

目录

表 1	项目基本情况	4
表 2	放射源	8
表 3	非密封放射性物质	9
表 4	射线装置	10
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6	评价依据	12
表 7	保护目标与评价标准	14
表 8	环境质量和辐射现状	29
表 9	项目工程分析与源项	31
表 10	辐射安全与防护	45
表 11	环境影响分析	59
表 12	辐射安全管理	84
表 13	结论与建议	91

附件 附图

附件 1 委托书

附件 2 依托源库环评批复、验收意见

附件 3 源库租用协议

附件 4 放射源、放射性同位素运输资质

附件 5 类比监测报告

附件 6 关于成立辐射安全与环境保护管理领导小组的通知

附图 1 地理位置示意图

表 1 项目基本情况

建设项目名称		濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司放射源测井及放射性同位素示踪测井项目			
建设单位		濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司			
法人代表		联系人		电话	
注册地址		新疆巴州库尔勒市天山辖区过境路 10 号阳光·城市绿岛 8 栋 1 层 3 号			
项目建设地点		新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县			
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)	20	投资比例 10%
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 checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input checked="" type="checkbox"/> IV 类 <input checked="" 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	<input checked="" type="checkbox"/> 在野外进行放射性同位素示踪试验			
<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位简介</p> <p>濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司，成立于 2017 年，位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州，是一家以从事专业技术服务业为主的企业。经营范围包括石油钻采机械设备销售及技术服务、采油作业施工设备、井下工具销售及技术服务、石油开采、石油钻井、石油天然气工程技术服务等。</p> <p>1.1.2 项目由来</p> <p>濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在轮台、库车等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井业务，拟使用 2 枚 ²⁴¹Am-Be (II、IV 类)，3 枚 ¹³⁷Cs (V 类) 开展放射源测井工作以及使用放射性同位素 ¹³¹I 或 ¹³¹Ba。</p>					

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）中“五十五、核与辐射、“172、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；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；以上项目的改、扩建（不含已在许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的）”，应编制环境影响报告表。

根据《关于放射性同位素示踪测井有关问题的复函》的要求：放射性同位素示踪测井属于“在野外进行放射性同位素示踪试验”的一种形式。开展放射性同位素示踪测井活动前，应依法履行环境影响评价审批手续。需开展多次有计划的野外示踪试验的，其环境影响评价报告表可在试验前，对同一地质条件环境作一次总体评价，并报送审批。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司须对轮台、库车等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井工作进行一次总体的环境影响评价。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司于2024年1月委托乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司承担本次核技术应用项目的环境影响评价工作。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘、资料收集等工作，并按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响报告文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的基本要求，编制了该项目的环境影响报告表。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司使用放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 进行测井工作，每次仅使用一种放射性同位素， ^{131}I 或 ^{131}Ba 不混合使用。每口井单次用量约 $3.7\times 10^7\text{Bq}$ （1mCi），企业每天最大测井数量为2口， ^{131}I 或 ^{131}Ba 日等效最大操作量为 $7.4\times 10^5\text{Bq}$ 。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中非密封源工作场所的分级要求，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。

1.2 建设项目概况

1.2.1 项目名称及位置

(1) 项目名称：濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司放射源测井及放射性同位素示踪测井项目

(2) 项目场所位置：本次放射源测井及放射性同位素示踪测井位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县、库车市境内，油井井场一般都比较分散，分布范围较广，

多处于偏远地区。本项目放射性测井工作在油田压裂井口所在井场已征用土地范围内开展，不新增占地。

1.2.2 项目简介

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井工作。放射性同位素年测井年最大工作量为 50 口，放射源年测井年最大工作量为 50 口。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟购买放射性同位素（放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 均为分装好的成品）及放射源，暂存于中国石油化工股份有限公司西北分公司放射源库与射孔火工品库（以下简称源库）中。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司已和中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司签订了放射源库租用协议。

该源库于 2004 年 3 月 2 日取得原新疆维吾尔自治区环境保护局下发的《关于中国石油化工股份有限公司西北分公司放射源库与射孔火工品库建设项目环境影响报告书的批复》（新环控函[2004]73 号）；并于 2005 年 7 月 28 日取得原新疆维吾尔自治区环境保护局下发的竣工环保验收批复（新环控验[2005]7 号），依托工程环评批复、验收意见见附件 2。源库租用协议见附件 3，放射源、放射性同位素运输资质见附件 4。

综上所述，本次评价主要仅针对测井现场进行的放射源、放射性同位素示踪试验，对放射源、放射性同位素的运输过程仅提出辐射安全防护措施要求，放射性同位素的生产、分装工作不在本次评价范围内。

1.2.3 建设内容及规模

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县开展放射源测井及放射性同位素示踪测井工作。拟使用 2 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ （II、IV 类），3 枚 ^{137}Cs （V 类）开展放射源测井工作；拟使用 ^{131}I 或 ^{131}Ba 放射性同位素示踪测井工作， ^{131}I 或 ^{131}Ba 日等效最大操作量为 $7.4 \times 10^5 \text{Bq}$ ，属丙级非密封放射性物质工作场所。放射源年测井年最大工作量为 50 口，放射性同位素年测井年最大工作量为 50 口。

(1) 非密封放射性物质使用情况

^{131}I 、 ^{131}Ba 示踪剂为非密封放射性物质，外形为微球，是颗粒形状的球体，用于石油注水井的测量，单次测井用量一般为 $0.1 \sim 1.0 \text{mCi}$ 。根据建设单位提供资料，本项目使用

的放射性同位素为表面污染水平较低的固体，¹³¹I 或 ¹³¹Ba 同位素示踪测井年最大操作数量为 50 口井；本项目单次测井用量按 1mCi（3.7×10⁷Bq），每天测井数量最多 2 口井（¹³¹I 和 ¹³¹Ba 不同时使用）。

本项目所使用的非密封放射性物质的使用情况见表 1-1。

表 1-1 拟使用的非密封放射性物质

工作场所名称	核素	毒性组别	操作方式	日最大使用量 (mCi)	日最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
非固定场所	¹³¹ I	中毒	简单操作	2	7.40E+07	1.85E+09
	¹³¹ Ba					
备注：本次使用核素的半衰期较长，本次评价实际操作量与计划量一致						

(2) 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 1-2。

表 1-2 非密封源工作场所的分级

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

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

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	简单操作 (10)	简单操作 (10)
日等效操作量计算	7.40E+07×0.1/10	7.40E+07×0.1/10
日等效操作量 (Bq)	7.40E+05	7.40E+05

因本项目非密封源的工作场所日等效操作量为 7.40E+05 Bq < 2.00E+07，则本项目属于丙级非密封源工作场所。

(3) 放射源使用情况

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟使用 2 枚 ²⁴¹Am-Be (II、IV 类)，3 枚 ¹³⁷Cs (V 类) 开展放射源测井工作，拟使用的放射源情况见表 1-5。

表 1-6 拟使用的放射源

序号	核素名称	放射性活度		放射源 类别	数量 (枚)	活动种类	用途
		Bq	Ci				
1	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	18	II 类	1	使用	测井、刻度
2	²⁴¹ Am-Be	1.48×10 ¹⁰	0.4	IV 类	1	使用	校验
3	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹⁰	2	V 类	1	使用	测井、刻度
4	¹³⁷ Cs	1.85×10 ⁷	5.0×10 ⁻⁴	V 类	1	使用	校验源, 为双胞胎源, 置于一个源罐内
5	¹³⁷ Cs	1.48×10 ⁶	4.0×10 ⁻⁵	V 类	1	使用	

1.2.4 人员配备情况

为降低测井工作过程中对工作人员辐射影响，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司

公司巴州分公司拟针对放射性同位素、放射源测井工作组建 2 支新的测井队，每个测井队有队员 6 名（包括 1 名队长、1 名安全员、4 名操作人员），测井队队员均为新增人员，职责分工如下：

队长：全面负责项目的实施工作。

安全员：负责现场安全方案制定、监督现场施工人员的安全防护、施工过程中剂量的监测、施工前后对人员环境和物品的沾污监测。

操作人员：负责放射性同位素或放射源测井仪的操作工作。

技术员（由操作人员兼任）：负责实施方案的制定、实施过程中与甲方的对接工作、施工指挥、报告编写及验收。

值守人员（由操作人员兼任）：在放射性同位素或放射源运抵施工现场后，负责对放射性同位素或放射源的值守工作。

1.3 产业政策符合性分析

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在轮台、库车等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井业务，系核技术在工业领域内的运用，属《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中规定的鼓励类第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”。因此，本项目符合国家有关的产业政策。

1.4 实践正当性

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县开展放射源测井及放射性同位素示踪测井工作，为制定采油方案提供科学依据，具有明显的社会效益。项目运行中，在落实相应辐射防护制度与措施前提下，项目对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”原则。

1.5 现有核与辐射项目情况

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟开展放射源测井及放射性同位素示踪测井工作，无现有核技术利用项目。

1.6 辐射安全管理现状

（1）辐射防护管理组织

为了后期更好的开展放射性同位素及放射源示踪测井工作，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司已成立辐射防护管理组织，成立了辐射安全与环境保护管理领导小组的通知。

（2）辐射安全管理制度

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟制定、执行《辐射防护制度》、《放射性同位素操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全保卫制

度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训制度》、《台帐管理制度》、《三废处理制度》、《辐射事故应急预案》等规章制度，相关制度能对放射源、非密封放射性物质工作场所进行全面的监督管理，避免辐射事故的发生。

（2）放射工作人员管理制度

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟组建 2 支新的测井队，共计 12 名辐射工作人员，目前，12 名辐射工作人员暂未配置到位。本次环评提出，辐射工作人员上岗前必须通过生态环境部组织的辐射安全与防护培训考核并取得合格证书；辐射工作人员上岗前，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司必须为辐射工作人员配备铅衣、手套、个人剂量报警仪等个人防护用品；必须组织辐射工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查并建立相应的个人剂量档案和职业健康监护档案。

综上，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司在落实上述管理要求的前提下，开展放射性同位素及放射源示踪测井工作的辐射安全管理依托可行。

1.7 评价目的

对该项目放射性同位素及放射源示踪测井过程中的辐射环境影响进行分析，对周围环境可能产生的不利影响和存在的问题提出对应的辐射防护措施，确保测井过程中的辐射活动满足国家标准规定，并且达到“合理可行尽量低”的水平。

1.8 项目周边保护目标以及场址选址等情况

本项目放射性同位素压裂示踪测井位于轮台、库车等地油田井区内，油井井场一般都比较分散，分布范围较广，项目周边无学校、居住区等人员集聚区域。环境保护目标主要为濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司从事放射性测井作业的辐射工作人员、测井现场周围活动的其他公众人员本项目为流动式作业，不在某一场所长期作业，不存在选址分析。项目所涉及的地理位置见附图 1。

1.9 “三线一单”符合性分析

根据《新疆维吾尔自治区“三线一单”生态环境分区管控方案》（新政发〔2021〕18号）《新疆维吾尔自治区七大片区“三线一单”生态环境分区管控要求》（新环环评发〔2021〕162号）《巴音郭楞蒙古自治州“三线一单”生态环境分区管控方案》以及《阿克苏地区“三线一单”生态环境分区管控方案》（阿行署发〔2021〕81号），本工程所在区域属于天山南坡(巴州、阿克苏地区)片区，不在划定的生态保护红线内。本项目涉及中石化西北油田分公司采油二厂重点管控单元(ZH65290220011)、轮台工业园区重点管控单元(ZH65282220004)。工程实施后通过采取完善的污染治理措施及生态保护措施，不会对本工程所在区域大气环境、地表水环境、声环境、地下水、土壤环境、生态环境产生明显影响，工程建设符合“巴音郭楞蒙古自治州三线一单生态环境分区管控方案”及“阿克苏地区三线一单生态环境分区管控方案”的生态环境准入清单要求。

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
1	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹ ×1枚	II类	使用	测井、刻度	油田井场	密封在源罐内；租用源库进行暂存，不进行测井作业时委托其代为保管。	/
2	²⁴¹ Am-Be	1.48×10 ¹⁰ ×1枚	IV类	使用	校验	油田井场		/
3	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹⁰ ×1枚	V类	使用	测井、刻度	油田井场		/
4	¹³⁷ Cs	1.85×10 ⁷ ×1枚	V类	使用	校验源，双胞胎源，置于一个源罐内	油田井场		/
5	¹³⁷ Cs	1.48×10 ⁶ ×1枚	V类	使用		油田井场		/

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	7.40E+07	7.40E+05	1.85E+09	示踪测井	简单操作	油井井场	贮存在释放器内
2	¹³¹ Ba	固态	使用	7.40E+07	7.40E+05	1.85E+09	示踪测井	简单操作	油井井场	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

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
退役放射源	固态	/	/	/	/	/	/	返回放射源生产厂家处置或交由城市放射性废物库处置
操作过程中产生的手套、口罩、棉纱	固态	¹³¹ I ¹³¹ Ba	/	/	20kg	/	放射性废物暂存箱	存放10个半衰期后，作为一般废物处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（修订），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》（2021 年版）；</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》（修订），2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（修订），2021 年 1 月 4 日；</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；</p> <p>(9) 《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）；</p> <p>(10) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（公告 2017 年 第 65 号）；</p> <p>(11) 《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）；</p> <p>(12) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院第 562 号令；</p> <p>(13) 《放射性物品运输安全许可管理办法》，环保部 11 号令；</p> <p>(14) 《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>(15) 《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>(16) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》，新疆维吾尔自治区人民政府令第 192 号，2015 年；</p> <p>(17) 《关于放射性同位素示踪测井有关问题的复函》（环办法规函〔2018〕1253 号）；</p> <p>(18) 《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》（T/BSRS 052-2021）。</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》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）；</p> <p>(3) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）</p> <p>(4) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；</p> <p>(5) 《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>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(7) 《核技术利用设施退役》（核安全导则 HAD401/14-2021）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 源库储运协议；</p> <p>(4) 建设单位提供的其他资料；</p> <p>(5) 《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查报告》（1989年）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（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。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。本项目放射性同位素测井现场属于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物质测井区域周围 50m 区域。本项目放射源测井现场属于无实体边界的放射源应用项目的评价范围，故确定评价范围为放射源测井现场区域周围 100m 区域。

7.2 保护目标

本项目放射性同位素及放射源测井项目位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县轮台、库车等地的油井井场内，油井井场一般都比较分散，分布范围较广，多处于偏远地区，井场周边多为戈壁、荒漠，测井区域周围 50m、100m 范围内无住户。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司计划新组建 2 个测井队，每个测井队有队员 6 名。环境保护目标主要为濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司从事放射性测井作业的辐射工作人员、测井现场周围活动的其他公众人员。

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（人）	相对方位	距放射性同位素距离（m）	影响因子	剂量约束值（mSv/a）	影响人群
1	测井队放射性同位素、放射源操作人员	8	四周	0.5~11	电离辐射	5	辐射工作人员
2	测井队其他工作人员	4	四周	11~50		5	
3	井场工作人员、司机	2~4	四周	11~50		0.1	公众
4	其他公众	临时路过人员	四周	>50		0.1	

备注：井场工作人员为测井现场固定值守人员

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准内容摘录

7.3.1.1 标准相关内容（原文）

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

标准附录 B 剂量限值 and 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（表 7-2）所列。

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	
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 B11（表 7-2）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。

7.3.1.2 环评要求年剂量约束值及控制水平

(1) 年剂量约束值

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 款中“可合理达到的尽量低水平”的规定，并结合本项目辐射工作人员剂量估算结果，本次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，作为辐射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 1/10, 作为公众的年受照剂量约束值, 即 0.1mSv/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。

7.3.2 《油气田测井放射防护要求》(GBZ 118-2020) 标准内容摘录

7.3.2.1 标准相关内容(原文)

本标准规定了使用放射源、非密封放射性物质及中子发生器进行油气田测井的放射防护要求和检测要求。

本标准适用于油气田中使用放射源、非密封放射性物质及中子发生器进行油气田测井实践的放射防护与检测。

4 通用要求

4.1 放射源应符合 GB 4075 中对油气田测井放射源的要求, 确保密封性能可靠。放射源应有放射源编号与放射源核素(包括中子源靶核素) 名称或符号。应有放射源的说明资料, 其内容至少包括: 放射源编号、核素名称、活度、辐射类型、所用射线的辐射输出量率(或注量率) 及其测量日期、表面污染与泄漏的检测结果和检测日期等。

4.2 测井用非密封放射性物质的操作应符合 GB11930 中有关的辐射防护原则与要求, 尤其注意以下几点:

a) 在满足测井技术要求的条件下, 选用毒性低、 γ 辐射能量较低、半衰期较短的放射性核素, 并尽量减少使用及贮存的活度;

b) 采用远距离操作, 尽量选用机械、自动和密闭的方式操作;

c) 熟练操作技术, 努力缩短操作时间;

d) 及时处理放射性污染, 防止污染的扩散;

e) 尽量减少液体、固体等放射性废物的产生;

f) 加强安全防护管理, 防止放射性污染事故的发生;

g) 按照 GB18871 的要求, 根据油气田测井中使用放射性核素的日等效最大操作量, 对非密封放射性物质测井工作场所进行分级管理。

4.3 采用新技术新方法时, 应通过“模拟试验”确认切实可行, 并经使用单位组

织的相关专家确认操作规程后，方能正式操作。

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

5 贮存、运输及测井现场的放射防护要求

5.1 贮存、放射性实验室的放射防护要求

5.1.1 贮存、放射性实验室的放射防护要求

5.1.1.1 贮存或载运放射源及非密封放射性物质的罐（桶）（以下简称源罐）应便于搬运和放射源的取出、放入，应单源单罐且能锁定；源罐的外表面应有放射源编码、核素种类、出厂活度和出厂时间的标签，并按照 GB 2894 的规定印有醒目的电离辐射标志和使用单位的名称。贮存能释放 β 射线的放射性核素的贮存运输容器壁厚应大于 β 射线在该容器材料中的最大射程， β 射线最大能量在 1 MeV 以上时，应采取韧致辐射屏蔽措施。

5.1.4 所有示踪剂都应盛放于严密盖封的容器（指直接盛放非密封放射性物质的容器，下称内容器）内，然后根据其辐射特性再放入具有一定屏蔽能力的贮存运输容器中。内容器及由厂家直接提供的含非密封放射源井下释放器应附有生产批号和放射性核素名称、化学形式、物理状态、活度与标定日期的标签及醒目的电离辐射标志的标签，并附有含上述内容的说明书。盛装放射性示踪剂的容器应选用质地坚韧不易损坏、破裂，并具有良好密封性能的容器。释放器表面应设置醒目的电离辐射标志。

5.1.10 操作非密封放射性物质前，应做好充分准备工作，熟悉操作程序，核对放射性物质名称、出厂日期、总活度、分装活度，检查仪器设备是否正常，通风是否良好，检查实际活度是否与标示活度一致。吸取放射性溶液时，应使用吸球或虹吸装置，严禁用口吸取。工作场所要经常湿式清扫，清洁工具不应与非放射性区清洁用具混用。

5.1.14 测井用放射源源罐载源时，离放射源源罐表面 5 cm 处由透射导致的周围剂量当量率不大于表 1 的控制值。

表1 测井用放射源源罐载源时表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制值

源罐内 源种类	放射性核素活度 GBq (Ci)	源罐载源时表面 5 cm 处周围剂量当量率控制值	
		由非中子透射导致的周围剂量当量率控制值	由中子透射导致的周围剂量当量率控制值
中子源	> 185 (5)	≤ 2 mSv/h	≤ 10 mSv/h
	≤ 185 (5)	≤ 1 mSv/h	≤ 5 mSv/h
γ 源	> 18.5 (0.5)	≤ 2 mSv/h	—
	≤ 18.5 (0.5)	≤ 1 mSv/h	—

5.1.15 距非密封放射性物质防护容器外表面 5cm 处的周围剂量当量率不应超过 25μSv/h，100cm 处的周围剂量当量率不应超过 2.5μSv/h。非密封放射性物质贮存运输容器外表面及非密封放射性物质源库内地面及台面的放射性污染，α放射性物质不应超过 0.4Bq/cm²，β放射性物质不应超过 4Bq/cm²。

5.2 运输及测井现场的放射防护要求

5.2.1 放射性核素外部运输时，其放射性包装和运输工具应符合 GB11806 的规定。运源车应配备随车放射监测仪器及随车记录，随车记录应有所运放射源编码、核素种类、出厂活度、出厂时间、装车及卸车时间、装车及卸车检测记录、运输及驻留记录等信息。

5.2.2 运源车内外由中子、γ射线及韧致辐射导致的周围剂量当量率之和应不大于下表 2 的控制值。

表2 运源车内外的周围剂量当量率控制值

位置	运源车内外的周围剂量当量率控制值	
	专用运源车	兼用运源车
驾驶员座椅	≤ 2.5 μSv/h	≤20 μSv/h
车厢外表面 30 cm 处	≤ 100 μSv/h	≤200 μSv/h
车厢外表面 200 cm 处	≤ 2.5 μSv/h	≤20 μSv/h
兼用运源车年运送放射源时间不应超过50 h。 当兼用运源车驾驶员的年个人剂量得到严格控制时，周围剂量当量率可以适当放宽，但不应超过其2倍。		

5.2.3 进行放射源操作时应根据放射源活度，采取操作距离、操作时间和防护屏蔽等措施，以保证操作人员所受剂量控制在可以合理做到的尽可能低的水平。可使用监控设施全过程记录放射源的操作，以便核实放射工作人员近距离接触放射源时间。放射源回收后应使用仪器检测确认源罐中是否具有放射源并记录。

5.2.4 搬运或传递放射源的工具应操作灵活、使用方便、性能可靠，并使放射源与人体间保持适当的距离，不应徒手操作放射源。无机械化操作时，根据源的不同活度，应使用符合下列要求的工具：

a) 大于等于 185GBq (5Ci) 的中子源和大于等于 18.5GBq (0.5Ci) 的 γ 源, 操作工具柄长不小于 100cm;

b) 小于 185GBq 的中子源和小于 18.5GBq 的 γ 源, 操作工具柄长不小于 50cm。

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 μ Sv/h。

5.2.6 进行更换放射源外壳、密封圈或盘根等特殊操作时, 应有专用操作工具和防护屏蔽等设备, 防护屏蔽靠人体一侧的周围剂量当量率应小于 1mSv/h。应先使用模拟源进行熟练操作后再对真源进行操作。操作人员应佩戴个人剂量报警设备, 轮流操作, 减少操作时间。

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。

6 放射性废物的处置要求

6.1 退役放射源、放射性液体和固体废物应按 GB 14500 的规定执行。

6.6 放射性污染事故的处理原则与应急措施参照附录 A 进行。

7 油气田测井的放射防护检测要求

7.1 测井用放射源的放射防护检测要求

7.1.1 新放射源与设备投入测井使用前应进行下列项目检测:

a) 源库及测井现场辐射场周围剂量当量率;

- b) 放射源的泄漏检测；
- c) 放射源源罐表面、操作工具和下井仪器的放射性污染检测；
- d) 源罐与防护屏蔽等的防护效果；
- e) 源库内贮源坑（池）与贮源箱屏蔽效果，源库屏蔽墙外周围剂量当量率；
- f) 运源车内、外周围剂量当量率；
- g) 装、卸源操作工具的长度和机械性能。

其中 d)、e)、f) 的检测应采用经过检定校准的合适仪器现场选点检测，检测点的选择应视具体工作情况而定。

7.2 测井用非密封放射性物质的放射防护检测要求

7.2.1 新建非密封放射性物质工作场所投入使用前应进行下列项目检测：

- a) 所有放射性核素的容器及其外包装，贮存和运输设备，外照射周围剂量当量率和表面放射性污染；
- b) 实验室操作前、后，工作场所外照射周围剂量当量率水平和表面污染；
- c) 实验与测井操作人员工作结束离开实验室或现场时，其裸露皮肤、工作服和个人防护用品的放射性污染；
- d) 源库内贮源坑（池）与贮源箱屏蔽效果，源库屏蔽墙外周围剂量当量率；
- e) 运源车内、外周围剂量当量率。

7.2.2 投入使用后的检测：

对 7.2.1 中 a)、d)、e) 项应每年进行一次检测；7.2.1 中 b) 项每月进行一次检测；7.2.1 中 c) 项每次工作完成后均应进行，发现污染应及时去污。

7.4 个人剂量监测

7.4.1 个人剂量监测应按照 GBZ128 的要求进行，单纯使用 γ 放射源的油气田测井放射工作人员可仅进行光子个人剂量计监测，对于可能使用中子源或中子发生器的油气田测井放射工作人员个人剂量计应能同时满足对 γ 射线和中子剂量监测。

7.4.2 新型放射源、新型测井设备或测井新工艺投入测井使用前，应对测井全过程操作人员的累积剂量进行评估。

7.7.3 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）标准内容摘录

7.7.3.1 标准相关内容（原文）

5 安全操作

5.1 一般要求

5.1.1 为开展辐射防护管理工作并对职业照射进行控制，非密封源工作场所应实行严格的分区、分级、管理，分区、分级管理的措施，应遵循 GB18871-2002 的要求。

5.1.2 宜在辐射工作场所的醒目位置悬挂(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其职责。

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。

5.1.7 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 操作过程中所用的设备、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。储存放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。

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的套桶。

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。

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。

6.2 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管，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、空气中放射性同位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 23 的可能性与大小进行确定。附录 A 给出了一种可供参考的工作场所常规监测的内容与

周期（见表3）。

表 3 工作场所常规监测的内容与周期

工作场所级别	表面放射性污染	气载放射性核素的浓度	工作场所辐射水平
甲	2周	1周	2周
乙	4周	2周	2周
丙	8周	4周	4周

7 放射性废物管理

7.1 一般要求

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。

7.1.4 应做好废物产生、处理、处置(包括排放)的记录，建档保存。

7.3 放射性固体废物

7.3.1 产生放射性固体废物较多的单位应当建立固体废物暂存库，确保储存的废物可回取。

7.3.2 操作非密封源的单位产生的废物(包括废弃的放射源)，应按要求送指定的废物库暂存。送贮的废物应符合送贮条件。

7.3.3 对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。

9 非密封放射源的管理

9.1 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、库存账、消耗账），并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。

9.2 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。

9.3 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。

9.4 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)。

9.5 存放非密封放射源的库房应采取安保措施,严防被盗、丢失。

9.6 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。

7.7.4 《放射性测井辐射安全与防护》(HJ 1325—2023)标准内容摘录

7.7.4.1 标准相关内容(原文)

1 适用范围本标准规定了油气田放射性测井的放射源、非密封放射性物质和中子发生器的使用、贮存和运输等活动应遵循的辐射安全与防护要求。本标准适用于油气田放射性测井活动中辐射工作人员和公众的辐射安全与防护管理。

4 一般要求

4.1 在规划、设计、开展放射性测井活动的过程中,应遵循辐射实践正当性、剂量限制和潜在照射危险限制、防护与安全最优化等辐射防护要求。

4.2 对放射性测井活动中不同阶段的安全与防护措施进行最优化评价与持续改进。在满足测井技术要求的条件下,选用毒性低、辐射能量适中、半衰期短的放射性核素,并尽量减少使用及贮存的活度。

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

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

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

4.6 放射性测井活动中产生的废旧放射源应送交有资质的放射性废物集中贮存单位贮存,其中 I 类、II 类、III 类废旧放射源,按有关规定优先交回生产单位或原出口方。

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

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

8 辐射监测

8.1 一般要求

8.1.1 放射性测井单位应制定辐射监测方案，并按照方案落实各项监测。

8.1.2 辐射监测记录应建档保存，测量记录包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器及其编号、测量时间和测量人员等信息。

8.1.3 应及时对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时调查原因并报告发证机关，同时采取去污等辐射防护整改措施

8.2 辐射工作场所及环境监测

8.2.1 放射性测井单位应对源库、实验室工作场所及周围辐射水平进行辐射监测，监测频次每年至少一次。贮存或载运放射源的容器一般每年进行一次辐射水平监测。

8.2.2 放射性测井单位辐射工作场所及周围环境的辐射监测点位、项目和频次应包括但不限于表 2 的内容。

表2辐射工作场所及周围环境辐射监测主要内容

监测点位	监测项目	监测频次
源库、实验室、临时存放库四周屏蔽体外30cm处及周围环境。源库贮源坑防护盖、贮源柜和贮源箱表面30cm处	γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率（如有中子源）、放射性表面污染水平（如有非密封放射性物质）	不少于1次/年
放射性测井现场辐射源贮存设施屏蔽体外、控制区边界外	γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率或中子计数率（如有中子源）	含源测井仪操作及存放时
放射性测井现场井口及周围环境	γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率或中子计数率	每次中子发生器停止运行后
非密封放射性物质测井现场井口附近的地面、井口相关设备表面、对操作人员手、皮肤及体表暴露部分及工作服、手套、鞋帽等个人防护用品	放射性表面污染水平	每次非密封放射性物质测井后
运输货包外表面5cm、车辆驾驶员座位、车辆外表面30cm处、2m处等	γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率（如有中子源）	启运前
中子发生器测试、刻度控制区边界外；放射性测井仪校准区域控制区边界外	中子周围剂量当量率或中子计数率（如有中子源）、 γ 周围剂量当量率	中子发生器测试、刻度时

9 应急准备和响应

9.1 放射性测井单位应制定辐射事故应急预案，定期进行人员应急培训和应急演练，保持应急响应能力。

9.2 放射性测井单位应配备以下应急物资：a) 应急处理工具（如长柄钳等）；b) 个人防护用品（如铅衣、辐射报警仪等）；c) 电离辐射警告标志和标识线；d) 应急放射源屏蔽材料或容器；e) 消防和通讯设施、设备。

9.3 发生含放射性同位素示踪剂的井水由井口回喷污染井场环境时，或发现放射源破损时，应对井口周围进行辐射环境监测，核实污染范围、污染状况。将受污染的物质收集储存，并按规定分类进行处理。

9.4 发生放射源落井时，应根据现场情况确定科学、合理的打捞方案，采取可行的安全打捞措施，避免放射源破裂。打捞失败时，应进行封井处理，安装永久性的识别牌（海上平台落井情况除外），识别牌包括以下内容：

- a) 电离辐射警告标志及适当的警告语；
- b) 井名、井号或其他名称；
- c) 测井放射源的核素、活度、编码等信息；
- d) 井斜、深度、弃源深度和地表定位坐标；
- e) 弃源立牌日期；
- f) 其他安全声明。

7.7.5 放射性固体废物免管水平及测井现场清洁解控水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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 B11（报告中表 7-2）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同意后，可当作普通物品使用。

本项目可能存在沾污的物品主要为手套、口罩、棉纱、测井用释放器等，本次评价按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作服、手套、工作鞋清洁解控标准作为本次放射性固体废物的免管标准，即 β 表面污染小于等于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中墙壁、地面监督区清洁解控标准作为本次测井现场的清洁解控标准，即 β 表面污染小于等于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

根据以上要求，在示踪测井前做好相关监测，示踪测井后的工作场所辐射剂量率满足所处环境本底水平。

7.7.6 剂量限值要求

本项目主要评价标准及限值要求见表 7-3。

表 7-3 项目主要评价标准及限值要求汇总表

序号	项目		控制限值		执行标准
1	年剂量管理目标值		辐射工作人员：5mSv/a 井场工作人员及公众：0.1mSv/a		GB 18871-2002
2	距非密封放射性物质防护容器外表面	5cm 处	$\leq 25\mu\text{Sv/h}$		GBZ 118-2020
		100cm 处	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$		
3	非密封放射性物质贮存运输容器外表面 β 放射性物质		$\leq 4\text{Bq/cm}^2$		GBZ 118-2020
4	控制区边界		$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$		GBZ 118-2020
5	工作场所的放射性表面污染控制水平	工作台、设备、墙壁、地面	控制区	$\beta \leq 4 \times 10^3 \text{Bq/cm}^2$	GB 18871-2002
			监督区	$\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$	
		工作服、手套、工作鞋	控制区	$\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$	
			监督区		
手、皮肤、内衣、工作袜	$\beta \leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$				
6	放射性固体废物免管水平、测井现场清洁解控水平	β 表面污染控制水平	$\beta \leq 0.08 \text{Bq/cm}^2$		GB 18871-2002
		辐射剂量率	经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平		参照 HJ1188-2021、《核技术利用设施退役》（核安全导则 HAD401/14-2021）要求
7	放射源源罐载源时表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制值	中子源（活度 $> 185 \text{GBq}$ （5Ci））	由非中子透射导致 $\leq 2 \text{mSv/h}$	由中子透射导致 $\leq 10 \text{mSv/h}$	GBZ 118-2020
		中子源（活度 $\leq 185 \text{GBq}$ （5Ci））	由非中子透射导致 $\leq 1 \text{mSv/h}$	由中子透射导致 $\leq 5 \text{mSv/h}$	
		γ 源（活度 $> 18.5 \text{GBq}$ （0.5Ci））	$\leq 2 \text{mSv/h}$		
		γ 源（活度 $\leq 18.5 \text{GBq}$ （0.5Ci））	$\leq 1 \text{mSv/h}$		

8、非辐射环境评价标准

(1) 水环境

评价范围地处戈壁荒漠，无地表径流。评价范围内地下水环境执行《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)中的III类标准，地下水标准值见表 7-4。

表 7-4 地下水质量标准

项目	pH	硫酸盐	氯化物	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	氨氮	铁	锰	汞
标准	6.5~8.5	≤250	≤250	≤1.0	≤20	≤0.5	≤0.3	≤0.1	≤0.001
项目	砷	锌	铜	铅	六价铬	氟化物	挥发酚	氟化物	TDS
标准	≤0.01	≤1.0	≤1.0	≤0.01	≤0.05	≤0.05	≤0.002	≤1.0	≤1000
项目	耗氧量	总硬度	硫化物	苯	甲苯	二甲苯	总大肠菌群		
标准	≤3.0	≤450	≤0.02	≤0.01	≤0.7	≤0.5	≤3.0个 MPN/100mL		
执行标准	《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)III类标准								

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

8.1.1 项目地理和场所位置

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在轮台、库车等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井业务，均为流动式作业，不在某一场所长期作业。项目区域地理位置见附图 1。

8.1.2 环境质量和辐射现状

本项目涉及放射性同位素及放射源，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。本项目不涉及源库的建设，其同位素示踪测井作业现场为丙级非密封源工作场所，且濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司开展的非密封放射源测井为流动式作业，不在某一场所长期作业，故本次评价对项目场址及评价范围内的贯穿辐射水平采用《新疆维吾尔自治区生态环境状况公报（2022 年）》（2023 年 5 月）中巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区的辐射环境质量监测数据。

根据《新疆维吾尔自治区生态环境状况公报（2022 年）》的结论：2022 年全区环境电离辐射水平保持稳定， γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量处于当地天然本底涨落范围内，空气中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。全区重点河流水中总 α 和总 β 活度浓度处于正常环境水平。根据 2022 年全区辐射环境自动监测站实时连续空气吸收剂量率分布图可知，巴音郭楞蒙古自治州的辐射环境质量现状水平为 70~100nGy/h 之间，对比《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查报告》（1989 年），巴音郭楞蒙古自治州天然贯穿辐射室外剂量率为 $7.62 \times 10^{-8} \sim 21.81 \times 10^{-8}$ Gy/h（76.2~218.1nGy/h），阿克苏地区天然贯穿辐射室外剂量率为 $5.36 \times 10^{-8} \sim 15.37 \times 10^{-8}$ Gy/h（53.6~153.7nGy/h），开展放射性核素测井区域辐射现状处于正常水平。

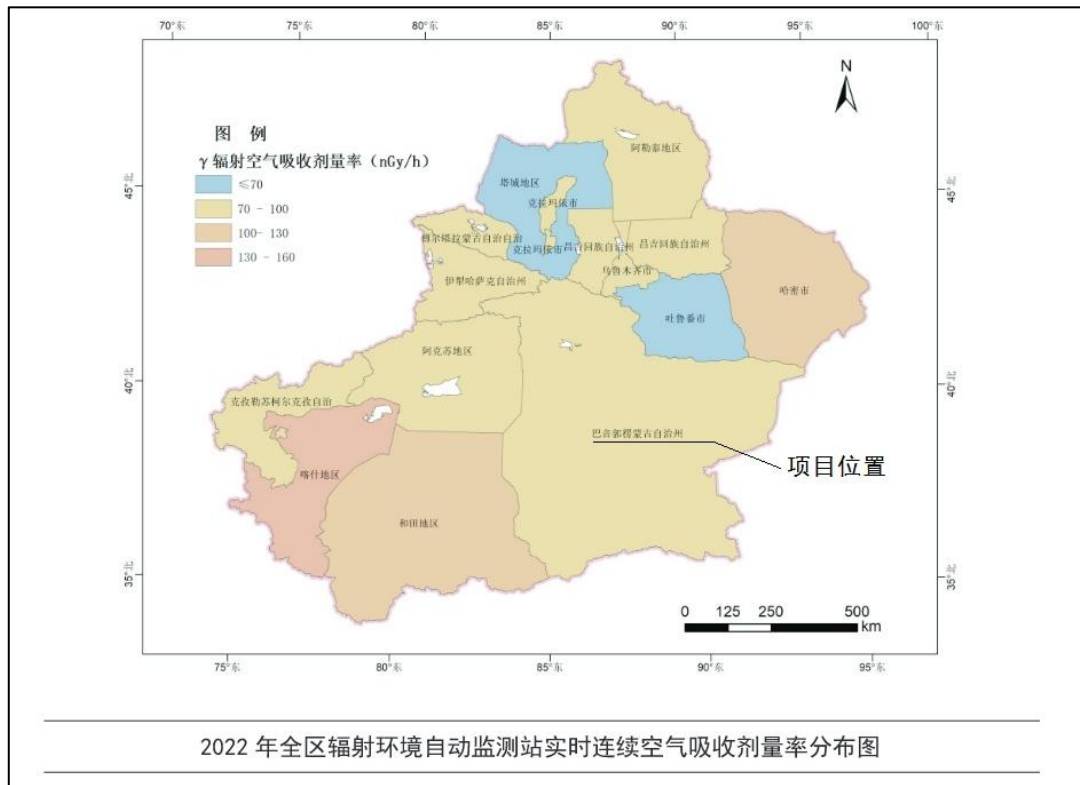


图 8-1 2022 年全区辐射环境自动监测站实时连续空气吸收剂量率分布图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 放射源测井及放射性同位素示踪测井原理及工艺流程

9.1.1.1 放射源测井原理

密封放射源测井是测量记录反映岩石及其孔隙流体和井内介质的核物理性质的参数，研究井剖面岩层性质、寻找石油、天然气矿藏等的一类测井方法。本项目密封放射源测井方法主要包括：密度测井、中子测井。

(1) 密度测井原理

密度测井是测量由 γ 密封放射源放出并经岩层散射和吸收回到探测器的 γ 射线的强度，用来研究岩层的密度等性质，求得岩层的孔隙度。其原理主要是利用康普顿散射现象，测井时使用的 ^{137}Cs γ 放射源，它放出的 γ 射线与岩层主要产生康普顿散射。 γ 射线强度减弱主要和康普顿吸收系数有关，而吸收系数与岩石的体积密度有关，所以通过测量散射 γ 射线的强度就能反映岩层的体积密度。

在实际测井中，井壁不规则等因素，仪器测得的密度值（称为视密度）不仅与地层密度有关，而且还与泥饼的厚度和密度及平均原子序数有关，为了消除泥饼的影响，使用双源距补偿办法来求得地层真密度。使用双源距补偿的办法，可以由长、短源距的计数率直接给出地层的密度值，而不考虑泥饼的影响。

(2) 中子测井原理

中子是一种不带电荷的中性粒子，因此中子源发射出的中子可以不受周围介质中的原子内部电场的作用，直接打到原子核上，与原子核发生碰撞，从而引发核反应。反应的产生的高能中子经地层中含氢材料慢化后，变成了能量较小的热中子，热中子因为其能量小，不能再引发核反应，所以在很短的时间内，在中子源周围地层中形成一种处于动态平衡的热中子浓度分布。由于氢对高能中子的减速最明显，所以中子源周围的热中子浓度分布是由该处的氢浓度决定的。氢的含量是由水或油的多少决定的，水或油的多少就是地层孔隙度的直接显示。

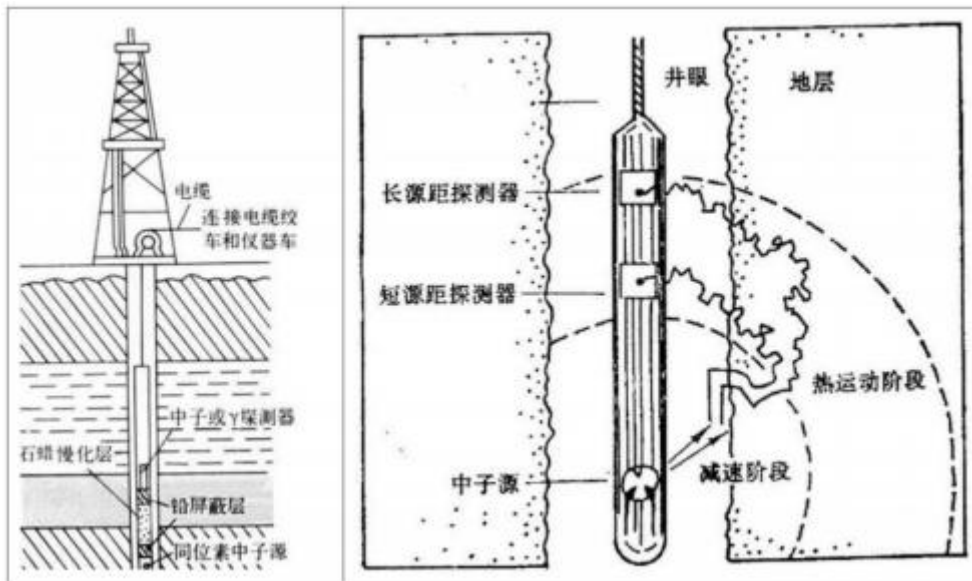


图 9-1 密封放射源测井原理示意图

(3) 刻度原理

使用 γ 刻度器、中子刻度器是模拟标准地层中密度、孔隙度等因素，将测井使用刻度源按照仪器刻度操作规程依次装入 γ 刻度器、中子刻度器仪器内，工作人员通过将测量结果与标准值比对，得出该测井仪的刻度因子及误差。

(4) 仪器校验原理

每次测井前后，根据仪器操作规程，需要使用放射源对测井仪器进行校验，以判定仪器各项参数是否处于正常范围之内。该项目密度测井所用校验源为 ^{137}Cs 放射源，中子测井使用的校验源为 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源。



图 9-2 典型 γ 刻度器



图 9-3 典型中子刻度器

(5) 放射源测井流程

本项目不建设放射源库，测井所用密封放射源租用中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司的放射源库进行贮存，委托其代为保管；中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司放射源库设计库容较大，有一定冗余容量，源库可容纳本项目使用的密封放射源。放射源的运输根据测井需求委托中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司承担，该公司具有放射性物品道路运输经营许可证。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司仅开展密封放射源现场测井业务。密封放射源测井工艺流程如下：

1) 濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分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方案。测井方案包括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，联系中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司告知即将开展测井工作以及测井需要的放射源，由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司进行放射源的出库和放射源的运输工作。

3) 中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司接到运输任务后，组织运输人员开展放射源运输工作。中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司放射源库管理人员进行测井用密封放射源出库交接，并做好交接记录。按照测井单位及测井方案要求，中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司按时将测井用密封放射源送至测井现场。中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司运源车为专用车辆，内设放射源防护仓，用于暂存测井用密封放射源。（其中根据测井实际需求若测井任务为单一密度源测井时仅运输 ^{137}Cs 放射源，若测井任务为单一中子源测井时仅运输 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源，只有在需要密度源和中子源同时测井时才同时运输两种放射源。）

4) 在放射源进入测井场地前，建设单位要对具体开展的测井工作进行现场公告，测井单位根据测井方案划定控制区范围，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) 中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司的运源车进入测井现场后，由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司辐射工作人员进行源罐表面剂量率监测，确定放射源在源罐内，并核对放射源信息，将其记录在放射源台账记录。

6) 濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司辐射工作人员将放射源转移至测井车的防护仓内，交接工作完成后，中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司人员离开测井现场。

7) 为保障测井工作质量，测井单位在测井前、后需要对测井仪进行校验，由专人从测井车的防护仓中取出校验源进行仪器校验。

γ 测井仪校验流程包括：①仪器稳定测量；②测井周围环境本底监测；③将放射源从保护壳取出装入仪器；④仪器加压及稳定；⑤对校验块测量记录数据。

中子测井仪校验流程包括：①将含源仪器段放入仪器架水箱；②校验记录数据。完成测井仪校验后，由专人将校验源送回测井队测井车的防护仓中暂存。

8) 在开展测井仪装源工作前，将先在井口加装井口盖，放置放射源托盘、毛毯，防止放射源落入井口。然后由测井队 2 名辐射工作人员从测井车的防护仓将测井用密封放射源运送至井口附近，采用长度不小于 1m 的卡扣式取源器对准源罐提取放射源，并在原地迅速转入测井仪中，并通过扭力扳手上紧专用螺丝。

9) 装源完成后，井口操作工撤离井场，由绞车工控制绞线将测井仪和放射源降入 600m~5000m 的井中，仪器操作工在测井车观测测井数据。

10) 完成测井后，吊起测井仪器，仍通过取源器将放射源卸下、转入源罐中，再次进行源罐表面剂量率检测，确保放射源收回源罐内并安全后，转送至测井车停放处，将源罐送至测井车的防护仓暂存。

11) 完成测井后，测井单位再次对测井仪进行校验。由专人从测井队测井车的防护仓中再次取出校验源进行仪器的校验；完成测井仪校验后，由专人将校验源从仪器中取出，送回测井队测井车的防护仓中暂存，再将测井仪送回测井车内存放。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司测井队完成测井工作。

12) 测井队完成测井工作后，中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司开展放射源返回的运输工作。由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司和濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司规定的兼职人员共同进行源罐表面剂量率检测，确定放射源在源罐内，核对放射源信息。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司测井队将测井用密封放射源转移至中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司运源车的防护仓内，并进行放射源交接台账记录工作。

13) 中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司将测井用密封放射源运送回中

石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司的放射源库中；与源库管理人员进行测井用密封放射源入库交接，做好交接记录。

该项目中子测井使用的 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源主要衰变产生中子、 γ 射线、 α 射线，密度测井使用的 ^{137}Cs 放射源衰变产生 γ 射线、 β 射线，分别在测井仪器放射源验、测井仪器装卸源、源罐搬运等过程对辐射工作人员产生影响。

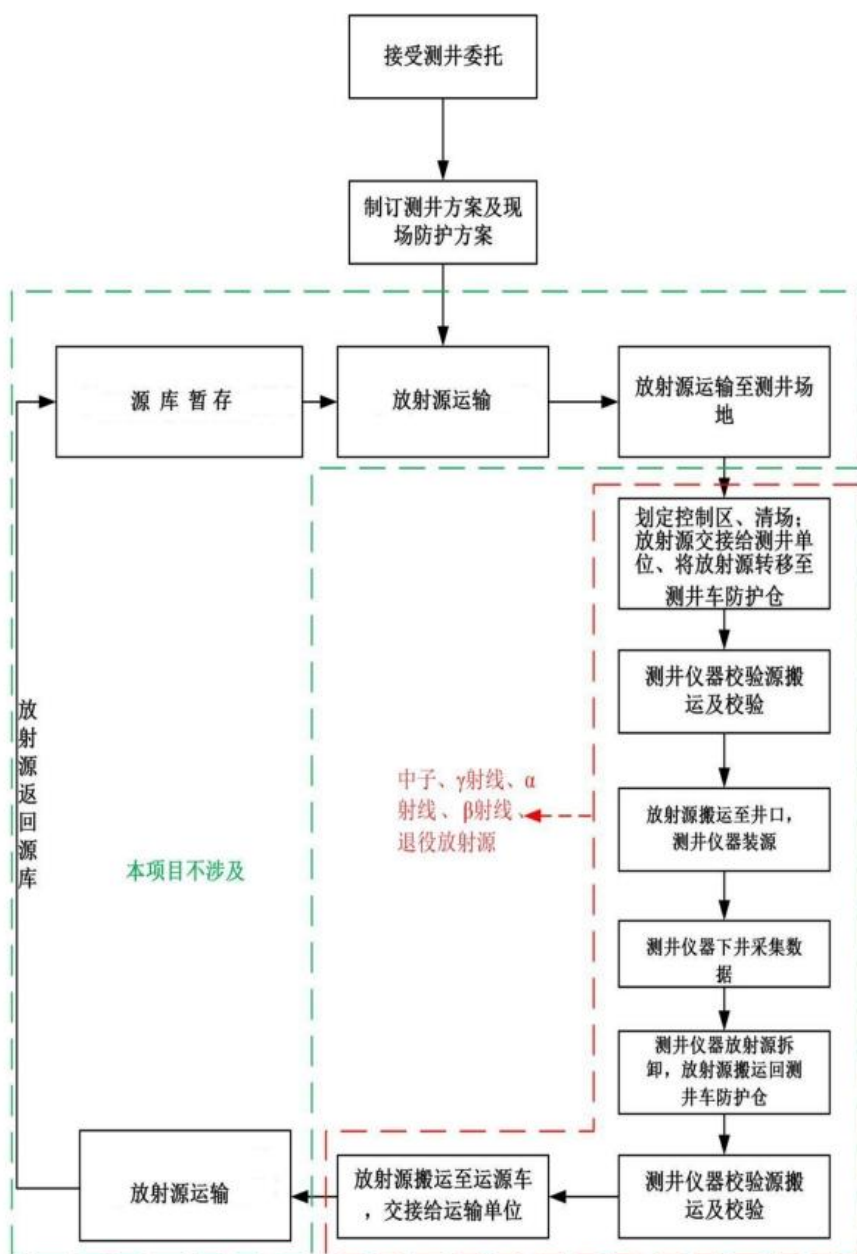


图 9-4 放射源测井工艺流程及产污环节图

9.1.1.1.2 放射性同位素示踪测井原理及工作流程

(1) 工作原理

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。为此，目前我国绝大部分油田采用分层段注水的方法来保持地下油层压力不下降。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液，载体颗粒直径大于地层空隙直径，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）。

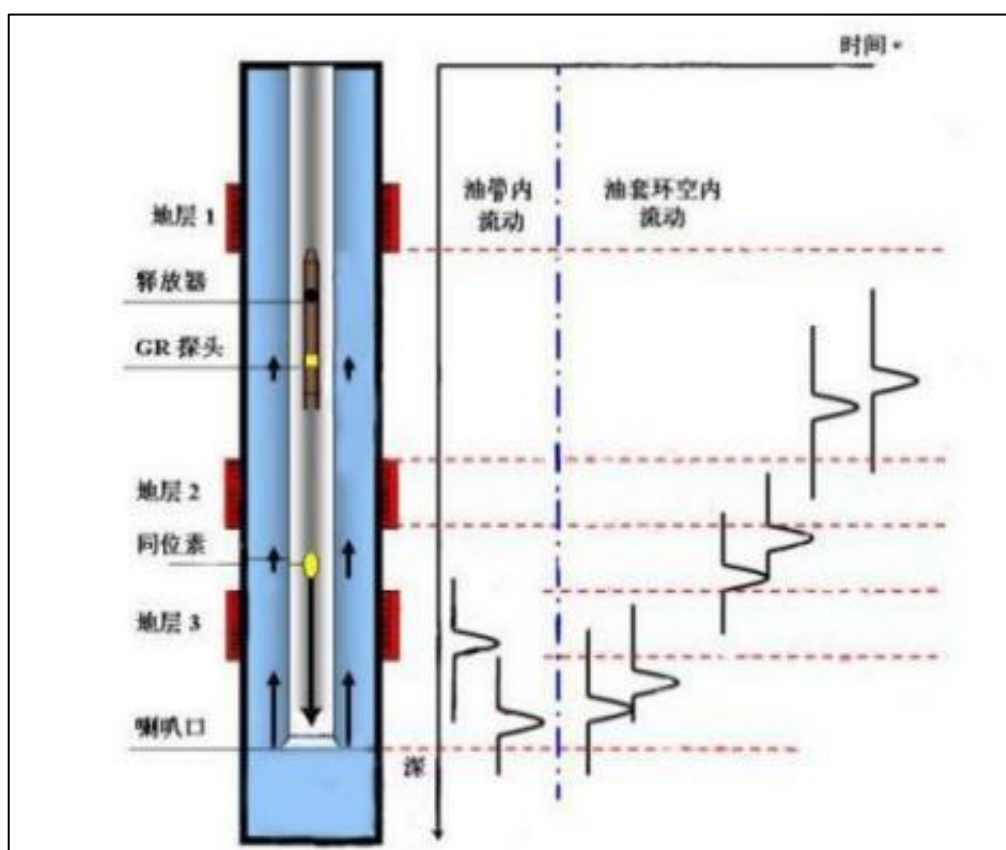


图 9-4 放射性同位素示踪测井原理图

(2) 放射性同位素示踪测井工艺流程

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司接到测井任务后，订购相应数量的已分装好的 ^{131}I 或 ^{131}Ba 放射性同位素，并由销售单位负责运送至源库暂存。本项目仅评价放射性同位素的从源库至井场的运输及井位上的测井工序。工艺流程简述

如下：

(1) 濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司接收测井委托任务后，根据井场布置情况及钻井数据制定测井方案。

(2) 完成测井方案后，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司告知测井工作人员，分配任务。

(3) 测井队接到任务后，组织相关人员前往中石化西北分公司放射源库领取释放器和已分装好的 ^{131}I 或 ^{131}Ba 放射性同位素，放在运源车（道路运输经营许可证中许可的放射性物品运输车辆）的固定源罐装置内，随后开往目的地井场。

(4) 在放射性同位素入场前，测井队根据测井方案划定控制区范围，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，放射性同位素操作人员穿戴铅防护服，做好准备工作。

(6) 测井队放射性同位素操作人员将已分装好的放射性同位素装于释放器内，随后将释放器安装于测井仪器底部。

(7) 释放器安装完毕后，被污染的手套、口罩等放入污物回收箱。

(8) 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。

(9) 将装有放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的释放器同测井仪一起送入井下指定位置

(10) 释放器及测井仪达到指定位置，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。

(11) 同位素释放完毕，释放器随测井仪在井内上下不断往复多次采集相关信息。

(12) 测井结束将释放器提升至井口卸下，由辐射工作人员进行擦拭清理并装入专用密封袋中，运回源库。

(13) 测井结束后职业人员离开测井现场前，需对井场及相关区域、职业人员裸露皮肤、工作服和个人防护用品的辐射剂量当量率和表面沾污情况进行监测，确保测井结束后井场、职业人员及其个人防护用品的辐射水平为辐射环境本底值。

该项目放射性同位素示踪测井过程中，释放器的操作会造成表面污染、 γ 射线产

生含有放射性废手套、口罩、棉纱。此外，放射性同位素在油井示踪对深层(油层)地下水产生短间辐射影响。

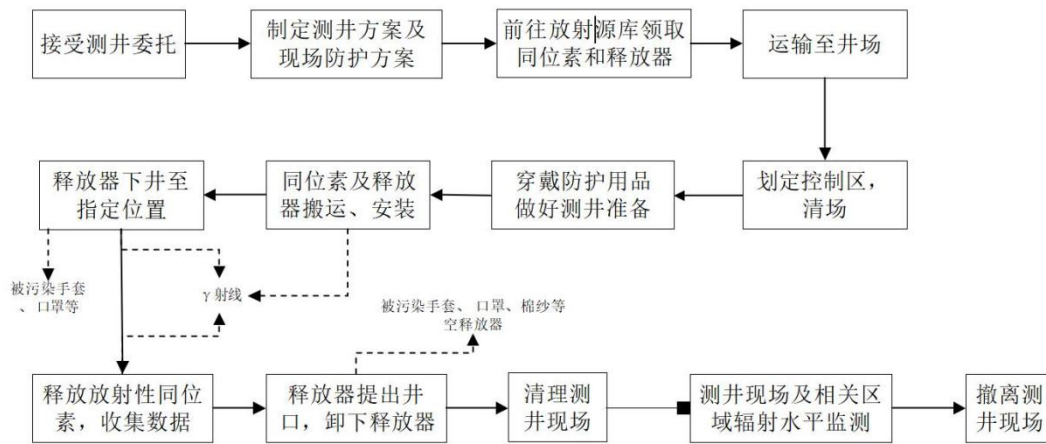


图 9-5 放射性同位素示踪测井工艺流程及产污环节图

9.1.1.1.3 人流物流路径规划

放射源测井及放射性同位素示踪测井工作共涉及 3 种车辆。运源车负责放射源、放射性同位素以及测井放射性废物的运输。测井车负责进行测井数据采集等工作以及拉运测井仪器。工程车负责测井人员往返测井现场。测井工作开展前，按照工程车、测井车、运源车的前后，前往井场。待井场控制区设置完成后，运源车前往井口，开展测井工作。测井工作完成后，放射性废物收至专用回收箱、放射源装入源罐，用检测仪器检查源罐和测井现场；利用表面沾污仪对井场及相关区域、职业人员裸露皮肤、工作服和个人防护用品的表面沾污情况进行监测。完成监测确认无异常现象，测井工作人员整理现场，运源车、测井车、工程车统一离开井场。

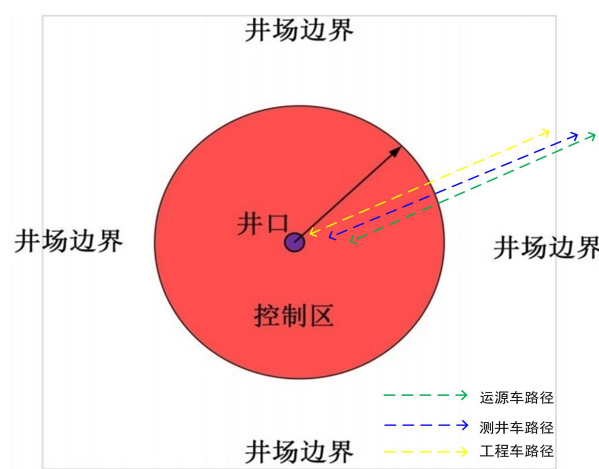


图 9-7 人流物流路径规划示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 电离辐射（放射源）

9.2.1.1 ^{241}Am -Be 放射源

^{241}Am -Be 中子源源芯由氧化镅（ AmO_2 ）和金属铍粉末混合压制而成，由不锈钢进行封装（结构如图 9-8）。

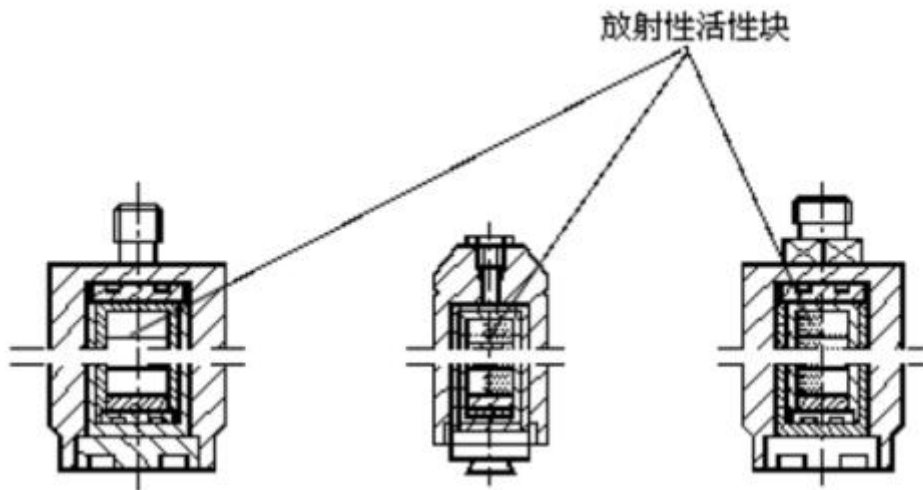


图 9-8 ^{241}Am -Be 测井中子源结构示意图

^{241}Am -Be 属于 ^{241}Am 与金属铍所制成的中子源。 α 发射体为 ^{241}Am ，Be 作为靶体。 ^{241}Am 衰变产生 α 粒子， α 粒子与 Be 原子核发生核反应，产生足够的能量而使中子发射出来，对于 ^{241}Am -Be 中子密封源而言，人体受照途径主要是中子及 γ 外照射。

本项目所用密封放射源衰变产生的中子、 γ 射线、 α 射线、 β 射线。由于 α 粒子和 β 粒子很容易被屏蔽，该中子源和 γ 源用不锈钢包壳进行密封，已能将其屏蔽，所以评价中不考虑 α 粒子和 β 粒子影响。

^{241}Am 衰变时产生最大能量为 5.486MeV 的 α 粒子和能量为 0.059MeV 的 γ 射线，其中 α 粒子轰击靶材铍而发生核反应（ α, n ）产生能量为 4.5MeV 的中子，反应式为 $^9\text{Be} + \alpha \rightarrow ^{12}\text{C} + n + 4.5\text{MeV}$ 。

9.2.1.2 ^{137}Cs 放射源

^{137}Cs 由源芯和源包壳两部分组成，源包壳采用耐腐蚀性能、焊接性能和力学性能不低于奥氏体不锈钢材料，其结构如图 9-9 所示。

^{137}Cs 放射源是金属铯的同位素之一，其半衰期为 30.17a，衰变过程是 β -衰变，

衰变过程中发射两种 β -粒子，最大衰变所释放的能量分别 0.512MeV（94.6%）和 1.174MeV（5.4%），并伴随释放出 0.662MeV（85%）的光子。对于 ^{137}Cs 密封源来讲，人体受照途径主要是 γ 外照射。

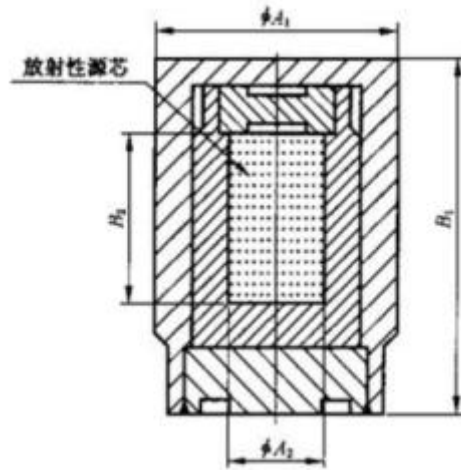


图 9-9 ^{137}Cs 密封放射源结构示意图

9.2.2 电离辐射（放射核素）

本项目涉及核素包括 ^{131}I 、 ^{131}Ba ，放射性核素特征见表9-1。

表9-1本项目放射性核素特征

名称	半衰期	射线能量(keV)	物理状态
^{131}I	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。	固体
^{131}Ba	11.7d	^{131}Ba 在发生轨道电子俘获时将产生不同能量级的 γ 射线，其 γ 射线的能量为496.3keV。	固体

9.2.3 废气

放射源测井工作中，空气在强辐射照射下，会电离产生臭氧和氮氧化物，由于本项目测井使用放射源的场地较为开阔，扩散能力强，且在测井过程中，放射源裸源状态与空气接触时间较短，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量极小。

本项目使用分装含 ^{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，不会产生放射性废气。 ^{131}I 或 ^{131}Ba 衰变主要产生 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。由于井场周边环境场地较为开阔、扩散能力强，因此其产

生的臭氧和氮氧化物产生量极小。

9.2.4 废水

放射源测井工作不产生放射性废水。

放射性核素示踪测井产生空释放器交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司清洗处理，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。放射性同位素测井过程中¹³¹Ba或¹³¹I直接释放于含水层中，会对地下水造成污染，但¹³¹Ba或¹³¹I释放的目的层均为非饮用水源地含水层，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（¹³¹I半衰期为8.04d，¹³¹Ba半衰期11.7d），10个半衰期后（¹³¹I约80d、¹³¹Ba约117d），基本不存在累积影响，对地下水环境的影响是可接受的。

9.2.5 固体废物

放射源测井工作产生的固体废物主要为放射源退役时产生废旧放射源。根据《放射性废物管理规定》（GB14500-2002），放射性废弃是指来自实践或干预的、预期不会再利用的废弃物（不管其物理形态如何），它含有放射性物质或被放射性物质污染，并且其活度或活度浓度大于审管部门规定的清洁解控水平。废旧放射源应进行安全处置。

根据《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、进口放射源的单位销售I类、II类、III类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议”。

本项目新增使用II类III类、IV类、V类放射源，其退役时产生废旧放射源。评价要求：建设单位在新购置放射源应与厂家签订废旧放射源返回协议。

放射性同位素示踪测井过程中，释放器操作人员必须佩戴手套和口罩；测井结束后擦拭废释放器的棉纱，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0.2kg的放射性固体废物，本项目累计年最大测井工作量为50口，全年最多产生固体放射性废物约20kg。测井现场配有污物回收箱，测井过程使用后产生的废口罩、手套、棉纱等经收集后同空释放器一起由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司运回，交中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理。

9.3 主要污染物和污染途径

9.3.1 放射源测井过程中的主要污染物和污染途径

9.3.1.1 正常工况下

本项目使用放射源用于测井，本项目使用的放射源可分为Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ类源。根据《放射源分类办法》各类源对人体健康和环境的潜在危害程度见表 9-1。

表 9-2 本项目使用的放射源潜在危害程度一览表

类别	安全归属	类别描述
Ⅱ类	高危险源	没有防护情况下，接触这类源几个小时至几天可致人死亡。
Ⅳ类	低危险源	基本不会对人造成永久性损伤，但对长时间、近距离接触这些放射源的人可能造成可恢复的临时性损伤。
Ⅴ类	极低危险源	不会对人造成永久性损伤。

9.3.2 放射性同位素示踪测井过程中的主要污染物和污染途径

9.3.2.1 正常工况下

(1)γ射线及β射线：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。对环境产生的影响的主要污染因子是放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 产生γ射线及放射性同位素 ^{131}I 产生的β射线，由于γ射线具有较强的穿透性，而β射线穿透力较弱，本次评价只考虑γ射线在整个操作过程中对工作人员产生的辐射影响。

(2)表面污染：释放器中的放射性同位素在井下释放完毕后，其表面存在少量的放射性微粒；操作人员在释放器的拆卸与擦拭过程中，其裸露皮肤、工作服和个人防护用品表面也可能沾上放射性微粒。

(3)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；

(4)空释放器：由于放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 的使用，空释放器沾染有 ^{131}I 或 ^{131}Ba 并具有放射性，产生表面污染和γ射线。使用后的空释放器交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司运回，清洗后循环使用。

(5)放射性固体废物：主要来自放射性同位素 ^{131}I 或 ^{131}Ba 测井现场使用后产生的废口罩、手套、棉纱等，该放射性固体废物的放射性活度较低但也应受控；测井现场配有污物回收箱，测井过程中使用的废手套、口罩、棉纱及空释放器由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司带回处置。

(6)放射性废水：本项目产生空释放器不在测井现场进行清洗作业，空释放器交由

中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司运回，返回中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司内进行清洗工作，产生的放射性清洗废水由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处置，因此本项目不产生放射性废水。

(7) 废气

放射源产生的 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x ，由于本项目测井使用放射源的场地较为开阔，扩散能力强，且在测井过程中，放射源裸源状态与空气接触时间较短，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量极小。

本项目使用分装含 ^{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，不会产生放射性废气。 ^{131}I 或 ^{131}Ba 衰变主要产生 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。由于井场周边环境场地较为开阔、扩散能力强，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量极小。

9.3.2.2 事故工况

- (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。
- (4)放射性同位素撒漏情况或测井作业人员未佩戴口罩的情况下，测井作业人员吸入 ^{131}I 或 ^{131}Ba 微粒造成内照射事故。

9.3.3 主要污染物及预计排放情况汇总

本项目运营期主要污染物产生及预计排放情况汇总见表 9-5。

表 9-5 项目运营期主要污染物产生及预计排放情况汇总表

序号	污染物	核素	主要污染因子	辐射源强/产生量	处理方式
1	电离辐射	^{131}I	γ 射线	^{131}I 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	操作人员穿戴符合要求的防护用品，严格按照规章制度进行测井操作等
		^{131}Ba	γ 射线	^{131}Ba 在发生轨道电子俘获时将产生不同能量级的 γ 射线，其 γ 射线的能量为496.3keV	操作人员穿戴符合要求的防护用品，严格按照规章制度进行测井操作等
		^{241}Am - Be	中子、 γ 射线	^{241}Am 衰变时产生最大能量为5.486MeV的 α 粒子和能量为0.059MeV的 γ 射线，其中 α 粒子轰击靶材铍而发生核反应(α,n)产生能量为4.5MeV的中子	操作人员穿戴符合要求的防护用品，严格按照规章制度进行测井操作等

		^{137}Cs	γ 射线	^{137}Cs 衰变过程是 β -衰变，衰变过程中发射两种 β -粒子，最大衰变所释放的能量分别 0.512MeV（94.6%）和 1.174MeV（5.4%），并伴随释放出 0.662MeV（85%）的光子	操作人员穿戴符合要求的防护用品，严格按照规章制度进行测井操作等
2	废气	/	O_3 和 NO_x	少量	经自然分解和稀释后对周围环境及工作人员基本无影响
3	固体废物	^{131}I ^{131}Ba	废手套、口罩、棉纱	操作过程中产生的手套、口罩、棉纱，产生量为 24kg/a。	放射性废物暂存箱，存放 10 个半衰期后，作为一般废物处置

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 放射源测井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）第 6.4 款规定“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”。

该项目密封放射源井下测井过程中，测井源和测井仪器位于 600m~5000m 深度，经过地层屏蔽、距离衰减后，放射源在井口处地表辐射剂量率贡献值远小于当地环境本底值，可忽略不计。放射源从进入测井现场至离开测井现场整个工作时段内，对周边环境的辐射影响主要集中于测井仪器装源、卸源环节，此时放射源处于裸露状态，其对周边环境辐射影响较大。

根据《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中第 5.2.5 条相关规定：“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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。”。由于场外刻度是测井工作的一部分，两者的控制区划分应采用同一标准，即密封放射源测井控制区边界也应按照 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 进行控制。对于 γ 射线，控制区距离计算公式如下：

$$L = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{H}} \quad (\text{公式 10-1})$$

式中： Γ —为空气比释动能率常数，对于 ^{137}Cs 放射源，空气比释动能率常数为 $0.077\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，数据来源于IAEA第47号报告；对于 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源，产生中子的同时伴随 γ 射线产生，由《辐射防护导论》表3.12可知， $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源中子产额为 $54.1 \times 10^{-6}\text{S}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$ 。当中子源发射率为 10^6S^{-1} ， $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源1m处 γ 照射量率小于 $2.58 \times 10^{-7}\text{C}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ； γ 照射量率与吸收剂量率单位换算因子取 $33.85\text{Gy}/(\text{C}/\text{kg})$ ；对于 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源衰变产生的 γ 射线，周围剂量当量率与空气 γ 射线空气比释动能率常数取值为 $1\text{Sv}/\text{Gy}$ 。

A—为放射源活度，MBq；

L—为计算点与源的距离，m；

H—控制区边界剂量率限值，取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

对于衰变产生的中子，控制区距离计算公式如下：

$$L = \sqrt{\frac{A \times Y \times f}{H \times 4 \times \pi}} \quad (\text{公式 10-2})$$

式中：

L—为计算点与源的距离，m；

A—为放射源活度，Bq；

Y—中子产额，对于 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源，中子产额为 $54.1 \times 10^{-6} \text{S}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$ ，数据来源于《辐射防护导论》表 3.12；

f—当量剂量换算因子，对于 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源，当量剂量换算因子为 $39.5 \times 10^{-15} \text{Sv} \cdot \text{m}^2$ ，数据来源于《辐射防护导论》表 3.15；

H—控制区边界剂量率限值，取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

对于 ^{137}Cs 放射源，考虑 γ 射线进行控制区距离计算；对于 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源，需考虑放射源衰变产生的 γ 射线、中子共同剂量率贡献二者之和剂量率满足控制区边界控制限值。依据公式 10-1、公式 10-2，计算出测井仪器装源、卸源期间控制区计算结果见下表。

表10-1 项目控制区计算结果

放射源类型	出厂活度 (Bq)	控制区距离计算结果
^{137}Cs 放射源	7.4×10^{10}	48m
$^{241}\text{Am-Be}$ 放射源	6.66×10^{11}	17m

计算结果表明：测井过程中，密度测井仪器安装、拆卸 ^{137}Cs 测井源时，可将放射源为中心，将放射源 48m 范围内划分为控制区；中子测井时，仪器安装、拆卸 $^{241}\text{Am-Be}$ 测井源时，以放射源为中心，将放射源 17m 范围内划分为控制区。对于同时存在密度测井、中子测井场所，装卸放射源时，为了便于管理，可将放射源 48m 范围划分为控制区。

实际测井过程中，首先根据理论计算结果初步划定控制区边界；现场辐射工作人

员使用 X-γ剂量率仪在测井现场由远及近测量现场周围剂量当量率（测井现场条件不发生变化情况下仅需测量一次），根据测量结果对控制区边界进行适当的调整；依据现场测量数据最终确定控制区边界，以确保划定控制区边界剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

测井仪器放射源装卸期间，在控制区边界上使用警戒线围住控制区，在控制区边界上合理位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入放射工作场所”标牌，测井期间安排人员对控制区边界进行巡逻，未经许可人员不得进入控制区内。

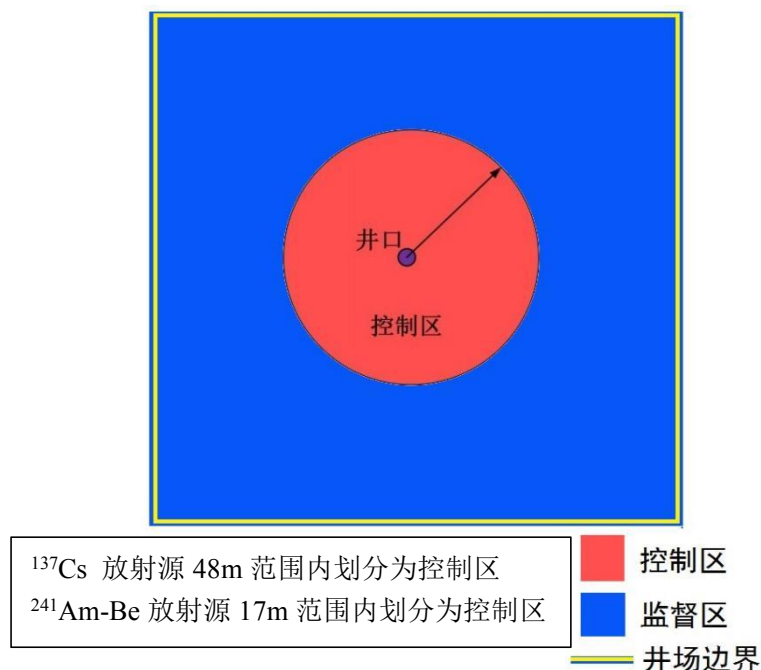


图 10-1-1 项目分区划分示意图（放射源测井）

10.1.2 放射性核素测井工作场所及区域划分

根据《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中规定：“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”、“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”。

本项目使用的放射性同位素 ^{131}I 、 ^{131}Ba 用于油井示踪测井，一般情况下单井最大投入量为 1.0mCi。据公式计算（详见环境影响分析章节），裸源情况下，距 1.0mCi ^{131}Ba 放射源 0.894m 处的辐射剂量当量率为 $2.50\mu\text{Sv/h}$ ；距 1.0mCi ^{131}I 放射源 0.876m 处的辐射剂量当量率 $2.50\mu\text{Sv/h}$ 。为方便管理，本次评价将井口为中心周围 2m 范围内划定为控制区（2m 处的辐射剂量当量率达标，且考虑到仪器的操作所需范围，故取 2m 为控制区可行）；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巡测调整控制区和监督区边界，要求控制区边界周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 或其他无关人员不可达。

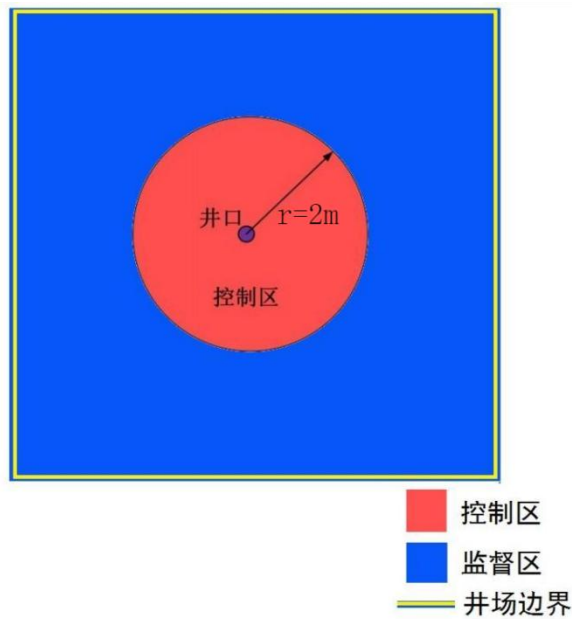


图 10-1-2 项目分区划分示意图（放射性核素测井示踪）

10.2 辐射安全防护措施

根据《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）、《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）等有关条款的要求，以及建设单位提供的资料，本项目拟采取以下辐射安全防护措施：

10.2.1 监测仪器及个人防护用品

表 10-1 本项目拟配置的防护用品

序号	名称	单位	数量
1	X- γ 剂量率仪	台	2
2	表面沾污仪	台	1
3	中子剂量率仪	台	1
4	专用取源器（操作工具柄长不小于100cm）	个	4
5	个人剂量计	个	12
6	个人剂量报警仪	个	2
7	铅衣、铅帽、铅眼镜、铅手套、铅围脖数量	套	12

10.2.2 放射源固有安全性

10.2.2.1 ^{241}Am -Be中子源

中子测井源由源头、密封放射源和密封圈三部分组成。密封放射源源芯为 AmO_2 和铍粉按一定比例充分混合后压制成具有一定强度的柱状活性体，再经高温烧结

后形成的陶瓷体。这种源芯稳定性好，即使源壳破损也不会对环境造成严重污染。将源芯封焊在由三层特种不锈钢制的源壳中，其中两层为氩弧焊封焊，即构成了拥有高抗压性能的密封放射源。密封放射源放置于耐压壳内，耐压壳采用无焊接螺纹封闭，通过O型密封圈密封，并有安全环防止螺纹松动。其结构和实物如图10-2所示。

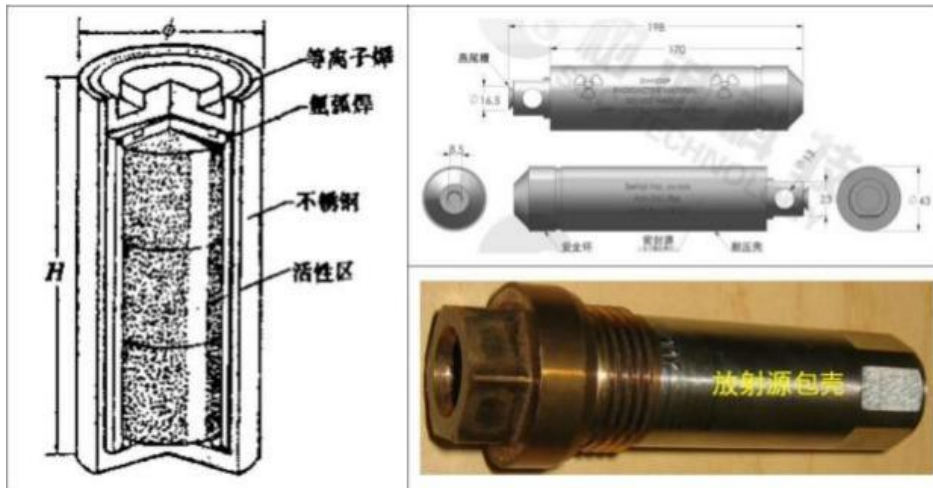


图 10-2 $^{241}\text{Am-Be}$ 中子源结构图

10.2.2.2 ^{137}Cs γ 放射源

^{137}Cs γ 放射源由耐压壳、密封放射源和屏蔽块三部分组成。密封放射源的源芯为陶瓷体（铯榴石），这种化合物具有耐高温和在水中铯的浸出率低等特点。将源芯封焊在由三层特殊不锈钢制的源壳中，即构成具有高抗性能的密封放射源，源屏蔽块由高密度钨合金制成，通过紧密配合固定于耐压壳内。将密封放射源置于耐压壳中，再上紧通过螺纹连接的带有密封圈的耐压壳堵头并上好安全卡圈，即构成 γ 测井源。其结构和实物如图10-3所示。

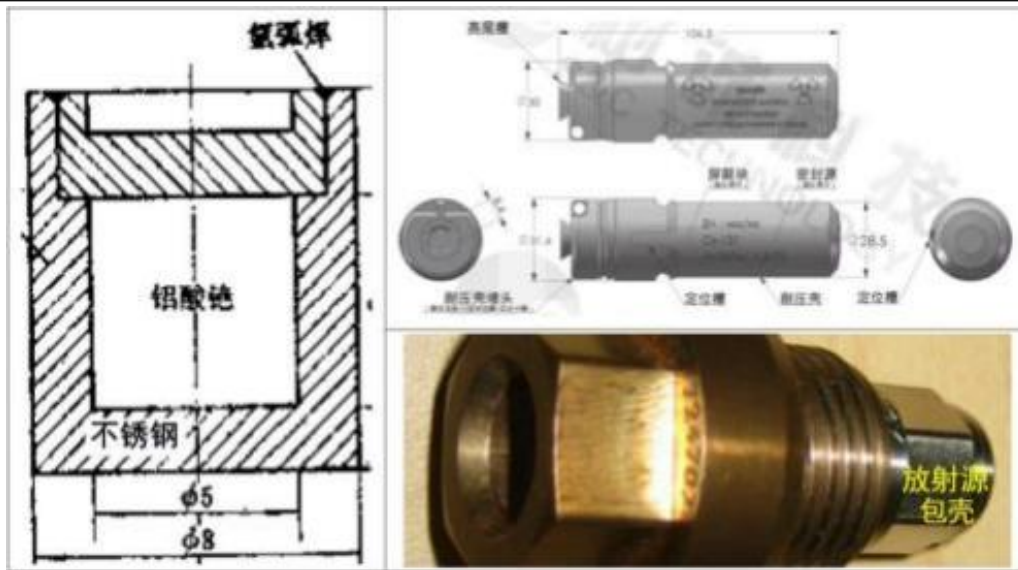


图 10-3 ^{137}Cs 放射源结构图

10.2.3 放射源源罐屏蔽能力

本项目测井使用的放射源均具有固定的源罐，由有资质单位厂家进行生产，根据拟购买的生产厂家提供的源罐屏蔽设计资料，该项目配套使用的源罐屏蔽设计见表 10-3。

表10-3 该项目拟使用的放射源源罐屏蔽设计表

放射源	出厂活度 (Bq)	源罐尺寸参数	源罐设计屏蔽材料 (对称设计, 单侧方向屏蔽)
241Am-Be 中子源	6.66×10^{11}	圆形, 直径 43cm, 高度 57cm	18cm 含硼聚乙烯+8mm 钢
	1.48×10^{10}	方形, 长 30cm×宽 30cm×高 30cm	15cm 有机玻璃
^{137}Cs γ 源	7.4×10^{10}	圆形, 直径 20cm, 高度 28cm	2cm 钨铀合金+5cm 铅+5mm 钢
^{137}Cs 双胞胎源	1.85×10^7	方形, 长 30cm×宽 15cm×高 10cm	5cm 钢
	1.48×10^6		

根据《油气田测井放射防护要求》(GBZ118-2020), 源罐表面 5cm 处的周围剂量当量率需要满足表 10-4 中规定限值。

表10-4 测井用放射源源罐载源时表面5cm周围剂量当量率控制值

源罐内源种类	放射性核素活度	源罐载源时表面5cm周围剂量当量率控制值
--------	---------	----------------------

	GBq(Ci)	由非中子透射导致的周围剂量当量率控制值	中子透射导致的周围剂量当量率控制值
中子源	>185(5)	≤2mSv/h	≤10mSv/h
	≤185(5)	≤1mSv/h	≤5mSv/h
γ源	>18.5(0.5)	≤2mSv/h	-
	≤18.5(0.5)	≤1mSv/h	-

10.2.4 依托可行性

本项目依托已建成的放射源库，具有环保手续。建设单位已和中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司签订源库租用协议，中石化经纬有限公司华北测控公司具有放射源、放射性同位素运输资质。放射源储运依托可行。

10.3 测井现场放射源的安全管理

10.3.1 现场辐射源的管理

(1) 在放射源入场前，测井单位根据测井方案划定控制区范围，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。

(2) 放射源运抵测井现场，将车辆放置在井场控制区适当位置。由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司和测井队辐射工作人员共同对源罐进行表面剂量率检测，确定放射源在源罐内，核对放射源信息。中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司与测井队完成放射源交接的记录工作，在测井车四周设置警示标志，防止被盗和无关人员接近。

(3) 实行双人双锁制，测井车防护仓和放射源源罐分别加锁管理。

(4) 测井过程中，放射源的交接由延安百字工贸有限公司安排专人进行台账管理。

(5) 测井队开展测井工作前，放射源辐射人员进行鸣笛示意（示意即将开展放射源测井工作，无关人员远离控制区）。

(6) 测井前后分别对测井仪进行校验；校验源在完成校验后送回测井车的防护仓中暂存。

(7) 待测井完毕，放射源装入源罐，用检测仪器检查源罐和测井现场，确保所有

放射源均装入源罐、无遗漏后，将放射源装入测井车的防护仓。

10.3.2 放射源落井防范措施

(1) 在开展测井仪装源工作前，先在井口加装井口盖、放射源托盘、毛毡，防止源落入井口。

(2) 放射源装入测井仪器源室后，必须锁紧源室盖螺栓，防止放射源脱落掉入井中。

10.3.3 操作放射源的辐射防护措施

(1) 本项目拟为测井队辐射工作人员配备了 6 台个人剂量报警仪、并为每名队员配备了个人剂量计。

(2) 不得徒手操作放射源。本项目配备了至少配备 1 个 γ 取源器、1 个中子取源器（长度不小于 1m），辐射工作人员通过使用取源器操作放射源。

(3) 项目操作放射源工作人员应定期进行模拟操作培训，提高熟练程度，从而可以降低操作放射源的时间，减少人员所受的年附加有效剂量。

本项目采取以上措施后，可以将操作放射源工作人员所受的年附加有效剂量降低在尽可能低的水平。

10.3.4 放射源现场管理的“六防”措施

本项目主要考虑测井现场的临时暂存和使用过程中的安防措施，具体措施见表 10-5。

表 10-5 放射源管理“六防”措施表

序号	措施类别	对应措施
1	防火	测井现场需配备干粉灭火器，同时源罐需远离易燃、易爆物品。
2	防水	放射源在测井现场暂存于测井车防护仓内，尽量远离地表水体，同时做好现场的防雨、防潮措施。
3	防盗、防丢失和防破坏	①放射源在测井现场采用测井车内的防护仓进行暂存，该防护仓及源罐实行双人双锁，放射源的存/取由专人进行台账管理； ②放射源暂存不得与易燃、易爆和易腐蚀等其他危险物品同时存放； ③放射源储存容器进行了专门设计，满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020），放射源和源罐不易被破坏。
4	防射线泄漏	①测井现场配备中子剂量率仪和 γ 剂量率仪，在每次存放放射源时需进行监测，防止放射源遗漏在测井现场； ②每个源罐和放射源均应按编码对应，可防止放射源因存放错误出现大剂量

	照射； ③源罐表面的周围剂量当量率满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中相应限值要求。
--	----------------------------------------------------------

10.3.5 其他辐射安全防护措施

(1) 测井完成后，应将含稳谱源测井仪器部件单独存放，其存放场所出入口实现双人双锁设置，存放场所不放置易燃、易爆等无关物品，具备防火、防盗、防水、防破坏能力。

(2) 对辐射工作人员进行专业培训，熟练装源的操作技巧，尽量缩短放射源的裸露时间，通过减少人员受照时间从而降低人员的受照剂量。

(3) 进入现场的辐射工作人员必须配备个人剂量报警仪和个人剂量计。

(4) 放射源退役必须向生态环境主管部门提出申请，并按照《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》要求处置：

①使用放射源的单位应当按照废旧放射源返回协议规定将废旧放射源交回生产单位或返回原出口方。确实无法返回原出口方的，送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位（含生产单位）贮存；

② 应将IV类、V类废旧放射源进行包装整备后，送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位（含生产单位）或各省（区、市）城市放射性废物库贮存。

评价要求：建设单位在新购置放射源时与厂家签订废旧放射源返回协议；确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库。

(5) 制定辐射事故应急预案。

10.4 测井现场放射性核素的安全管理

本项目使用的放射性同位素¹³¹I和¹³¹Ba的分装、释放器清洗、放射性废物回收处置均依托中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司负责，放射性同位素的运输委托中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司负责。本次仅针对测井过程中的污染防治进行评价。

10.4.1 贮源容器的污染防治措施

(1) 所有放射性核素、示踪剂都必须盛放于严密盖封的容器内，然后根据其辐射特性再放入具有一定屏蔽能力的贮存运输容器中。内容器外表面应有示踪剂生产

批号和放射性核素名称、化学形式、物理状态、活度与标定日期的标签及鲜明的电离辐射警示标识。并附有含上述内容的说明书。

(2) 贮存运输容器应便于搬运和易于放入与取出容器，而且必须能加锁。其外面除有容器编号和放射性核素名称、活度与标定日期外，还必须有鲜明的电辐射警示标识和“当心电离辐射”字样以及使用单位名称。距防护容器外表面 5cm 处的空气比释动能率不得超过 $25\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，1m 处的空气比释动能率不得超过 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。贮存运输容器外表面的放射性污染， α 不得超过 $4\times 10^{-1}\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ ， β 不得超过 $4\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。

10.4.2 测井中的污染防治措施

(1) 测井现场进行分区管理，以井口为中心，井场周围 2m 范围内设置为作业控制区（测井队可根据井场平面布置情况巡测调整控制区边界，要求控制区边界周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 或其他无关人员不可达），边界使用警戒绳围挡，并悬挂电离辐射警示标志，专人值守，除测井工作人员外其他无关人员严禁入内。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 放射性示踪测井施工前、后，须对井场周围剂量当量率及表面沾污进行常规监测，发现异常及时进行妥善处理。

(7) 未用或剩余放射性示踪剂（或连同释放器）以及放射性废物交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理。

(8) 由专人负责放射性同位素台账的管理工作。

(9) 禁止在放射性工作场所吃、喝和吸烟，以免吸入 ^{131}I 或 ^{131}Ba 微粒粉末造成内照射。

(10) 若装有放射性同位素的释放器未能在井下正常释放，应更换释放器进行重新测井。故障释放器应置于密封袋中，由供货厂家回收，不允许在现场对存在故障的释放器打开维修。

10.4.3 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) 测井辐射工作人员必须经过操作业务培训及辐射培训考核，熟练掌握操作方法及考核合格后方可进行放射性工作；本项目为测井辐射工作人员配置 2 台 X-γ 剂量率检测仪以 1 台中子剂量率仪和 1 台表面沾污仪。

(3) 辐射工作人员上岗前应先进行身体检查，体检合格后方能上岗，上岗后要根据国家标准的相关规定定期体检，建立个人剂量档案和健康档案（要求个人剂量计每季度检测一次）。个人剂量档案和健康档案应终身保存。

(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。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司在采取以上措施后，可以满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中相关要求。

10.3 本项目与《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）符合性

本项目与《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）符合性见表10-3。

表 10-3 本项目与《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）符合情况

1	放射源应符合 GB4075 中对油气田测井放射源的要求，确保密封性能可靠。放射源应有放射源编号与放射源核素（包括中子源靶核素）名称或符号。应有放射源的说明资料，其内容至少包括：放射源编号、核素名称、活度、辐射类型、所用射线的辐射输出量率（或注量率）及其测量日期、表面污染与泄漏的检测结果和检测日期等。	本项目拟从正规渠道购买放射源，定期监测并记录	符合
2	开展油气田放射性测井的单位应根据所使用的放射源、非密封放射性物质及测井中子发生器的类别配备外照射放射防护检测仪器、放射性污染检测仪器等自检设备，同时为放射工作人员佩戴相应种类的个人剂量报警仪等个人防护用品。	项目投运后拟配备 X-γ 辐射检测仪及中子剂量率仪、表面沾污仪及个人剂量报警仪以及配套的个人防护用品	符合

3	放射性核素外部运输时，其放射性包装和运输工具应符合 GB11806 的规定。运源车应配备随车放射检测仪器及随车记录，随车记录应有所运放射源编码、核素种类、出厂活度、出厂时间、装车及卸车时间、装车及卸车检测记录、运输及驻留记录等信息。	本公司运输已委托中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理	符合。
4	进行放射源操作时应根据放射源活度，采取操作距离、操作时间和防护屏蔽等措施，以保证操作人员所受剂量控制在可以合理做到的尽可能低的水平。可使用监控设施全过程记录放射源的操作，以便核实放射工作人员近距离接触放射源时间。放射源回收后应使用仪器检测确认源罐中是否具有放射源并记录	根据计算，辐射工作人员年受照剂量满足相应限值要求	符合
5	搬运或传递放射源的工具应操作灵活、使用方便、性能可靠，并使放射源与人体间保持适当的距离，不应徒手操作放射源。无机械化操作时，根据源的不同活度，应使用符合下列要求的工具： a) 大于等于 185GBq (5Ci) 的中子源和大于等于 18.5GBq (0.5Ci) 的 γ 源，操作工具柄长不小于 100cm； b) 小于 185GBq 的中子源和小于 18.5GBq 的 γ 源，操作工具柄长不小于 50cm	本项目按要求配置	符合
6	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 μ Sv/h。	本项目已设置合理的控制区，边界设置围挡及警示标志，防止无关人员进入	符合
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。	测井现场采取井下释放器	符合
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。	测井前辐射工作人员严格按照操作规程进行操作	符合
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。	使用完的释放器交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理	符合。
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。	公司以井口中心 2m 为控制区，控制区边界设置围挡及警示标志，防止无关人员进入	符合

11	未用或剩余放射性示踪剂（或连同释放器）以及放射性废物应带回实验室处理。	未用或剩余放射性示踪剂（或连同释放器）以及放射性废物交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理	符合
----	-------------------------------------	----------------------------------------------------	----

10.5 异地作业备案与登记

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）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、直辖市人民政府生态环境主管部门备案，并接受当地生态环境主管部门的监督管理”以及《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》中“第十九条，跨州、市（地）使用放射性同位素和射线装置的单位，应当在实施使用前不少于 10 个工作日向移入地州、市（地）环境保护主管部门备案，并在使用结束后 5 个工作日内办理备案注销手续”；濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司应当在进行示踪测井前在生态环境主管部门进行备案，备案后再开展运输和测井工作，测井工作完成后需在当地生态环境主管部门办理注销手续，作业期间应当接受当地主管部门的监管。

410.6 三废的治理

10.6.1 废气

本项目放射源测井产生的 γ 射线会使空气电离产生少量 O_3 和 NO_x ，经自然分解和稀释后对周围环境及工作人员基本无影响。

本项目放射性核素测井使用分装含 ^{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，不会产生放射性废气。 ^{131}I 或 ^{131}Ba 衰变主要产生 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。由于井场周边环境场地较为开阔、扩散能力强，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量极小。

10.6.2 固体废物

放射源测井产生固体废物主要为退役放射源。本项目放射源新购置时与厂家签订废旧放射源返回协议，确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库。

放射性同位素示踪测井过程中，释放器操作人员必须佩戴手套和口罩；测井结束后擦拭废释放器的棉纱，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 0.2kg 的放射性固体废物，本项目累计年最大测井工作量为 50 口，全年最多产生固

体放射性废物约 20kg。测井现场配有污物回收箱，测井过程使用后产生的废口罩、手套、棉纱等经收集后同空释放器一起由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司运回，交中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理。

10.6.3 废水

放射源测井不产生放射性废水。

本项目测井产生空释放器交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司运回中国石油集团测井有限公司清洗处理，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。

放射性同位素测井过程中 ^{131}Ba 或 ^{131}I 直接释放于含水层中，会对地下水造成污染，但中 ^{131}Ba 或 ^{131}I 释放的目的层均为非饮用水源地下含水层，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（ ^{131}I 半衰期为 8.04d， ^{131}Ba 半衰期 11.7d），10 个半衰期后（ ^{131}I 约 80d、 ^{131}Ba 约 117d），基本不存在累积影响，对地下水环境的影响是可接受的。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目不涉及土建施工，不存在建设阶段的环境影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 源罐表面剂量率分析

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中规定：“建设项目如与已建成运行的项目具有类比条件时，可以采取类比方法进行评价”。

根据建设单位提供资料，该项目拟购置的放射源源罐屏蔽设计参数见表 10-3，本文通过类比方法计算得出本项目各放射源源罐或源容器外表面 5cm 处的 辐射剂量率。

11.2.1.1 类比可行性分析

为预测本项目环评所用放射源源罐/源容器外表面剂量率，本次选取了西安威尔罗根能源科技有限公司靖边源库相同出厂活度的放射源以及相同屏蔽材料进行类比监测，监测数据来源于《西安威尔罗根能源科技有限公司放射源及源库辐射环境监测报告》（报告编号：XAZC-JC-2023-0292，见附件 5）。本次类比的放射源与本项目拟购置的放射源主要技术参数如下表所示。

表 11-1 类比技术参数一览表

名称	类比对象参数		评价对象参数	
	放射源	放射源及源罐参数	放射源	放射源及源罐参数
中子测井源	²⁴¹ Am-Be	出厂日期：2010.11.15	²⁴¹ Am-Be 源	出厂日期：/
		出厂活度（Bq）：6.66E+11		出厂活度（Bq）：6.66E+11
		源罐尺寸：φ43cm，H57cm		源罐尺寸：φ43cm，H57cm
		屏蔽设计：18cm 含硼聚乙烯+8mm 钢		屏蔽设计：18cm 含硼聚乙烯+8mm 钢
中子校验源	²⁴¹ Am-Be	出厂日期：2013.03.05	²⁴¹ Am-Be	出厂日期：/
		出厂活度（Bq）：1.48E+10		出厂活度（Bq）：1.48E+10
		源箱尺寸：长 30cm×宽 30cm×高 30cm		源箱尺寸：长 30cm×宽 30cm×高 30cm
		屏蔽设计：15cm 有机玻璃		屏蔽设计：15cm 有机玻璃
密度测井源	¹³⁷ Cs	出厂日期：2013.01.31	¹³⁷ Cs	出厂日期：/
		出厂活度（Bq）：7.40E+10		出厂活度（Bq）：7.40E+10

		源罐尺寸: φ20cm, H28cm			源罐尺寸: φ20cm, H28cm	
		屏蔽设计: 2cm 钨铀合金+5cm 铅+5mm 钢			屏蔽设计: 2cm 钨铀合金+5cm 铅+5mm 钢	
校验源	¹³⁷ Cs 双胞胎源	出厂日期: 2012.07.05		¹³⁷ Cs 双胞胎源	出厂日期: /	
		出厂活度 (Bq)	1.85E+07		出厂活度 (Bq)	1.85E+07
			1.48E+06			1.48E+06
		源容器尺寸: 长 30cm×宽 15cm×高 10cm			源容器尺寸: 长 30cm×宽 15cm×高 10cm	
屏蔽设计: 5cm 钢		屏蔽设计: 5cm 钢				

11.2.1.2 类比计算结果

首先根据类比放射源的出厂日期以及出厂活度, 通过公式 $A_{(t)} = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 (1/2)^{t/T}$ 可计算求得放射源剩余活度。再根据现存活度下源罐外表面5cm处的检测结果, 计算出厂活度下源罐外表面5cm处的辐射剂量率, 即为本项目拟购置的放射源源罐外表5cm处的辐射剂量率。本次选取类比的放射源现存活度监测结果及推算出的出厂活度计算结果见表11-2。

表11-2 类比项目放射源源罐/容器外表面5cm剂量率

序号	放射源	检测点位	距离 Rm	现存活度下剂量率 μSv/h		出厂活度下剂量率 μSv/h	
				非中子透射导致	中子透射导致	非中子透射导致	中子透射导致
1	²⁴¹ Am-Be 测井源	距源罐外表面 5cm 处	0.26	267	561	273	573
2	²⁴¹ Am-Be 校验源	距源箱外表面 5cm 处	0.20	23.4	238	24	242
3	¹³⁷ Cs 测井源	距源罐外表面 5cm 处	0.14	165	/	211	/
4	¹³⁷ Cs 双胞胎源	距源箱外表面 5cm 处 (大源侧)	0.1	42.9	/	55.5	/
		距源箱外表面 5cm 处 (小源侧)	0.1	5.12	/	6.62	/

备注: 表中距离Rm为放射源本体到源罐表面距离+源罐外表面5cm。

表11-3 测井用放射源源罐载源时表面5cm周围剂量当量率控制值

源罐内源种类	放射性核素活度 GBq(Ci)	源罐载源时表面5cm周围剂量当量率控制值	
		由非中子透射导致的周围剂量当量率控制值	中子透射导致的周围剂量当量率控制值
中子源	>185(5)	≤2mSv/h	≤10mSv/h
	≤185(5)	≤1mSv/h	≤5mSv/h
γ源	>18.5(0.5)	≤2mSv/h	-
	≤18.5(0.5)	≤1mSv/h	-

根据表 11-2 计算结果，对比表 11-3 可知，该项目拟购置测井密封放射源源罐表面 5cm 剂量率限值满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）规定的源罐表面剂量率限值要求。

11.2.2 辐射环境影响分析

根据密封放射源测井工作流程，主要考虑以下环节对环境和人员产生影响：

11.2.2.1 放射源交接给测井单位、将放射源转移至测井车防护仓环节

放射源随运源车进入测井现场后，放射源运输单位（中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司）将放射源交给濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司，经濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司辐射工作人员对源罐表面进行剂量率监测，确认放射源处于源罐内，核对放射源类型、数量等信息与测井方案一致后，由濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司辐射工作人员将放射源转移至测井车的防护仓内，此过程持续时间约 2min。此环节辐射工作人员会受到源罐表面残留的射线（中子、γ 射线）辐射影响。

人员受到年附加有效剂量可使用以下公式进行计算：

$$H = (H_I \times T + K\delta \times T) \times U \quad (\text{公式11-1})$$

式中：

H—人员年接受照射剂量，单位mSv；

T—人员年接受照射时间，单位h；

U—居留因子，无量纲；

H_I—中子剂量当量率，mSv/h；

Kδ—γ辐射剂量率，mSv/h；

此环节中放射源位于源罐中，放射源罐表面距人员距离约为1m，监测确认及放射源罐转移至测井车防护仓过程时间约2min，则根据表11-2源罐外表面5cm处的辐射剂量率结合距离衰减公式（ $X_1=X_0 (R_0/R)^2$ ）进行计算，此环节人员受到剂量见表11-4。

表 11-4 放射源确认、转移至测井车防护仓环节人员附加有效剂量估算

类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位 距离 Rm	人员操作位 剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	单 次 操 作 时 间 min	年 累 计 时 间 min	附加有效剂量 μSv		备注
放射源 源罐监 测及从	$^{241}\text{Am-Be}$	6.66×10^{11}	1.21	12.60	2	100	21.01	65.10	γ 射线贡献
			1.21	26.46	2	100	44.09		中子贡献
运源车 搬运至	^{137}Cs	7.40×10^{10}	1.10	3.48	2	100	5.80		γ 射线贡献
测井车 防护仓 工作人 员	$^{241}\text{Am-Be}$	1.48×10^{10}	1.15	0.73	2	100	1.21	13.41	γ 射线贡献
			1.15	7.32	2	100	12.20		中子贡献
胎*	^{137}Cs 双 胎*	1.85×10^7	1.05	0.50	2	100	0.84		γ 射线贡献
		1.48×10^6	1.05	0.06	2	100	0.10		
小计							85.25		/

备注：1、人员操作位距离 R=人员操作位到源罐表面的距离+源罐表面到放射源本体距离；

2、*表示为二者双胞胎源，人员操作位处剂量率从保守角度，取 2 枚 ^{137}Cs 放射源 1.05m 剂量率之和作为人员操作位处剂量率进行计算。

11.2.2.2 测井仪器校验源搬运及校验环节

根据测井规范，每次测井前、后，必须取出校验放射源对测井仪器进行校验。该项目由 2 名辐射工作人员将校验源从测井仪器防护仓取出，搬运至井场，进行测井仪器下井前校验，校验完成后，将校验源搬回测井车防护仓；测井完成后，还需要进行测井仪器的校验，以确认测井仪器处于正常的工作状态，此时需要将测井仪器使用的校验源从防护仓取出，完成校验操作后，将校源后运回至测井车防护仓。此过程中，单次放射源从测井车防护仓运输至测井场地、测井场地将放射源搬运至测井车防护仓往返时间约为 6min（单向搬运时间约为 3min），搬运时人员距离源罐距离为 1m，根据表 11-2 源罐外表面 5cm 处的辐射剂量率结合距离衰减公式（ $X_1=X_0 (R_0/R)^2$ ）计算距放射源源罐 1m 处的剂量率，计算校验源搬运过程对辐射工作人员影响，计算结果见表 11-5。

表11-5 校验源从测井车防护仓搬运至测井现场往返过程所致人员附加有效剂量估算

类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作 位距离 Rm	人员操作位 剂量率 μSv/h	单次往返 操作时间 min	年累计 时间 min	附加有效剂 量μSv		备注	
校 验 源 搬 运 人 员	241Am- Be	1.48×10 ¹⁰	1.15	0.73	6	300	3.63	40.23	γ射线贡献	
			1.15	7.32	6	300	36.60		中子贡献	
	137Cs 双 胞胎*	1.85×10 ⁷	1.05	0.50	6	300	2.52		γ射线贡献	
			1.48×10 ⁶	1.05	0.06	6	300	0.30		中子贡献
	小计							43.05		/
	该项目测井前、后均进行校验，涉及2次校验源往返搬运，期间搬运过程所致人员接受的剂量为单次剂量的2倍							86.10		/

备注：1、人员操作位距离R=人员操作位到源罐表面的距离+源罐表面到放射源本体距离；

2、*表示为二者双胞胎源，人员操作位处剂量率从保守角度，取2枚¹³⁷Cs放射源1.05μSv/h之和作为人员操作位处剂量率进行计算。

该项目使用的1枚中子校验源（²⁴¹Am-Be放射源：活度为1.48×10¹⁰Bq）、2枚γ校验源（双胞胎源¹³⁷Cs：活度分别为1.85×10⁷Bq、1.48×10⁶Bq）。根据测井规范，当使用²⁴¹Am-Be（活度为6.66×10¹¹Bq）的中子源测井时，每次测井前、后用²⁴¹Am-Be（活度为1.48×10¹⁰Bq）对测井仪器进行校验，每次校验时放射源耗时约2min，共计4min；当使用¹³⁷Cs（活度为7.4×10¹⁰Bq）的γ源测井时，每次测井前、后用¹³⁷Cs（活度分别为1.85×10⁷Bq、1.48×10⁶Bq）对测井仪器进行校验，每次校验时放射源耗时约2min，共计4min，此过程放射源处于裸露状态。使用公式11-2、11-3计算校验过程对辐射工作人员影响，计算结果见表11-6。

根据《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰著），²⁴¹Am-Be 校验源和 ¹³⁷Cs 校验源裸源状态的剂量当量率按下式进行计算：

²⁴¹Am-Be源中子剂量当量率估算

$$H_I = \frac{\delta}{4\pi r^2} f_{H_I, n} \quad (\text{公式11-2})$$

式中：H_I——中子剂量当量率，Sv/s；

δ——中子源中子发射率，s⁻¹；δ=Ay，A为中子源活度，Bq，y为中子产额；²⁴¹Am-Be中子源为54.1×10⁻⁶s⁻¹·Bq⁻¹（查《辐射防护导论》中表5.1）；

r——参考点距中子源的距离，m；

$f_{HI, n}$ ——中子的剂量当量指数因子, Sv·m²; 查《辐射防护导论》中表5.6, ²⁴¹Am-Be 中子源的剂量当量指数因子为39.5×10⁻¹⁵Sv·m²;

²⁴¹Am-Be中子源既产生中子又产生γ射线, ²⁴¹Am-Be中子源裸源产生的γ射线剂量率与¹³⁷Cs源产生的γ射线率采用以下公式进行计算;

$$K_{\delta} = \frac{A}{I^2} \Gamma_{\delta} \quad (\text{公式11-3})$$

式中: Γ_{δ} 为空气比释动能率常数, ¹³⁷Cs 空气比释动能率常数为 0.077μSv·m²/(MBq·h), 对于 ²⁴¹Am-Be 放射源, 空气比释动能率常数为 4.72×10⁻⁴μSv·m²/(MBq·h);

A为活度, 单位Bq;

I为计算点与源的距离, 单位m。

表11-6 校验过程人员附加有效剂量估算

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位距离 Rm	人员操作位剂量率 μSv/h	单次操作时间 min	年累计时间 min	附加有效剂量 μSv		备注	
校验人员	²⁴¹ Am-Be	1.48×10 ¹⁰	1.3	4.13	2	100	6.89	15.82	γ射线贡献	
			1.3	5.36	2	100	8.94		中子贡献	
	¹³⁷ Cs 双胞胎*	1.85×10 ⁷ 1.48×10 ⁶	1.3	0.84	2	100	1.40		γ射线贡献	
			1.3	0.07	2	100	0.11		γ射线贡献	
	小计							17.33		/
	该项目测井前、后均进行校验, 期间校验过程所致人员产生的剂量为单次剂量的2倍							34.66		/

备注: 人员操作位距离R=人员操作位到取源器距离0.3m+取源器长度1.0m。

11.2.2.3将测井用放射源搬运至井口环节

测井仪器完成校验后, 2名辐射工作人员需将测井用的放射源搬运至井口平台, 以便下一步进行测井仪器放射源的安装; 此过程会受到源罐表面残留的射线影响。此环节测井放射源位于源罐中, 放射源罐表面距人员操作位距离约为1m, 放射源罐转移

至测井现场过程时间约3min，根据表11-2源罐外表面5cm处的辐射剂量率结合距离衰减公式（ $X_1=X_0(R_0/R)^2$ ）计算距放射源源罐1m处的剂量率，计算放射源搬运过程对辐射工作人员影响，计算结果见表11-7。

表11-7 测井用放射源搬运至测井井口环节人员附加有效剂量估算

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位 距离 Rm	人员操作位 剂量率 μSv/h	单次操作 时间 min	年累计 时间 min	附加有效剂量 μSv		备注
放射源搬运至测井井口处辐射工作人员	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	1.21	12.60	3	150	31.51	97.65	γ射线贡献
			1.21	26.46	3	150	66.14		中子贡献
	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹¹	1.10	3.48	3	150	8.70	γ射线贡献	
	小计						106.35	/	

备注：人员操作位距离 R=人员操作位到源罐表面的距离+源罐表面到放射源本体的距离

11.2.2.4测井仪器放射源的安装环节

本项目在同时使用密度源和中子源开展测井工作时，两种放射源通常为一上一下的方式进行装源操作。本项目测井放射源的装源由1名专业的辐射工作人员完成，在操作过程中，使用取源器（长度≥1m）进行放射源的安装工作，同时在测井现场划定控制区，安排1名人员在控制区边界巡逻，防止无关人员进入控制区边界内。此过程放射源处于裸源状态，会对装源的辐射工作人员产生较大的辐射影响，放射源装源过程约30s，年装源50次。使用公式11-2、11-3进行计算，装源过程对测井工作人员的影响见表11-8。

该项目测井仪器在安装放射源时，设置控制区，安排1名人员在控制区边界进行巡逻，防止无关人员进入到控制区边界内，人员停留位置处剂量率取控制区边界剂量率2.5μSv/h，测井仪器装源时间取30s，则依据公式11-1进行计算，装源过程对控制区边界巡查辐射工作人员的影响见表11-8。

表 11-8 测井仪器放射源装源环节辐射工作人员附加有效剂量估算

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位距离 Rm	人员操作位剂量率 μSv/h	单次操作时间 min	年累计时间 min	附加有效剂量 μSv		备注
装源人员	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	1.3	186	0.5	25	77.50	178.03	γ射线贡献
				241	0.5	25	100.52		中子贡献
	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹⁰	1.3	3.37E+03	0.5	25	1404.83		γ射线贡献
	小计							1582.86	
控制区边界 巡逻人员	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	控制区边界	2.5	0.5	25	1.04		γ射线+中子贡献
	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹⁰	控制区边界	2.5	0.5	25	1.04		γ射线贡献
	小计							2.08	

备注：人员操作位距离R=人员操作位到取源器距离0.3m+取源器长度1m

11.2.2.5 测井仪器放射源的安装环节测井过程

由于测井位置位于井内600m~5000m深度，放射源经岩土屏蔽、距离衰减后辐射影响较小，在地表剂量率贡献值远小于当地环境本底。此过程辐射影响较小，可忽略不计。

11.2.2.6 测井仪器放射源拆卸

本项目在测井工作完成后，两种放射源通常为一上一下的方式进行卸源操作。放射源的拆卸由测井公司辐射工作人员完成，操作过程中，工作人员佩戴相应的辐射防护用品，使用专业的工具进行放射源的拆卸工作，同时在测井现场划定控制区，安排人员在控制区边界巡逻，防止无关人员进入控制区边界内。此过程放射源处于裸源状态，会对卸源的辐射工作人员产生较大的辐射影响。放射源卸源过程约30s，年卸源50次，使用公式11-2、11-3进行计算，卸源过程对测井工作人员的影响见表11-9。

表11-9 测井仪器放射源卸源环节辐射工作人员附加有效剂量估算

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位距离 Rm	人员操作位剂量率 μSv/h	单次操作时间 min	年累计时间 min	附加有效剂量 μSv		备注
卸源人员	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	1.3	186	0.5	25	77.50	178.03	γ射线贡献
				241	0.5	25	100.52		中子贡献
	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹⁰	1.3	3.37E+03	0.5	25	1404.83		γ射线贡献
	小计							1582.86	

控制区边界巡逻人员	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	控制区边界	2.5	0.5	25	1.04	γ射线+中子贡献
	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹⁰	控制区边界	2.5	0.5	25	1.04	γ射线贡献
	小计						2.08	/

备注：人员操作位距离R=人员操作位到取源器距离0.3m+取源器长度1m。

11.2.2.7 将测井用放射源搬运至测井车防护仓

将放射源搬运至测井车防护仓内，待运源车达到测井现场后，将放射源转移至运源车内。此过程辐射工作人员主要受到源罐表面残留的射线影响。此环节测井放射源位于源罐中，放射源罐表面距人员距离约为1m，放射源罐转移至测井防护仓过程时间约3min，根据表11-2源罐外表面5cm处的辐射剂量率结合距离衰减公式（ $X_i=X_0 (R_0/R)^2$ ）计算距放射源源罐1m处的剂量率，计算放射源搬运过程对辐射工作人员影响，此环节人员受到辐射影响见表11-10。

表11-10 放射源转移至测井车防护仓环节人员附加有效剂量估算

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位距离 Rm	人员操作位剂量率 μSv/h	单次操作时间 min	年累计时间 min	附加有效剂量 μSv		备注
放射源从井口转移至测井车防护仓处辐射工作人员	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	1.21	12.60	3	150	31.5	97.65	γ射线贡献
			1.21	26.46	3	150	66.15		中子贡献
辐射工作人员	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹⁰	1.10	3.48	3	150	8.7		γ射线贡献
			小计						106.35

备注：人员操作位距离R=人员操作位到源罐表面的距离+源罐表面到放射源本体的距离。

11.2.2.7.8 放射源搬运至运源车，交接给运输单位环节

运源车到达测井现场后，工作人员对源罐表面进行剂量率监测，确认放射源处于源罐内，放射源类型、数量等信息与需运输的放射源确认无误后，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司辐射工作人员将放射源从测井车防护仓搬运至运源车内，放射源交给中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司（运输单位），由该公司将放射源运回源库。此环节中放射源位于源罐中，放射源罐表面距人员距离约为1m，放射源罐转移至测井车防护仓过程时间约2min，根据表11-2源罐外表面5cm处的

辐射剂量率结合距离衰减公式 ($X_1=X_0 (R_0/R)^2$) 计算距放射源源罐1m处的剂量率, 此环节人员受到辐射影响见11-11。

表11-11 从测井车防护仓将放射源交接给运源车人员附加有效剂量估算

类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位 距离 Rm	人员操作位 剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	单次 操作 时间 min	年累计 操作 时间 min	附加有效剂量		备注
							μSv		
从测井车 防护仓将 放射源交 接给运源 车人员	$^{241}\text{Am-Be}$	6.66×10^{11}	1.21	12.60	2	100	21.01	65.10	γ 射线贡献
			1.21	26.46	2	100	44.09		中子贡献
	^{137}Cs	7.40×10^{10}	1.10	3.48	2	100	5.80		γ 射线贡献
	$^{241}\text{Am-Be}$	1.48×10^{10}	1.15	0.73	2	100	1.21	13.41	γ 射线贡献
			1.15	7.32	2	100	12.20		中子贡献
	^{137}Cs 双胎*	1.85×10^7	1.05	0.50	2	100	0.84		γ 射线贡献
			1.05	0.06	2	100	0.10		
	小计							85.25	

备注: ①人员操作位距离R=人员操作位到源罐表面的距离+源罐表面到放射源本体距离;

②*表示为二者双胞胎源, 人员操作位处年附加有效剂量取2枚 ^{137}Cs 放射源1.05m处剂量之和进行计算。

11.3 辐射剂量估算

11.3.1 放射性职业人员年附加有效剂量估算

根据建设单位提供的资料, 本项目拟配备辐射工作人员6人, 安排2组人员 (3名井口操作工、1名测井队长, 分为2组, 每组2人) 负责放射源交接、搬运、仪器校验、测井仪器装源、测井仪器卸源工作, 每组人员轮流进行操作, 每组人员年测井数量为25口井。其中, 每组人员装卸源时, 1人负责测井现场装源、卸源时控制区边界巡逻工作, 1人负责装卸源操作, 其余环节均由2人进行操作。除此之外, 安排1名绞车工、1名测井仪器工在测井车内分别进行绞车控制、测井仪器数据采集工作, 年测井数量50口井。

11.3.1.1 井口操作工、测井队长有效剂量估算

放射源交接、搬运、仪器校验、测井仪器装卸源环节由2组辐射工作人员 (3名井口操作工、1名测井队长) 承担, 人员年附加有效剂量计算结果见表11-12。

表11-12放射源交接、搬运、仪器校验及装卸源环节辐射工作人员年受照剂量

序号	环节	各环节所致人员年附加剂量 μSv (年测井 50 口井)	人员总附加剂量 mSv	分组情况	辐射工作人员年附加剂量
1	放射源交接给测井单位，从运源车搬运至测井车防护仓	85.25	3.67	2 组，每组 2 人	0.92
2	测井仪器校验源的 2 次往返搬运	86.10			
3	测井仪器 2 次校验	34.66			
4	测井放射源搬运至测井现场井口平台处	106.35			
5	测井仪器装源	1582.86			
6	装源时控制区边界巡查	2.08			
7	测井仪器下井	放射源位于地表 600m 以下，不会对辐射工作人员产生剂量贡献			
8	测井仪器卸源	1582.86			
9	卸源时控制区边界巡查	2.08			
10	测井用的放射源从井口搬运至测井车防护仓	106.35			
11	放射源从测井车防护仓搬运至运源车	85.25			

由表11-11可知，在校验、搬源、转运、测井等过程中，每组辐射工作人员人均年附加有效剂量约为0.92mSv。实际测井操作过程中，辐射工作人员应提高操作熟练程度，减少测井仪器装、卸放射源时间，进一步减少职业人员年附加有效剂量。

11.3.1.2绞车工、仪器操作工有效剂量估算

根据建设单位提供的资料，该项目拟购测井车，防护仓屏蔽材料由 2cm 聚乙烯材料+5mm 铅板+4mm 钢板组成。测井时，测井车位于测井井口 25~40m 范围区域，测井车上安排 1 名绞车工进行绞车控制操作、1 名仪器操作工负责测井仪器数据采集工作。

测井过程中，测井车内辐射工作人员主要受到测井仪器安装、拆卸放射源和测井车防护仓内现有的校验源的辐射影响。从保守角度，取测井车内操作人员距测井井口

25m，安装、拆卸放射源时间分别为30s，则依据公式11-1~公式11-3以及类比监测数据可得，装卸源所致测井车内人员年附加有效剂量见表11-13；测井车人员在测井车内操作，可能受测井车防护仓内校验源源罐表面剂量率影响，测井车人员距离防护仓距离约3.5m（根据表11-2源罐外表面5cm处的辐射剂量率结合距离衰减公式（ $X_1=X_0 (R_0/R)^2$ ）进行计算距放射源源罐3.5m处的剂量率，单口井地层放射性段（密封放射源测量目的地层）测量时间约为6~8h，校验源所致测井车内辐射工作人员年附加有效剂量见表11-14。

表11-13测井仪器放射源装源、卸源环节所致测井车内人员附加有效剂量估算

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作 位距 离 Rm	人员操作 位剂量率 μSv/h	单井操 作时间 min	年累计 时间 min	附加有效剂量 μSv		备注
测井车人 员	²⁴¹ Am-Be	6.66×10 ¹¹	25	0.50	1	50	0.42	0.96	γ射线贡献
			25	0.65	1	50	0.54		中子贡献
	¹³⁷ Cs	7.4×10 ¹⁰	25	9.12	1	50	7.60		γ射线贡献
	小计							8.56	

表11-14 防护仓内校验源所致测井车人员附加有效剂量估算

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	人员操作 位距离 Rm	人员操作 位剂量率 μSv/h	单井操 作时间 min	年累计 时间 h	附加有效剂量 μSv		备注
测井车人 员	²⁴¹ Am-Be	1.48×10 ¹⁰	3.5	7.84E-02	480	400	31.35	347.43	γ射线贡献
			3.5	0.7902	480	400	316.08		中子贡献
	¹³⁷ Cs 双胞胎 源	1.85×10 ⁷	3.5	4.53E-02	480	400	18.12		γ射线贡献
			3.5	5.4E-03	480	400	2.16		γ射线贡献
	小计							367.71	

备注：表中计算结果从保守角度，仅考虑了源罐的屏蔽效果，未考虑测井车源仓和车辆的屏蔽效果。

由表11-13、表11-14可知，密封放射源测井过程所致测井车内人员年附加有效剂量为8.56μSv+367.71μSv=376.27μSv≈0.38mSv。

综上所述，密封放射源测井所致放射源交接、校验、测井仪器装卸放射源辐射工作人员年附加有效剂量为0.92mSv，所致测井车内辐射工作人员年附加有效剂量为0.38mSv。因此本项目密封放射源测井所致辐射工作人员最大年附加有效剂量为

0.92mSv，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职业人员年剂量约束值5mSv。

11.3.2 公众年附加有效剂量估算

由前文环境保护目标可知，该项目涉及的公众分为2名测井工作司机和进入到评价范围内偶然停留人员。

该项目测井现场为流动场所，进行密封放射源测井作业时，对于公众的辐射影响主要考虑放射源裸源状态（校验过程、测井仪器装卸测井用的放射源过程）对公众的辐射影响。实际测井工作中，2名测井工作司机与其它偶然停留的人员均位于控制区边界外（控制区边界距井口距离为48m），测井工作司机、其它公众居留因子分别取1、1/16，项目所致公众年附加最大有效剂量分别见表11-15、表11-16。

表11-15 校验过程、测井仪器装卸源过程所致测井工作司机年附加有效剂量估算

环节	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位距离 Rm	人员操作位剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	停留时间 min	居留因子	附加有效剂量 μSv	备注
2次校验环节	$^{241}\text{Am-Be}$	1.48×10^{10}	48	$3.93\text{E-}03$	200	1	0.013	中子贡献
			48	$3.03\text{E-}03$	200	1	0.01	γ 射线贡献
	^{137}Cs	1.85×10^7	48	$6.18\text{E-}04$	200	1	$2.06\text{E-}03$	γ 射线贡献
	^{137}Cs	1.48×10^6	48	$4.95\text{E-}05$	200	1	$1.65\text{E-}04$	γ 射线贡献
测井仪器装卸源环节	$^{241}\text{Am-Be}$	6.66×10^{11}	48	0.177	50	1	0.148	中子贡献
			48	0.137	50	1	0.114	γ 射线贡献
	^{137}Cs	7.4×10^{10}	48	2.473	50	1	2.061	γ 射线贡献
小计							2.348	/

表11-16 校验过程、测井仪器装卸源过程所致控制区边界外偶然停留人员年附加有效剂量估算

环节	放射源	出厂活度 Bq	人员操作位距离 Rm	人员操作位剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	停留时间 min	居留因子	附加有效剂量 μSv	备注
2次校验环节	$^{241}\text{Am-Be}$	1.48×10^{10}	48	$3.93\text{E-}03$	200	1/16	$8.19\text{E-}04$	中子贡献
			48	$3.03\text{E-}03$	200	1/16	$6.31\text{E-}04$	γ 射线贡献
	^{137}Cs	1.85×10^7	48	$6.18\text{E-}04$	200	1/16	$1.29\text{E-}04$	γ 射线贡献
	^{137}Cs	1.48×10^6	48	$4.95\text{E-}05$	200	1/16	$1.03\text{E-}05$	γ 射线贡献
测井仪器装	$^{241}\text{Am-Be}$	6.66×10^{11}	48	0.177	50	1/16	$9.22\text{E-}03$	中子贡献

卸源环节			48	0.137	50	1/16	7.14E-03	γ射线贡献
	¹³⁷ Cs	7.4×10 ¹⁰	48	2.473	50	1/16	0.129	γ射线贡献
小计							0.147	/

根据表 11-14、表 11-15 计算结果可知，在划分控制区范围后放射源测井所致司机、偶然到达测井范围内人员年附加有效剂量分别为 2.348E-03mSv、1.47E-04mSv，低于本次环评提出的年剂量约束值 0.1mSv，对公众产生辐射影响较小。

11.4 放射性同位素示踪测井

11.4.1 释放器搬运、安装和下井过程辐射剂量率估算

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 11-17；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。

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有效剂量率可按照以下公式计算

$$\dot{X}_r = \dot{X}_1 / r^2 \quad (\text{公式 11-4})$$

$$\dot{D} = 8.73 \times 10^{-3} \dot{X}_r \quad (\text{公式 11-5})$$

$$H = \sum W_R \dot{D} \quad (\text{公式 11-6})$$

式中： \dot{X}_r ——距放射源r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¹³¹I和¹³¹Ba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》（第一分册辐射源与屏蔽）表1.11查得：¹³¹Ba照射量率常数取0.229R·m²/h·Ci；¹³¹I照射量率常数取0.22R·m²/h·Ci。

r——计算点与源的距离， m；

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。

由此计算的放射源裸露状态下，放射源周围的辐射剂量水平见表11-17。

表11-17 裸源情况下不同距离处的 γ 辐射剂量当量率估算

距离	辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$) 活度1.0mCi ($3.7 \times 10^7\text{Bq}$)	
	^{131}Ba	^{131}I
0.05m	799.6680	768.2400
0.1m	199.9170	192.0600
0.5m	7.9967	7.6824
0.876m	2.6052	2.5000
0.894m	2.5000	2.4030
1m	1.9992	1.9206
1.5m	0.8885	0.8536
2m	0.4998	0.4802
3m	0.2221	0.2134
4m	0.1249	0.1200
5m	0.0800	0.0768
10m	0.0200	0.0192
15m	0.0089	0.0085
20m	0.0050	0.0048
25m	0.0032	0.0031
30m	0.0022	0.0021
35m	0.0016	0.0016
40m	0.0012	0.0012
45m	0.0009	0.0009
50m	0.0008	0.0008

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11-17可见，测井过程中距离1mCi ^{131}Ba 放射源0.5m处的辐射剂量当量率为7.9967 $\mu\text{Sv/h}$ ；距离1mCi ^{131}I 放射源0.5m处辐射剂量当量率为7.6824 $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据表11-17的计算结果，距1.0mCi ^{131}Ba 放射源0.894m处的辐射剂量当量率为2.50 $\mu\text{Sv/h}$ ；距1.0mCi ^{131}I 放射源0.876m处的辐射剂量当量率2.50 $\mu\text{Sv/h}$ ，为方便管理，本次评价拟将井口为中心周围2m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。将井口周围2m范围内划定为控制区可以满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中相关要求。

11.4.2 个人年附加有效剂量估算

由于释放器拆卸过程中，放射性同位素¹³¹Ba或¹³¹I已在井下完成释放，对外环境影响很小，因此测井过程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¹³¹Ba或¹³¹I衰变主要产生的γ射线穿透释放器防护体对外环境产生影响。根据实际项目经验及建设单位提供资料，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10min。测井时工作人员穿戴专用工作服、佩戴口罩，操作人员还应佩戴铅衣、铅手套等防护用品。

11.4.2.1 职业人员年附加有效剂量

(1) 估算模式

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：

$$H_{\gamma}=D_{\gamma}\times T\times 1\times 10^{-6}(\text{公式 11-7})$$

式中：

H_{γ} ——γ辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D_{γ} ——γ辐射剂量率，nGy/h；

T——年工作时间，h；

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司放射性同位素¹³¹Ba和¹³¹I年最大用量总计不超过 $3.7\times 10^9\text{Bq}$ ，累计测井年最大工作量不超过50口/年；鉴于两种放射性同位素使用情况的不确定性，¹³¹Ba或¹³¹I累计测井年最大工作量均有可能达到50口/年，故本次评价以最不利情况考虑，¹³¹Ba或¹³¹I累计测井年最大工作量为50口/年时，估算职业人员年附加有效剂量。根据表11-17预测结果，使用放射性同位素¹³¹Ba和¹³¹I测井过程中职业人员和工作所受照射剂量见表11-18。

表 11-18测井过程职业人员受照射剂量估算

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)	年受照时间 (h)	职业人员居留位置当量剂量率 (μSv/h)	职业人员年受照射剂量 (mSv/a)	
¹³¹ Ba	释放器搬运	60	50	0.84	7.9967	6.72E-03	4.42E-02

	释放器安装	300	50	4.17	7.9967	3.33E-02	
	释放器下井	600	50	8.34	0.4998	4.17E-03	
¹³¹ I	释放器搬运	60	50	0.84	7.6824	6.45E-03	4.25E-02
	释放器安装	300	50	4.17	7.6824	3.20E-02	
	释放器下井	600	50	8.34	0.4802	4.00E-03	

注：本项目释放器搬运、安装职业人员居留位置当量剂量率按 ¹³¹Ba、¹³¹I 裸源情况 0.5m 处的剂量估算，释放器下井过程中，职业人员居留位置当量剂量率随释放器的下降而减小，本次估算按 ¹³¹Ba、¹³¹I 裸源情况 2m 处的剂量估算。

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 2 名；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 ¹³¹I 和 ¹³¹Ba 不同时使用，同位素 ¹³¹I 和 ¹³¹Ba 示踪测井累计最大工作量为 50 口/年，根据辐射剂量估算结果，职业人员在使用同位素 ¹³¹Ba 或 ¹³¹I 示踪测井时年附加有效剂量分别为 4.42E-02mSv、4.25E-02mSv；可见，职业人员在使用同位素测井过程中，所接受的年附加有效剂量最大值为 4.42E-02mSv，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职业人员年剂量约束值（5mSv）。可见，在测井过程中，放射性同位素 ¹³¹Ba 或 ¹³¹I 产生的 γ 射线对辐射工作人员的影响很小。

（2）公众剂量分析

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 2m 范围内划定为控制区，10m 处为井场范围，在 10m 米处设围栏及“当心电离辐射”标志，设专人巡视，除测井操作人员外，一般公众不会靠近。根据前文计算可知，在无防护措施屏蔽下，距离 ¹³¹Ba 源 10 米处的辐射剂量当量率为 0.02 μ Sv/h，距离 ¹³¹I 源 10 米处的辐射剂量当量率为 0.0192 μ Sv/h，偶然有公众经过一般在围栏范围外，公众停留最大时间按照释放器从搬运至下井时间计算（16min），则公众距离 ¹³¹Ba 源 10 米处的外照射剂量为 5.33E-06mSv，距离 ¹³¹I 源 10 米处的外照射剂量为 5.12E-06mSv，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公众人员年剂量约束值 0.1mSv，评价认为该项目运行对公众产生辐射影响较小。

事故影响分析

11.5 放射源测井事故影响分析

11.5.1 事故风险因素分析

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 4 个等级，详见表 11-19。

表 11-19 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，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以上（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。

①因辐射工作人员操作不当，在装源和卸源过程中放射源从取源器跌落，从而增加放射源操作时间，对操作人员产生额外照射；

②现场测井时，公众误入控制区内，受到超剂量照射；

③放射源从井底提升至井口过程，出现卡源事故，不能及时收回，造成职业人员受到长时间超剂量照射；

④由于工作人员疏忽、失职及管理人员管理不当，造成放射源丢失、被盗；

⑤测井现场因火灾或局部压力作用，源罐屏蔽失效，造成裸源事故；

⑥放射源因未上紧，在下井过程中受外力作用跌入井内。

放射源的最大潜在危害及环境风险因子及事故等级见表 11-20。

表 11-20 放射源的最大潜在危害及环境风险因子及事故等级

项目	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	受影响人员	危害结果	事故等级
²⁴¹ Am-Be II 类放射源	中子、γ射线	放射源丢失、被盗、卡源、跌落、失控	公众、职业人员	造成人员死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾	特别重大、重大辐射事故

²⁴¹ Am-Be、 ¹³⁷ Cs IV类放射源	中子、 γ 射线	放射源丢失、被盗、卡源、跌落、失控	公众、职业人员	造成职业人员、公众超剂量照射	一般辐射事故
¹³⁷ Cs V类放射源	γ 射线	放射源丢失、被盗、卡源、跌落、失控	公众、职业人员	造成职业人员、公众超剂量照射	一般辐射事故

11.5.2 辐射事故识别

11.5.2.1.1 放射源源罐丢失、被盗事故影响分析

测井用密封放射源可能存在保管不善，发生放射源源罐丢失、被盗，造成公众超剂量辐射事故。根据该项目表 11-17 计算出的源罐表面 5cm 处周围剂量当量率，²⁴¹Am-Be（活度 6.66×10^{11} Bq）源罐外表面 5cm 处周围剂量率为 0.828mSv/h，¹³⁷Cs（活度 7.4×10^{10} Bq）源罐外表面 5cm 处周围剂量率为 0.165mSv/h，如果公众近距离接触 ²⁴¹Am-Be 放射源、¹³⁷Cs 放射源（放射源位于源罐中），如果事故持续发生 1.2h、6h，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。根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号），本项目 II 类放射源丢失、被盗为重大辐射事故。

11.5.2.1.2 放射源丢失、被盗后裸源事故状态影响分析

由于公众对于放射源认识不足，可能存在放射源被拾取或偷盗后，源罐遭到破坏或放射源被取出，造成公众超剂量辐射事故。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：“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”。由上文计算可得，距测井源 ²⁴¹Am-Be（活度 6.66×10^{11} Bq）1m 处最大剂量当量率为 0.427mSv/h，经计算如果事故持续发生 2.3h，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 的剂量限值；距测井源 ¹³⁷Cs（活度 7.4×10^{10} Bq）1m 处最大剂量当量率为 3.37mSv/h，经计算如果事故持续发生 17.8min，将造成公众受到超过 1mSv/a 的剂量限值。

11.5.2.3 测井过程中放射源卡源或跌落失控裸源事故影响分析

根据《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）：“石油放射性测井作业人员的调查水平为 4mSv/a”、“对石油放射性测井作业人员年职业照射剂量达到调查水平以上者，应进行调查”。由文计算可知，距测井源 ²⁴¹Am-Be（活度 6.66×10^{11} Bq）1m 处最大剂量当量率为 0.427mSv/h，经计算如果事故持续发生 9.4h，

将造成职业人员受到超过《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）中4mSv/a 调查水平剂量限值；距测井源 ^{137}Cs （活度 $7.4 \times 10^{10}\text{Bq}$ ）1m 处最大剂量当量率为 3.37mSv/h，经计算如果事故持续发生 1.2h，将造成职业人员受到超过 4mSv/a 调查水平剂量限值。

11.5.3 事故防范措施

（1）测井之前需做好现场公示和公众告知工作，测井时严格划定控制区范围，并做好标识和人员清场工作，安排专人对控制区边界范围进行巡视；

（2）现场出现放射源跌落情况，应立即采用长柄工具夹取放射源送回源罐中，严禁工作人员徒手拾取放射源；

（3）定期对源罐进行检修，防止源罐出现破损；

（4）定期对测井仪器检修，防止出现放射源无法上紧或卸源时出现卡源的情况；

（5）实行双人双锁制，测井车防护仓和放射源源罐分别加锁管理。

（6）厂区存放测井仪器的专用库房设置监控装置，库房大门实行双人双锁制并严格管理。

（7）安排专人做好放射源的台账管理工作，所有放射源或含源测井仪器必须在校对正确信息后才能被取出或存入。

11.5.4 事故应急

11.5.4.1 事故应急要求

（1）公司应成立事故应急组织，并明确参与应急准备的每个人、小组或组织的角色和责任。

（2）制定出合适的应急预案及必要的应急程序，指明需要采取的主要应急行动及其主要特征和必需物品。

（3）确定参与应急响应的人员，如辐射防护负责人，监管机构、制造商、应急服务组织、专家和其他人员，包括其姓名、电话号码及其他信息。

（4）制定应急培训演练计划，定期对应急人员进行培训和演练，以提高执行应急程序的能力。

（5）公司应保证与外界联络畅通，以确保与生态环境、公安、消防、卫生及医学救治部门的联络。

（6）配备适当的应急响应设备，应急预案编制完成后应向当地生态环境部门备

案。

11.5.4.1.2 事故应急措施

(1) 发生辐射事故时，应第一时间启动应急预案。

(2) 发生放射源丢失事故时，现场应立即成立应急指挥领导小组，收集现场信息，核实现场情况，迅速做好现场布控工作，进行组织分工并配合当地政府，组织制定放射源寻找方案并实施，布控放射源波及地区的污染防治工作，并根据现场事态的发展变化及时修订方案，并及时向对口部门报告和求援。

(3) 发生卡源事故时，应立即停止活动，迅速撤离事件现场有关工作人员，按照划分的控制区范围封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节，现场人员立即向本单位应急值班负责人报告，商议确定合适的回源方案及事故处理人员，并按程序向生态环境部门报告。事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场，在满足辐射防护的条件下进行操作。

(4) 对于受到或可能受到急性辐射损伤的人员，应迅速送往医院进行诊断和治疗；如有人员受到超剂量照射，应对超剂量照射人员建立详细档案和跟踪。

(5) 应急处置后，对事故现场和周边环境进行检测，保证辐射环境恢复本底水平。

在采取以上措施后，放射源测井事故影响可控，对环境影响较小。

11.6 放射性核素测井示踪事故影响分析

11.6.1 事故风险因素分析

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）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 11-21。

表 11-21 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，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾

较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以上（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

11.6.2 辐射事故识别

- (1) 装有放射性同位素 ^{131}Ba 或 ^{131}I 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}Ba 或 ^{131}I 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}Ba 或 ^{131}I 的井水由井口回喷，污染井场环境事故；
- (4) 测井过程中放射源脱落或仪器连接线断裂导致放射源掉入井下；
- (5) 测井作业人员在测井过程中，少量误食 ^{131}Ba 或 ^{131}I 微粒粉末造成内照射事故。

由于单次测井放射性同位素用量较小 1mCi （即 $3.7 \times 10^7\text{Bq}$ ），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。

11.6.3 辐射事故影响分析

11.6.3.1 装有放射性同位素 ^{131}Ba 或 ^{131}I 的释放器丢失事故

测井的放射性同位素源属于非密封放射性物质，测井用非密封放射性物质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《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中：“距非密封放射性物质防护容器外表面 5cm 处的周围剂量当量率不应超过 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”；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；可见释放器丢失、被盗后，若释放器未遭受破坏，其对公众超剂量辐射事故所需时间较长，影响相对较小。

11.6.3.2 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。

根据表11-1可知：距放射源 5cm 处， ^{131}Ba 、 ^{131}I 最大辐射剂量率为 0.799mSv/h 、 0.768mSv/h ，经计算如果 ^{131}Ba 、 ^{131}I 裸露事故持续发生 1.25h 、 1.30h ，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。

11.6.3.3 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11-1计算结果，距放射源5cm处（裸源状态下）， ^{131}Ba 、 ^{131}I 最大辐射剂量当量率为0.799mSv/h、0.768mSv/h，经计算如果 ^{131}Ba 、 ^{131}I 撒漏等事故持续发生62.58h、65.10h，将造成工作人员受到超过《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。

11.6.3.4 测井现场内照射事故影响分析

测井工作人员在安装释放器、下井等作业过程中，释放器意外打开造成放射性物质微球撒落，工作人员误食后会造成内照射，因此要求测井工作人员在作业过程中，应佩戴口罩，选择站在上风向进行操作，禁止在工作场所饮食或吸烟。采取上述措施后，内照射对工作人员的辐射影响在可控范围内，影响相对较小。

11.6.4 风险防范措施

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

（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管的状态。

（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，禁止现场维修释放器。

（3）释放放射性同位素之前，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，井口堵丝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。

公司对放射性同位素示踪测井全过程中，对可能发生的事风险均采取了相应的防范措施，避免了事故的发生。如发生辐射事故，应采取以下风险应急措施：

(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) 放射性同位素撒漏

①当发现同位素示踪剂撒漏事故时，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对撒漏事故周围进行 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交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处置；

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清污人员对放射性同位素撒漏现场进行必要的处置后，脱去表面污染衣物装于袋中交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司，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对放射性同位素撒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

发生此类事故，应立即封堵井口，并对经常周围进行 γ 辐射剂量率和表面沾污监测，划出污染范围。对于小范围的污染，可采取人工铲除地表污染土壤（将清除的污染物装袋交由中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处置）的办法清除；对于污染范围较大、人工铲除地表污染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 γ 辐射剂量监测，达到清洁解控水平后开放。

在采取以上措施后，放射性核实示踪测井事故影响可控，对环境影响较小。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为保证测井中辐射防护措施的落实，公司成立以法人高勇为组长的辐射安全与环境保护管理机构，设置 1 人专门的环境管理人员，负责公司的日常辐射安全监管和协调工作，公司辐射安全管理机构的主要职责为：

- (1) 认真贯彻落实国家法律法规的有关规定。
- (2) 对公司使用的放射源、放射性同位素的安全和防护工作负责，并依法对其造成的放射性危害承担责任。
- (3) 组织制定并落实辐射防护相关制度；放射源在使用过程中设专人管理，防止丢失事件发生。
- (4) 按照国家有关规定，定期涉源场所进行辐射防护监测，发现安全隐患及时进行整改。
- (5) 定期对辐射工作人员进行辐射安全防护培训。
- (6) 记录公司发生的辐射事故并及时报告环境保护主管行政部门、公安部门和卫生行政部门

12.2 管理机构主要责任人职责

12.2.1 管理机构负责人职责

- (1) 认真宣传贯彻放射防护法规、标准，组织培训放射工作人员。
- (2) 组织或实施放射工作场所放射防护的检测、个人剂量监测和改进防护设施。
- (3) 对从事同位素测井人员进行专业技术和放射防护教育，并定期考核。
- (4) 组织实施放射工作人员的健康检查和医学监护。
- (5) 协助上级主管部门调查和处理放射事故。

12.2.2 测井队长岗位职责

- (1) 负责本队的辐射安全管理和检查工作，对查出的隐患问题落实整改。
- (2) 负责制订、修订本队有关辐射安全管理制度，并检查执行情况。
- (3) 做好本队的辐射安全防护培训工作，负责新工人入队和上岗前的辐射安全防护培训教育。
- (4) 按照辐射安全技术规范、标准的要求，负责本队井控装备、防护和应急器具的管理，提出改进意见和建议。

- (5) 参加本队辐射事故的调查处理，负责统计分析，按时上报。
- (6) 健全完善辐射安全管理基础资料，做到齐全、准确、规格化。
- (7) 发生辐射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。

12.2.3 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。

本项目拟新增12名辐射工作人员，分别为2名队长、2名安全员、8名操作人员，可以满足本项目测井工作需求，辐射工作人员需按照《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）的要求，参加辐射安全与防护培训考核并取得合格证书后方可上岗。

12.3 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟制定、执行以下制度：制定、执行《辐射防护制度》、《放射性同位素操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训制度》、《台帐管理制度》、《三废处理制度》、《辐射事故应急预案》。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司在取得环评批复后，应按照国家《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的相关要求，申领辐射安全许可证。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司的拟制定、执行的规章制度可用于指导本项目，在进一步完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，可以满足辐射环境管理要求。

12.4 辐射活动能力评价

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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（第七条）的相关规定，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司从事本项目放射性同位素示踪测井的辐射活动能力评价见表 12-1。

表 12-1 从事本项目辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作	濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，组织制定辐射安全相关管理规章制度并监督检查各单位辐射安全规章制度建设和执行情况。
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	本项目拟新增的辐射工作人员按照规定参加辐射安全与防护培训考核并取得了合格证书后方可上岗。
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	测井现场进行分区管理，划分控制区和监督区，要求控制区边界周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或其他无关人员不可达； 储源铅罐拟采取双人双锁、专人值守等安保措施
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟为测井队配备 2 台 X- γ 剂量率检测仪以及 1 台中子剂量率仪和 1 台表面沾污仪、12 套铅衣；为每位辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪等个人防护用品
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟制定、执行《辐射防护制度》、《放射性同位素操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训制度》、《台帐管理制度》、《三废处理制度》、《辐射事故应急预案》等规章制度，并于每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关报送了辐射安全年度评估报告。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司的规章制度可用于指导本项目，在进一步完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，可以满足辐射环境管理要求
有完善的辐射事故应急措施	濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司已制定《应急预案、执行程序管理与控制》，并成立突发公共事件领导小组，针对放射性同位素压裂示踪测井项目拟制定专项辐射事故应急预案，一旦发生事故及时启动应急预案，事故能得到及时有效的处理
产生放射性废气、废液、固体废物的，还应	项目运行产生的“三废”，濮阳中元力通石油机

具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案

械技术服务有限公司巴州分公司拟采取相应的处理措施，保证放射性废物均能得到妥善处置，对环境的影响可接受

12.5 辐射监测

12.5.1 辐射监测

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》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目监测的内容包括：工作场所监测、个人剂量监测。

根据调查，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司已制定有监测计划，定期委托有资质单位进行监测，包括工作场所监测及个人剂量监测等，满足相关要求。

12.5.2 监测仪器

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟为测井队配备 1 台 X- γ 剂量率检测仪以 1 台中子剂量率仪和 1 台表面沾污仪、6 套铅衣；为每位辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪等个人防护用品。

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，个人剂量计每三个月送有资质部门检测一次，做到定期送检，专人专戴；建立辐射工作人员个人剂量档案。加强辐射工作人员职业健康检查管理，定期组织辐射工作人员体检，建立放射工作人员个人健康档案。

12.5.3 监测计划

根据濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司测井作业特点，制定本项目的辐射环境监测计划。监测内容、监测点位布设及监测频次见表 12-2。

表 12-2 辐射环境监测计划表

类别	监测项目	监测点位	监测频次
自主监测	周围剂量当量率	控制区及监督区边界处、放射性同位素或放射源操作区、井口、反排池、释放器、工作人员防护服、劳保用品、工具	现场测井前、后各监测 1 次
		固体废物	现场测井后 1 次
	β 表面污染	井口周围地面、工作人员裸露皮肤、工作服、个人防护用品表面、释放器及其他设备表面	现场测井前、后监测 1 次

		固体废物	现场测井后 1 次
委托监测	γ 辐射空气吸收剂量率	放射性同位素或放射源操作区、井口、反排池、释放器、工作人员防护服、劳保用品、工具	委托有资质单位在测井作业前、后各监测 1 次
	β 表面污染	放射性同位素或放射源操作区、井口、反排池、释放器、工作人员防护服、劳保用品、工具	委托有资质单位在测井作业前、后各监测 1 次
	工作人员个人剂量当量	/	每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条之规定：“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。”。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司结合公司实际运行情况和本项目的事故工况分析，制定了《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。

12.6.1 辐射事故应急预案内容

公司结合《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和防护管理办法》等要求制定的辐射事故应急预案包含以下内容：

- (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) 辐射事故分级与应急响应措施
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序

12.6.2 辐射事故应急预案启动与报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）中要求，发生辐射事故时，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》，向当地人民政府生态环境主管部门报告；同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

12.6.3 应急演练及应急预案修订

应急预案编制后，濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司应当定期组织开展应急演练，并根据演练中发现的问题，完善修订应急预案，维持应急能力。

12.7 竣工环境保护验收

12.7.1 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），“编制环境影响报告书、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环境保护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”，本项目竣工后，应按要求及时对配套建设的环境保护设施进行验收。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	根据《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）要求进行放射性工作场所及其周围环境监测，保存监测记录
3	监测仪器	测井队均应配备相应的监测仪器	配备 1 台表面沾污仪、2 台 X- γ 剂量率检测仪以 1 台中子剂量率仪、12 个人剂量计、12 个人剂量报警仪
4	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	在测井现场的控制区边界上设置警戒线和警告标志（或采取警告措施）
5	个人剂量档案及健康档案	进行放射性同位素操作时按要求佩戴个，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	建立辐射工作人员档案，定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，人剂量计每季度正常监测，确保相关人员安全，确保人员年有效剂量低 5mSv
6	人员培训	辐射工作人员均按要求参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核	参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核
7	辐射防护用品	测井队放射性同位素操作人员配备个人防护用品	配备 12 套铅衣、12 副铅手套、12 副铅眼镜

8	制度建立	根据相关标准要求制定辐射制度	拟制定、执行《辐射防护制度》、《放射性同位素操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训制度》、《台帐管理制度》、《三废处理制度》、《辐射事故应急预案》等规章制度
---	------	----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12.8 环保投资估算

本项目总投资 200 万元，环保投资 12 万元，占总投资的 0.6%。

表 12-4 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）
防护设施	铅衣	12 套	0.5
	专用夹具	2 个	0.1
	专用钳子	2 个	0.1
	大功率喊话器	2 个	0.1
	口罩、手套、棉纱	若干	0.1
	警示标识	若干	0.1
	安全警戒线	2 盘	0.1
	个人剂量报警仪	12 个	2
监测	表面沾污仪、	1 台	2
	X- γ 剂量率仪	2 台	4
	中子剂量率仪、	1 台	3
	个人剂量计	12 个	0.1
合计			12

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司放射源测井及放射性同位素示踪测井项目

建设单位：濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司

建设性质：新建

建设规模及内容：濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井工作。拟使用 2 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ （II、IV类），3 枚 ^{137}Cs （V类）开展放射源测井工作；拟使用 ^{131}I 或 ^{131}Ba 放射性同位素示踪测井工作， ^{131}I 或 ^{131}Ba 日等效最大操作量为 $7.4\times 10^5\text{Bq}$ ，属丙级非密封放射性物质工作场所。放射源年测井年最大工作量为 50 口，放射性同位素年测井年最大工作量为 50 口。

13.1.2 实践正当性结论

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井工作，为制定采油方案提供科学依据，具有明显的社会效益。项目运行中，在落实相应辐射防护制度与措施前提下，项目对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”原则。

13.1.3 产业政策符合性

本项目利用放射性同位素进行压裂放射性示踪测试，系核技术在工业领域内的运用，属《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中规定的鼓励类第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”。因此，本项目符合国家有关的产业政策。

13.1.4 辐射安全与防护措施分析结论

据预测，放射源测井工作中，安装、拆卸 ^{137}Cs 测井源时，可将放射源为中心，将放射源 48m 范围内划分为控制区；安装、拆卸 $^{241}\text{Am-Be}$ 测井源时，以放射源为中

心，将放射源 17m 范围内划分为控制区，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《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中相关要求。

据预测，放射性同位素示踪测井工作中，裸源情况下，距 1.0m ^{131}Ba 放射源 0.894m 处的辐射剂量当量率为 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ ；距 1.0m ^{131}I 放射源 0.876m 处的辐射剂量当量率 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ 。为方便管理，本次评价将井口为中心周围 2m 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《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中相关要求。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟向资质厂家购买放射源，测井现场配备放射源托源盘、毛毡等，防止测井仪器装卸放射源落入井口内；辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪器，人员按照规程进行操作。测井仪器安装、拆卸放射源时，按照控制区进行分区管理，在控制区边界上设置警戒线和警告标志，避免无关人员进入到测井区域内。据预测，拟购置源罐表面 5cm 剂量率能满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）规定的源罐表面剂量率限值要求。

13.1.5 环境影响分析结论

（1）职业人员年附加有效剂量

根据预测，放射性核素示踪测井职业人员在使用同位素 ^{131}Ba 或 ^{131}I 示踪测井时年附加有效剂量分别为 4.42E-02mSv、4.25E-02mSv；可见，职业人员在使用同位素测井过程中，所接受的年附加有效剂量最大值为 4.42E-02mSv，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职业人员年剂量约束值 5mSv，放射性同位素 ^{131}Ba 或 ^{131}I 产生的 γ 射线对辐射工作人员的影响很小。

根据预测，放射源测井过程中职业人员在进行放射源交接、校验、测井仪器装卸放射源辐射工作人员年附加有效剂量为0.92mSv，所致测井车内辐射工作人员年附加有效剂量为0.38mSv。因此本项目密封放射源测井所致辐射工作人员最大年附加有效剂量为0.92mSv，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职业人员年剂量约束值5mSv。

（2）公众剂量分析

根据预测，在划分控制区范围后放射源测井所致公众人员年附加有效剂量分别为 $2.348\text{E-}03$ 、 $1.47\text{E-}04\text{mSv}$ ，低于本次环评提出的年剂量约束值 0.1mSv ，对公众产生辐射影响较小。

根据预测，在划分控制区范围后，放射性核素示踪测井 ^{131}I 源所致公众人员年附加有效剂量为 $5.12\text{E-}06\text{mSv}$ ， ^{131}Ba 源所致公众人员年附加有效剂量为 $5.33\text{E-}06\text{mSv}$ ，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公众人员年剂量约束值 0.1mSv ，对公众产生辐射影响较小。

（3）固体废物影响分析

测井作业过程中每年约产生 20kg 放射性固体废物（口罩、手套、棉纱等），测井现场配有污物回收箱，测井过程中使用的废口罩、手套、棉纱等经收集后交中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理，对外环境影响较小。放射源退役后厂家回收，确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库。

（4）水环境影响

本项目测井产生空释放器交中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司带回处理，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。放射性同位素测井过程中 ^{131}Ba 或 ^{131}I 直接释放于含水层中，会对地下水造成污染，但 ^{131}Ba 或 ^{131}I 释放的目的层均为非饮用水源地下含水层，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（ ^{131}I 半衰期为 8.04d ， ^{131}Ba 半衰期 11.7d ），10个半衰期后（ ^{131}I 约 80d 、 ^{131}Ba 约 117d ），基本不存在累积影响，对地下水环境的影响是可接受的。放射源测井不产生废水。

（5）废气环境影响分析

本项目放射源测井产生的 γ 射线会使空气电离产生少量 O_3 和 NO_x ，经自然分解和稀释后对周围环境及工作人员基本无影响。

本项目放射性核素测井使用分装含 ^{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，不会产生放射性废气。 ^{131}I 或 ^{131}Ba 衰变主要产生 γ 射线电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。由于井场周边环境场地较为开阔、扩散能力强，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量极小。

13.1.6 环境影响可行性结论

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司拟在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州轮台县等地开展放射源测井及放射性同位素示踪测井，主要目的是提高油气田采收率，增加油气产量，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。濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司对该项目拟采取辐射防护措施，使辐射影响达到尽可能低的水平。

濮阳中元力通石油机械技术服务有限公司巴州分公司严格执行国家相关法律法规和标准要求，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的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。

13.2 建议和承诺

(1) 配备合格的同位素示踪测井相关工作人员，所有辐射工作人员上岗前需经国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习并通过考核。

(2) 严格执行“三同时”制度，项目运营前，应及时进行竣工环保验收并办理辐射安全许可证。

(3) 不断完善各种安全管理规章制度以及事故预防、处理等措施。

(4) 定期对放射性测井人员进行辐射防护安全培训和测井业务培训，增加工作人员的操作熟练度，以减少操作时间，从而减少受照时间。

(5) 配备辐射监测仪器，对放射性同位素测井工作现场进行监测；每年应对放射性同位素使用和防护状况进行年度评估，于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地环境保护部门提交上一年度的评估报告。