术利用单位辐射安全管理和辐射安全防护措施的标准化建设提出了要求，详见表 10-1 和表 10-2，评价要求，建设单位应按照文件要求进行标准化建设。

表 10-1 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

管理内容		管理要求
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作
		年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容
		明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责
		建立辐射环境安全管理档案
	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能有效处理
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人	

续表 10-1 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

管理内容	管理要求
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
	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
	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
	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
	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，保证职业人员健康档案的连续有效性
	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）
	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
	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
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
	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。

表 10-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（四）—辐射安全防护措施部分

项目	具体要求
非密封放射源测井	测井现场有可能受到放射性污染的范围，划为警戒区
	警戒区周围设置电离辐射警示标志，防止无关人员进入
	操作放射性示踪剂、扶持载源井下释放器或注测井仪进出井口时，采用适当长度的操作工具
	放射性核素的容器及其外包装、贮存和运输设备，使用前、后进行辐射水平和放射性表面污染水平检测，并保存监测情况及结果记录
防护监测	实验室内每次高活度操作和现场测井前、后，对工作场所辐射水平、设备及场所的放射性表面污染水平进行检测，并保存检测情况及结果记录
	实验与测井操作人员工作结束离开实验室或现场时，应对裸露皮肤、工作服和个人防护用品的放射性表面沾污水平进行检测，并保存检测情况及结果记录
监测设备及个人防护用品	X-γ 剂量率监测仪、表面沾污监测仪、个人剂量计、铅手套、铅衣等

西安荣达石油工程有限公司对照表 10-1 要求，成立相应的机构，制定相关规章制度、应急预案后该项目即可以满足辐射安全管理相关要求；按照表 10-2 要求，采取必要的辐射安全防护措施，并配备必要的监测设备和个人防护用品，制定监测计划并开展防护监测，按标准化建设要求规范开展非密封放射源测井工作。

三废的治理

一、废气

本项目由河南双辐同位素应用技术有限公司提供已分装含 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器，不开展放射性同位素的分装作业， ^{131}I 或 ^{131}Ba 密封于释放器内，基本不会产生放射性废气。

^{131}I 或 ^{131}Ba 衰变产生 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。由于测井地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

二、放射性固体废物

放射性同位素测井过程中，释放器操作人员必须佩戴手套和口罩，这些用品可能会受到污染成为放射性固体废物。每口井约产生 0.1kg 的放射性固体废物，本项目累计年最大测井工作量为 300 口，全年最多产生固体放射性废物约 30kg。本项目拟将含放射性的废物（手套、口罩）集中收集，随测井后空释放器一同由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交河南双辐同位素应用技术有限公司处置，可以实现放射性固体废物的有效处理。

三、放射性废水

本项目测井产生空释放器由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交河南双辐同位素应用技术有限公司清洗处理，测井现场不进行释放器的清洗作业，因此不产生放射性废水。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目是在野外进行放射性同位素示踪试验，主要进行释放器与测井仪器连接、释放、拆卸等作业内容，无土建施工过程，建设阶段不会对外环境造成影响。

运行阶段对环境的影响

一、放射性同位素的分装、储存与运输

西安荣达石油工程有限公司每天最大测井最大工作量为 4 口，放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 年最大用量总计不超过 $9.99 \times 10^9 \text{Bq}$ ，累计测井年最大工作量不超过 300 口/年。每支释放器中同位素的量约为 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.9mCi)，则全年最多可购买放射性同位素释放器约 300 个。放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的使用经事先精确计算，按需从河南双辐同位素应用技术有限公司购买；所需的放射性同位素分装、释放器运输、释放器清洗、废旧同位素处理、放射性废物处置委托河南双辐同位素应用技术有限公司承担（其中放射性物品由其委托郑州交通运输集团有限责任公司承担；放射性同位素专业化服务合同、废旧同位素处理协议、放射性同位素运输协议见附件）。

河南双辐同位素应用技术有限公司主要从事销售示踪剂、仪器仪表（专营及化学危险品除外），射线防护器材、售后服务、技术咨询等。放射性同位素储存在河南双辐同位素应用技术有限公司放射源库，放射性核素的分装在该公司分装室进行。河南双辐同位素应用技术有限公司已于 2020 年 4 月 29 日取得河南省环境保护厅更换后的辐射安全许可证，豫环辐证[07019]，有效期至 2022 年 2 月 13 日，许可活动种类范围中含有非密封放射性物质的销售、使用（详见附件）。河南双辐同位素应用技术有限公司具备 ^{131}I 和 ^{131}Ba 的销售、分装条件和暂存能力。西安荣达石油工程有限公司从河南双辐同位素应用技术有限公司购买已分装含 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器，并将产生的放射性固体废物交由其处理，方案合理可行。

河南双辐同位素应用技术有限公司接到西安荣达石油工程有限公司测井任务后，根据测井数量，进行放射性同位素分装，并联系郑州交通运输集团有限责任公司组织运输人员开展放射源运输工作。按照测井单位要求，按时将测井用非密封放射源送至测井现场。根据郑州交通运输集团有限责任公司提供道路运输经营许可证和放射性物品道路运输从业人员资格证件（放射性同位素运输协议及运输资质见附件），该公司

具备放射性物品的运输资质，委托其进行放射性物品的运输可行。

西安荣达石油工程有限公司配备测井车主要用于运输测井作业所需仪器、设备（不含释放器）、辅助用品、个人防护用品、警示标识等。该测井车不运输释放器及其他含 ^{131}I 或 ^{131}Ba 等含放射性物品，因此不存在辐射影响，无需将其作为放射性物品运输工具进行管理。测井结束，测井车即停放于延安市宝塔区姚店镇的项目部院内，个人防护用品、警示标识等交回存放于项目部库房内，项目部设有专人值班，负责项目部的日常巡视管理工作。

二、放射性同位素测井过程环境影响分析

根据工程分析，西安荣达石油工程有限公司整个非密封放射性同位素测井过程的产污工艺流程包括：释放器搬运、释放器安装、释放器下井以及释放器拆卸。其中放射源下井后，由于测井位置位于井内 1000m~5000m 深度，放射性同位素经岩土屏蔽后对地面环境基本无影响，本次评价不考虑。

1、释放器搬运、安装和下井过程辐射环境影响分析

在测井现场，释放器搬运、安装和下井由专业人员进行，操作人员穿戴防护用品。释放器搬运、安装和下井对测井工作人员的影响见表 11-1；同时在测井现场设置控制区和监督区，防止其他人员进入测井现场，可有效防止放射性同位素所产生的射线对其他人员的影响。

(1) 测井过程剂量当量率水平预测

根据《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰著）， γ 放射源裸源状态的剂量当量指数率按下式进行计算：

γ 射线：距点源其他距离处的 γ 照射剂量率可按照以下公式计算：

$$\dot{X}_r = \dot{X}_1 / r^2 \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

$$\dot{D} = 8.73 \times 10^{-3} \dot{X}_r \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中： \dot{X}_r ——距放射源 r m 处的照射量率，R/h；

\dot{X}_1 ——距放射源 1m 处的照射量率，R/h；

对于 ^{131}I 和 ^{131}Ba 均为放射 γ 源， $\dot{X}_1 = A\Gamma$ 。其中 A 为放射源的放射性活度 (Ci)， Γ 为放射性核素的照射量率常数。由《辐射防护手册》（第一分册放射源与屏蔽）查得： ^{131}I 照射量率常数取 $0.218\text{R m}^2/\text{h Ci}$ ； ^{131}Ba 照射量率常数取

0.344R m²/h Ci。

r——计算点与源的距离， m；

\dot{D} —— γ 辐射空气吸收剂量率， Gy/h。

由此计算的放射源裸露状态下，放射源周围的剂量水平见表 11-1。

表 11-1 裸源情况下不同距离处的 γ 辐射剂量率估算 单位:mSv/h

距离	辐射剂量率 (mGy/h) 活度 0.9mCi (3.33×10 ⁷ Bq)	
	¹³¹ I	¹³¹ Ba
0.5m	6.85E-03	1.08E-02
1m	1.71E-03	2.70E-03
1.5m	7.61E-04	1.20E-03
2m	4.28E-04	6.76E-04
3m	1.90E-04	3.00E-04
4m	1.07E-04	1.69E-04
5m	6.85E-05	1.08E-04
10m	1.71E-05	2.70E-05
15m	7.61E-06	1.20E-05
20m	4.28E-06	6.76E-06
25m	2.74E-06	4.32E-06
30m	1.90E-06	3.00E-06
35m	1.40E-06	2.21E-06
40m	1.07E-06	1.69E-06
45m	8.46E-07	1.33E-06
50m	6.85E-07	1.08E-06

在测井过程中，非密封放射性同位素 ¹³¹I 或 ¹³¹Ba 均在释放器的同位素仓内暂存，在释放器搬运和安装过程中，职业人员与非密封放射性同位素的距离取 0.5m。根据表 11-1 可见，测井过程中，距离放射性同位素 ¹³¹I 0.5m 处的空气比释动能率为 6.85 μ Gy/h，距离放射性同位素 ¹³¹Ba 0.5m 处的空气比释动能率为 10.80 μ Gy/h。

根据表 11-1 的计算结果，距放射源 1.0m 处，¹³¹I 的空气比释动能率为 1.71 μ Gy/h；距放射源 1.5m 处，¹³¹Ba 的空气比释动能率为 1.20 μ Gy/h；满足《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》（GBZ118-2002）中“测井现场的空气比释动能率超过 2.5 μ Gy·h⁻¹，有可能受到放射性污染的范围，应划为警戒区”要求，同时也可以满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中“控制区边界的周围剂量当量率不应超过 2.5 μ Sv/h”。为方便管理，本次评价以井口为中心周围 5m 范

区内划定为控制区；以井场围墙为边界，控制边界外井场围墙内划定为监督区；若井场场地受限，测井队可根据井场平面布置情况调整控制区和监督区边界；原则上要求控制区边界空气比释动能率小于 2.5μGy/h 或其他无关人员不可达。

三、个人年附加有效剂量估算

放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井程序中，产生辐射影响的主要环节是：释放器在搬运、安装和下井过程中放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 产生的 γ 射线穿透释放器防护体对外环境产生影响。一般情况下在，操作人员将释放器从运输车辆搬运到井口，用时约 1min，将释放器安装到测井仪器需用时约 5min，仪器下井时间约为 30min。操作时工作人员穿戴专用工作服，必要时应佩戴铅衣、铅手套等防护用品。

1、职业人员年附加有效剂量分析

(1) 估算模式

在现场测井过程中，安装、拆卸释放器时，操作人员需穿着铅衣进行操作，铅衣的厚度为 0.5mm。由《辐射防护手册》（第三分册 辐射安全）中表 2.12 可知， ^{131}I 发出的 γ 射线的主要射线能量值为 364.5keV，本次评价 γ 射线的能量按 200keV 与 500keV 对应铅的半值层厚度进行差值计算，则铅对 ^{131}I γ 射线的半值层厚度约为 3.7mm； ^{131}Ba 发出的 γ 射线的主要能量最大值为 496.3keV，本次评价 γ 射线的能量按 500keV 取，铅对 ^{131}Ba γ 射线的半值层厚度约为 5.6mm。

① γ 辐射剂量当量率估算公式

屏蔽状态下， γ 辐射剂量当量率估算公式如下：

$$D = \dot{D} \times K^{-1} = \dot{D} \times 2^{-\frac{dp}{HVT}} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

$$H = \sum W_R D \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

式中：

dp—屏蔽层厚度，mm；

HVT—半值层厚度，mm；

\dot{D} — γ 辐射空气吸收剂量率，Gy/h。

$\sum W_R$ —辐射权重因子， γ 射线取为 1；

H— γ 辐射剂量当量率，Sv/h。

② 年附加有效剂量估算公式

操作人员个人年有效剂量参考 UNSCEAR-2002 年报告中提出的模式进行。其个人年有效剂量计算模式如下：

$$H_r = D_r \times T \times 1 \times 10^{-6} \text{ (mSv)} \dots\dots\dots \text{ (式 11-5)}$$

式中：

H_r — γ 辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D_r — γ 辐射剂量率，nGy/h；

T—年工作时间，h；

1——剂量转换因子，Sv/Gy；根据《实用辐射安全手册》（第二版，从慧玲主编），权重因数取 1。

(2) 估算结果

西安荣达石油工程有限公司放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 年最大用量总计不超过 $9.99 \times 10^9 \text{ Bq}$ ，累计测井年最大工作量不超过 300 口/年；鉴于两种放射性同位素使用情况的不确定性， ^{131}I 或 ^{131}Ba 累计测井年最大工作量均有可能达到 300 口/年，故本次评价以最不利情况考虑， ^{131}I 或 ^{131}Ba 累计测井年最大工作量为 300 口/年时，估算职业人员年附加有效剂量。根据表 11-1 预测结果，使用放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井过程中职业人员年附加有效剂量见表 11-2。

表 11-2 测井过程职业人员年附加有效剂量估算表

放射性核素	操作工序	单次操作时间 (s)	年累计最大测井数量 (口)	年受照射时间 (h)	职业人员居留位置当量剂量率 (mSv/h)	职业人员年受照射剂量 (mSv/a)	
I-131	释放器搬运	60	300	5.00	6.24E-03	0.03	0.29
	释放器安装	300	300	25.00	6.24E-03	0.16	
	释放器下井	1800	300	150	6.93E-04	0.10	
Ba-131	释放器搬运	60	300	5.00	1.02E-02	0.05	0.47
	释放器安装	300	300	25.00	1.02E-02	0.25	
	释放器下井	1800	300	150	1.13E-03	0.17	

注：① 测井用非密封放射源在搬运和安装过程中，在释放器中暂存，本次评价均以距非密封放射源 0.5m（放射源裸露状态）来确定剂量率；② 释放器下井过程中，非密封放射源距离测井工作人员距离随时间推移增大，本次评价均 1.5m 处辐射剂量核算剂量率；③ 测井时，放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 不同时使用，同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 示踪测井最大工作量均有可能达到 300 口/年。

本项目使用的释放器中放射性同位素的量较少，活度较小，测井队有队员 5 名，除司机外，有 4 名操作人员；假设放射性同位素测井过程中，释放器的搬运、安装和下井由每组成员中的同一个人完成。测井时，放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 不同时使用，

同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 示踪测井累计最大工作量为 300 口/年，根据辐射剂量估算结果，职业人员在使用同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 示踪测井时年附加有效剂量分别为 0.29mSv、0.47mSv；可见，职业人员在使用同位素测井过程中，所承受的年附加有效剂量最大值为 0.47mSv，《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本环评提出的年管理剂量约束值（5mSv）。可见，在测井过程中，放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 产生的 γ 射线对放射性工作人员的影响很小。

2、公众年附加有效剂量分析

由于该公司测井工作现场比较偏僻，测井过程中在井口周围 5m 范围内划定为控制区，控制区四周设置“当心电离辐射”标志，设警戒线并配专人巡视；以井场围墙为边界，控制边界外井场围墙内划定为监督区。除测井操作人员外，一般公众不会靠近控制区，评价认为该项目运行不会对公众产生辐射影响。

四、放射性同位素测井对地下水环境影响分析

注水井主要是将油田处理后的采出水回注至油层中；放射性同位素测井过程中， ^{131}I 或 ^{131}Ba 直接释放于含水层中，会对地下水造成放射性污染。非密封放射源测井每次测井释放量较小（约 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ ），半衰期短（ ^{131}I 半衰期为 8.04d； ^{131}Ba 半衰期为 11.50d），10 个半衰期后， ^{131}I 或 ^{131}Ba 活度仅剩余 $3.23 \times 10^4 \text{Bq}$ ，基本不存在累积影响。含油层埋深一般在 1000m~5000m，上覆有隔水层，深层地下水基本处于封闭和缓慢运动交替状态；区内浅层地下水位高于深层地下水，故在天然状态下，不产生由下向上的越流补给，而且水质成分也存在着明显的差异，表明深层地下水与浅层地下水基本无水力联系。可见，非密封放射源测井对地下水环境的影响很小。

五、放射性废物影响分析

放射性废物主要为使用后的空释放器和测井过程中的废手套、口罩等放射性废物。

(1) 空释放器

测井结束后的空释放器，由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交河南双辐同位素应用技术有限公司清洗处理，对外环境影响小。

(2) 放射性固体废物

放射性同位素测井过程中，释放器操作人员必须佩戴手套和口罩，这些用品可能会受到污染成为放射性固体废物，约 0.1kg/口，本项目全年累计最大测井工作量为 300

口，含放射性的固体废物产生量约 30kg/a。本项目拟对含放射性的废物进行集中收集，由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交河南双辐同位素应用技术有限公司回收处置，对外环境影响较小。

六、废气对大气环境的影响

本项目由河南双辐同位素应用技术有限公司提供已分装含 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器，不开展放射性同位素的分装作业， ^{131}I 或 ^{131}Ba 密封于释放器内，基本不会产生放射性废气。

^{131}I 或 ^{131}Ba 衰变产生 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。由于测井地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

事故影响分析

一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-3。

表 11-3 辐射事故等级划分表

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

二、辐射事故识别

本项目的环境风险因子为 γ 射线，危害因素为射线超剂量照射。根据分析，该项目使用的放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 发生事故的主要类型为：

- (1) 装有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器丢失事故，导致公众超剂量照射；
- (2) 装有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器在操作过程中的撒漏事故；
- (3) 含有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的井水由井口回喷，污染井场环境事故。

由于释放器中所含的放射性同位素量较小 30ml, 0.9mCi (即 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$), 发生以上事故时, 可能导致职业人员或公众超剂量照射, 属于一般辐射事故。

三、辐射事故影响分析

1、释放器丢失事故影响分析

测井的放射性同位素源属于开放型放射源, 测井用非密封放射源暂存于释放器的防护舱内, 但由于其开放型的特性和野外作业等诸多因素, 可能存在保管不善, 发生释放器丢失、被盗, 造成公众超剂量辐射事故。根据《油(气)田非密封型放射源测井卫生防护标准》(GBZ 118-2002)中: “距离防护容器外表面 5cm 处的空气比释动能率不得超过 $25 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ”; 权重因数取 1, 经计算如果事故持续发生 40h, 将造成公众受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中 1mSv/a 剂量限值。

2、释放器丢失后裸源事故影响分析

由于公众对于放射源认识不足, 可能存在释放器被拾取或偷盗后, 释放器遭到破坏或放射源被取出, 造成公众超剂量辐射事故。

根据《辐射防护导论》(原子能出版社, 方杰著), γ 放射源裸源状态的剂量当量指数率按下式进行计算:

γ 射线: 距点源其他距离处的 γ 有效剂量率可按照公式 11-1~11-3 计算。由此计算的放射源裸露状态下, 放射源周围的剂量水平见表 11-4。

表 11-4 裸源情况下不同距离处的 γ 辐射剂量率估算 单位:mSv/h

距离 源强	0.05m	0.1m	0.5m	1m	1.5m	2m	3m	4m	5m
I-131	0.6851	0.1713	0.0069	0.0017	0.0008	0.0004	0.0002	0.0001	0.0001
Ba-131	1.0811	0.2703	0.0108	0.0027	0.0012	0.0007	0.0003	0.0002	0.0001

注: 单次测井放射性核素活度为 0.9mCi ($3.33 \times 10^7 \text{Bq}$)

距放射源 5cm 处, ^{131}I 、 ^{131}Ba 最大辐射剂量率为 0.6851mSv/h、1.0811mSv/h, 经计算如果 ^{131}I 、 ^{131}Ba 裸露事故持续发生 1.46h、0.92h, 将造成公众受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中“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算值不应超过下述限值: 年有效剂量, 1mSv”规定剂量限值。

3、释放器操作过程撒漏或井口回喷事故影响分析

测井过程中, 由于释放器操作人员未按操作规程开展工作, 导致放射性同位素撒

漏造成工作场所地面、仪器设备等受同位素粉末污染；由于井口封堵不严或井管压力过大导致含放射性同位素的井水回喷事故，造成工作场所大面积受污染。根据表 11-4 计算结果，距放射源 5cm 处（裸源状态下）， ^{131}I 、 ^{131}Ba 最大辐射剂量率为 0.6851mSv/h、1.0811mSv/h，经计算如果 ^{131}I 、 ^{131}Ba 撒漏等事故持续发生 72.98h、40.25h，将造成公众受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“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：任何一年中的有效剂量，50mSv”规定剂量限值。

四、风险防范措施

由于放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井存在发生事故的风险，所以必须制定相应的风险防范措施。

(1) 公司应制定严格的放射源管理制度，释放器运抵测井现场后，应及时进行接收登记，并安排专人看管，防止释放器处于无人监控的状态。

(2) 释放器在井下无法打开，应更换释放器重新下入井中释放放射性同位素，禁止在经常维修和打开释放器。

(3) 释放放射性同位素前，必须认真检查井口各闸门、井管压力与水流量正常，井管与套管通畅，井口丝堵与防喷盒结构严密后，按照常规操作程序释放。

(4) 制定并严格执行放射性同位素测井安全操作规程，防止事故发生。

(5) 制定放射源事故风险的应急预案，一旦发生事故能及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

五、风险应急措施

公司对放射性同位素示踪测井全过程中，对可能发生的事事故风险均采取了相应的防范措施，避免了事故的发生。一旦防范措施失控，立即启动事故风险应急预案。事故风险应急预案主要对事故风险进行迅速有效的处置，分析指出主要辐射危险，并将减少这些辐射危险的方法结合到实际中，以应对突发事件的发生。

1、处理原则

- (1) 尽早采取去污措施；
- (2) 选择合理的去污方法，防止交叉污染和扩大污染；
- (3) 穿戴有效的个人防护用品；
- (4) 详细记录事故过程和处理情况，档案妥善保管。

2、应急处理措施

(1) 放射性同位素洒漏应急处理措施

① 当发现同位素示踪剂洒漏事故时，立即通知现场作业人员立即撤出，同时标出一定的污染范围，防止非作业人员进入，由专业人员进行清污处理；

② 对井场周围进行 γ 辐射剂量率监测，划出污染范围。采取人工铲除地表污染土壤的办法清除，将清除的污染物装袋等达到清洁解控水平后作为一般工业固体废物处置；

③ 当皮肤或伤口受到污染时，应立即进行清洗；当眼睛受到污染时，应立即用水冲洗；如果放射性物质有可能吸入体内时，应立即通知医务人员，及时采取促排措施；

④ 清污人员对源洒漏现场进行必要的清污处置后，脱去表面污染的衣物置于衰变罐内，方可离开；

⑤ 污染区经去污后，经监测达到清洁解控水平后，方可开放；

⑥ 对源洒漏事故经过及处理过程详细记录并归档，同时查找事故原因，制定相关制度防止类似事故发生。

(2) 含放射性同位素的井水由井口回喷事故应急处理措施

① 发生此类事故，应立即封堵井口，并对井场周围进行 γ 辐射剂量率监测，划出污染范围。

② 对于小范围污染，可采取人工铲除地表污染土壤的办法清除。

③ 对于污染范围较大、人工铲除地表土壤不能彻底清除污染时，应对污染区设置围栏和放射性污染警示牌，禁止人员进入；对污染区进行监测，达到清洁解控水平后开放。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射安全与环境保护管理机构

西安荣达石油工程有限公司应成立以公司主要领导为组长，项目负责人为成员的辐射安全防护领导小组，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并安排专业人员兼职负责该公司辐射安全工作。

二、管理机构主要责任人职责

1、管理机构负责人职责

- (1) 加强放射性同位素安全使用的领导和防护管理，保证职工的安全与健康。
- (2) 负责贯彻督促有关使用部门执行劳动防护及各项规章制度。
- (3) 在安全、计划、布置、检查工作，放射性同位素所在区域作为重要部位，重点布置、检查，确保放射源使用安全。
- (4) 布置安排放射工作人员进行业务及安全技术知识培训。
- (5) 责成有关部门抓好安全保卫工作，管理好放射性同位素，严防丢失或被盗。

2、测井队长岗位职责

- (1) 负责设备的安全管理，组织设备安全检查，对查出的隐患问题落实整改；及时制止、纠正、处罚现场作业不安全行为。
- (2) 负责本队安全检查工作，每周组织一次全面安全检查，并及时落实隐患整改措施。
- (3) 负责制订、修订本队有关安全生产管理制度，并检查执行情况。
- (4) 负责编制本队安全技术、措施计划和隐患整改方案，及时上报和检查落实。
- (5) 做好职工的安全思想、安全技术教育工作，负责新工人入队和上岗前的安全培训教育。
- (6) 负责安排并检查本队安全活动，经常组织练兵活动。
- (7) 按照安全技术规范、标准的要求，负责本队井控装备、灭火器材、防护和急救器具的管理；提出改进意见和建议。
- (8) 参加本队事故的调查处理，负责统计分析，按时上报。
- (9) 健全完善安全管理基础资料，做到齐全、准确、规格化。
- (10) 发生事故时组织抢险和保护现场，按规定及时上报事故，配合调查处理。

三、人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

西安荣达石油工程有限公司拟为本项目调配 5 名辐射工作人员，辐射工作人员应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年 第 57 号）要求，新从事辐射活动的人员，应当通过环境保护部培训平台学习考核。

辐射安全管理规章制度

本项目进行非密封放射源测井活动，根据相关法律法规要求，西安荣达石油工程有限公司应制定的《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《放射性同位素管理制度》、《放射性同位素负责人岗位制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《放射性事故应急处理预案》等规章制度。

西安荣达石油工程有限公司需在取得《辐射安全许可证》且通过项目竣工环境保护验收合格后方可正式进行测井工作，测井过程中应严格按照规章制度执行，按照监测计划对辐射环境进行监测，编制年度辐射安全与环境管理评估报告。

辐射监测

一、辐射监测

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）和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关规定，本项目监测内容包括：个人剂量监测、工作场所监测。

1、监测仪器

按照相关要求西安荣达石油工程有限公司应为测井队配备 1 台 X-γ 剂量率检测仪和 1 台表面沾污仪；为每位放射性工作人员配备有个人剂量计，配备铅衣等个人

防护用品。

2、监测计划

根据西安荣达石油工程有限公司测井作业特点，制定辐射环境监测计划。个人剂量监测和工作场所监测的监测内容、监测点位布设及监测频次见表 12-1。

表 12-1 辐射环境监测计划表

序号	工作场所	监测项目	监测点位	监测频次
1	测井现场	空气比释动能率	测量井口周围、释放器连接操作位置	现场测井前、后各监测 1 次
			警戒线边界处	连接释放器、测井过程中监测 1 次
		放射性表面污染	测量井口周围地面 工作人员裸露皮肤、工作服和个人防护用品表面	现场测井前、后各监测 1 次
2	工作人员个人剂量	个人剂量当量	/	每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次

公司应严格执行此监测计划，并保存监测记录。

环评要求：项目投运后，需保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计；加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，做到定期送检，专人专戴；建立了放射性工作人员个人剂量档案，定期组织放射性工作人员体检；建立有放射工作人员个人健康档案。

二、环保投资估算

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关规定》，并根据项目实际情况，本项目环保设施（措施）要求及投资估算见表 12-2。

本项目总投资 200 万元，环保投资 8 万元，占总投资的 4.0%。

表 12-2 项目环保投资估算表

类别	环保设施/措施	数量	投资金额（万元）	备注
防护设施	辐射防护服	2 套	1.0	/
	大功率喊话器	1 个	0.1	/
	个人剂量报警仪	2 个	0.4	/
	安全警戒线	2 盘	0.1	/
	警示标志	若干	0.4	/
监测	表面沾污仪	1 台	3.0	/
	X-γ 剂量率检测仪	1 台	2.0	/
	个人剂量计	与人员配套	1.0	/
合计			8.0	/

三、竣工环境保护验收内容及要求

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），本项目竣工后，建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，及时对本项目配套建设的环境保护设施进行验收，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（建议）见表 12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收内容	防护措施	验收效果和环境预期目标
1	辐射安全与环境管理领导机构和辐射事故应急领导组织	设立以公司主管领导为组长相关部门负责人参加的辐射安全与环境管理领导小组，负责整个公司辐射安全与环境管理工作	以文件形式成立辐射安全与环境保护管理小组
2	辐射环境监测	监测工作场所放射性污染以及放射源所处状态，避免相关人员受到不必要的辐射	放射性工作场所及其周围环境进行监测，保存监测记录
3	工作场所设立电离辐射警示标志	防止无关人员进入边界以内的操作区域	测井现场区域边界设置警戒线以及电离辐射警示标志
4	监测仪器	测井队均应配备相应的监测仪器	含表面沾污仪、X-γ 剂量率检测仪、个人剂量计等
5	个人剂量档案和健康档案	进行放射性同位素操作时按要求佩戴个人剂量计，每个季度送有资质监测机构监测 1 次；并建立个人剂量档案和健康档案	确保相关人员安全：工作人员年有效剂量低于 5mSv，公众年有效剂量低于 0.25mSv
6	个人防护用品	测井队放射性同位素操作人员配备个人防护用品	配备铅衣、手套等个人防护用品
7	放射性工作人员资质	放射性工作人员均按要求参加生态环境部培训平台学习报名并通过考核	参加生态环境部培训平台学习报名并通过考核
8	标准化建设	按《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工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）要求进行标准化建设	制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《放射性同位素管理制度》、《放射性同位素负责人岗位制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《放射性事故应急处理预案》等规章制度 确保测井现场操作与管理的标准化

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，结合公司实际运行情况和本项目的事故工况分析，应制定《辐射事故应急预案》并成立事故应急组织机构，一旦发生事故及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理，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

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府环境保护主管部门报告；还应当同时向当地人名政府、公安部门和卫生主管部门报告。

表 13 结论与建议

<p>一、结论</p> <p>1、项目概况</p> <p>项目名称：西安荣达石油工程有限公司放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井项目</p> <p>建设单位：西安荣达石油工程有限公司</p> <p>建设性质：新建</p> <p>建设内容：利用放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 在延安地区开展示踪测井活动，每次仅使用一种放射性同位素，^{131}I 或 ^{131}Ba 不混合使用。放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 进行测井时，每口井单次用量约 $3.33 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.9mCi)，企业每天最大测井数量为 4 口，^{131}I 或 ^{131}Ba 日等效最大用量为 $1.332 \times 10^6 \text{Bq}$；企业同位素示踪测井年最大工作量为 300 口，$^{131}\text{I}$ 和 ^{131}Ba 的累计年最大用量为 $9.99 \times 10^9 \text{Bq}$；本项目放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 使用的工作场所属丙级非密封放射性物质工作场所。所需的放射性同位素及其分装、释放器运输、放射性废物处置委托河南双辐同位素应用技术有限公司和郑州交通运输集团有限责任公司承担。</p> <p>本项目总投资 200 万元，其中环保投资 8 万元，占总投资 4.0%。</p> <p>2、实践正当性结论</p> <p>西安荣达石油工程有限公司在延安地区开展放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井，主要用于测量注水井内的注水层位及注水量，为制定采油方案提供科学依据。其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。</p> <p>3、辐射安全与防护分析结论</p> <p>测井用非密封放射性同位素暂存于释放器中，测井队安排专人看管，并严格台账管理制度。现场测井操作人员，穿戴符合要求的专用工作服、口罩和手套等个人防护用品，并进行统一保管和处理。</p> <p>据预测，裸源情况下，距放射源 1.0m 处，^{131}I 的空气比释动能率为 $1.71 \mu\text{Gy/h}$；距放射源 1.5m 处，^{131}Ba 的空气比释动能率为 $1.20 \mu\text{Gy/h}$，小于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$。本次评价将测井井口为中心周围 5m 范围内划定为控制区；以井场围墙为边界，控制边界外井场围墙内划定为监督区；控制区边界处设置警告标志；可以满足《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》（GBZ118-2002）中要求，即“测井现场的空气比释动</p>
--

能率超过 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，有可能受到放射性污染的范围，应划为警戒区”，同时也满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中“控制区边界的周围剂量当量率不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

4、环境影响分析结论

(1) 职业人员年附加有效剂量

本项目使用的释放器中放射性同位素的量较之小，测井队有队员 5 名，除司机外，有 4 名操作人员；假设放射性同位素测井过程中，释放器的搬运、安装和下井由每组成员中的同一个人完成。根据辐射剂量估算结果，职业人员在使用同位素测井过程中，所承受的年附加有效剂量最大值为 0.47mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本次环评提出的年管理剂量约束值（ 5mSv ）。可见，在测井过程中，放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 产生的 γ 射线对放射性工作人员的影响很小。

(2) 公众年附加有效剂量

由于该公司测井工作现场比较偏僻，测井过程中在井口周围 5m 范围内划定为控制区，除测井操作人员外，一般公众不会靠近，基本不会对公众产生辐射影响。

(3) 对地下水环境影响分析

放射性同位素测井过程中， ^{131}I 或 ^{131}Ba 释放的目的层均为地下 1000m~5000m 含水层，一般不对此含水层进行开采，且每次测井释放量较小，半衰期短，基本不存在累积影响，对地下水环境的影响是可接受的。

(4) 放射性废物影响分析

测井作业过程中每年最多产生 300 个空释放器，约产生 30kg 放射性固体废物（手套、口罩等），按照合同约定由郑州交通运输集团有限责任公司运回，交河南双辐同位素应用技术有限公司处置。

(5) 废气环境影响分析

本项目无分装废气产生；测井过程使用 ^{131}I 或 ^{131}Ba ，其衰变产生 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x ，由于测井地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

5、环境影响可行性结论

西安荣达石油工程有限公司在延安地区开展放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井，主

要用于测量注水井内的注水层位及注水量，为制定采油方案提供科学依据，其带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合辐射防护实践的正当性要求，项目建设的目的是可行的。公司对该项目采取了辐射防护措施，使辐射影响达到了尽可能低的水平。

西安荣达石油工程有限公司只要严格执行国家相关法律法规和标准要求，建立健全各项规章制度，加强运行管理；切实落实本报告表中提出污染防治措施和建议，本项目对工作人员和公众产生的辐射影响就可以控制在国家标准允许的范围之内。因此从辐射环境保护角度分析，该项目可行。

二、建议和承诺

(1) 辐射操作人员必须通过生态环境部培训平台学习报名并通过考核，考核合格后才能上岗。

(2) 加强对员工的核与辐射安全知识培训，增强员工的安全意识和自我保护意识。每年开展一次辐射事故应急演练，增强事故应急能力，常备不懈。

表 14 审批

预审意见：

经办人：

单位公章

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见：

经办人：

单位公章

年 月 日