

核技术利用建设项目

新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司
新建放射性测井项目环境影响报告表

新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司

二〇二五年十月

生态环境部监制



目 录

表 1 项目基本情况	1
1.1 项目概况	2
1.2 项目周边保护目标与场址选址情况	4
表 2 放射源	10
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	16
7.1 评价范围	16
7.2 保护目标	18
7.3 评价标准	18
表 8 环境质量和辐射现状	35
8.1 项目地理位置和场所位置	35
8.2 环境现状评价对象、监测因子和监测方案	35
8.3 监测方案、质量保证措施、监测结果	38
8.4 环境现状结果评价	40
表 9 项目工程分析与源项	41
9.1 工程设备和工艺分析	41
9.2 污染源项描述	49
9.3 主要污染物和污染途径	54
表 10 辐射安全与防护	57
10.1 项目安全设施	57
10.2 三废的治理	72
表 11 环境影响分析	74
11.1 建设阶段对环境的影响	74

11.2 运行阶段对环境的影响.....	74
11.3 辐射剂量估算.....	86
11.4 放射性同位素示踪测井.....	88
11.5 累加受照剂量分析.....	94
11.6“三废”影响分析	94
11.7 事故影响分析.....	95
11.8 放射性核素测井示踪事故影响分析.....	99
表 12 辐射安全管理	104
12.1 辐射安全与环境管理机构的设置.....	104
12.2 辐射安全管理规章制度.....	105
12.3 辐射监测.....	106
12.4 环保投资估算.....	108
12.5 环保措施竣工环境保护验收.....	109
12.6 辐射事故应急.....	110
表 13 结论与建议	112
13.1 结论.....	112
13.2 建议与承诺.....	115
表 14 审批.....	117
附件一 环评委托书	118
附件二 华北测控公司新疆分公司辐射安全许可证	119
附件三 放射源库租赁协议	130
附件四 放射源库环评及验收批复	133
附件五 检测报告	137

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司新建放射性测井项目					
建设单位		新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司					
法人代表		吴占光	联系人	吴英英	联系电话	18742889580	
注册地址		新疆巴音郭楞蒙古自治州轮台县红桥工业园区开发路老管委会旁边二层楼 301号1-1、1-2					
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）		3000	项目环保投资（万元）	61.7	投资比例（环保投资/总投资）	2.06%	
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用 <input type="checkbox"/> ） <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 checked="" 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					

1.1 项目概况

1.1.1 建设单位简介

新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司（以下简称“建设单位”）成立于 2024 年 09 月 02 日，注册地位于新疆巴音郭楞蒙古自治州轮台县红桥工业园区开发路老管委会旁边二楼楼 301 号 1-1、1-2，是一家以从事专业技术服务业为主的企业。公司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。

1.1.2 项目建设规模

建设单位拟购买密封放射源 $^{241}\text{Am-Be}$ 、 ^{137}Cs 和放射性同位素 ^{131}I 、 ^{131}Ba 用于开展放射性测井工作，放射性测井用放射源和非密封放射性同位素依托中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库（以下简称源库）进行贮存。建设单位已与中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司签订放射源库租用协议。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核准通过的《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核准通过的竣工环保验收批复（新环控验〔2005〕7 号），依托工程环评批复、验收意见见本报告附件四。

建设单位拟开展放射性测井工作，拟使用 1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ （II类）、1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ （IV类）、1 枚 ^{137}Cs （IV类）、1 枚 ^{137}Cs （V类）开展中子和 γ 测井，中子和 γ 测井年最大工作量为 100 口。

拟使用 ^{131}I 和 ^{131}Ba 放射性同位素开展放射性示踪测井，其中源库（贮存和分装场所）属乙级非密封放射性物质工作场所，测井现场属丙级非密封放射性物质工作场所，放射性示踪测井年最大工作量为 100 口。

建设单位拟使用密封放射源和非密封放射性同位素情况分别见表 1.1-1 至表 1.1-3。

表 1.1-1 拟使用放射源信息一览表

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途
1	$^{241}\text{Am-Be}$	7.40E+11×1	II	使用	测井
2	$^{241}\text{Am-Be}$	1.85E+10×1	IV	使用	校准/刻度
3	^{137}Cs	9.25E+10×1	IV	使用	测井
4	^{137}Cs	6.29E+8×1	V	使用	校准/刻度

表 1.1-2 拟使用非密封放射性同位素信息一览表

核素名称	¹³¹ I		¹³¹ Ba	
物理性状	液态		液态	
日最大操作量 Bq ¹⁾	3.33E+9		3.33E+9	
年购买次数	12		12	
年用量 Bq ²⁾	3.996E+10		3.996E+10	
毒性组别及修正因子	中毒，0.1			
操作方式及操作方式修正因子	源的贮存， 100	（分装）简 单操作，1	源的贮存，100	（分装）简单 操作，1
单个日等效最大操作量 Bq ³⁾	3.33E+6	3.33E+8	3.33E+6	3.33E+8
场所日等效最大操作量	3.36E+8Bq			
工作场所分级	乙级（中石化西北放射源库）			

注：1）根据建设单位提供的资料，¹³¹I 和 ¹³¹Ba 一次购买 90mCi，不同时使用，放射源库内涉及贮存和分装操作；

2）年最大用量=日最大操作量×年购买次数；

3）放射性核素的日等效操作量=放射性核素的实际日操作量（Bq）×该核素毒性组别修正因子的积÷与操作方式有关的修正因子；

4）建设单位贮存和分装操作不与中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司分装操作同一天进行；

5）本项目依托的中石化西北放射源库已许可非密封放射性物质 ¹³¹I 和 ¹³¹Ba 日等效最大操作量分别为 2.22E+07Bq，非密封放射性物质工作场所等级为乙级，综合本项目建设单位拟使用非密封放射性物质 ¹³¹I 和 ¹³¹Ba 日等效最大操作量 3.36E+8Bq，位于该源库非密封放射性物质总日等效最大操作量合计为 3.804E+8Bq，非密封放射性物质工作场所等级仍为乙级，未超过原有已许可非密封放射性物质工作场所等级。

6）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 C1，乙级非密封放射性物质工作场所放射性核素日等效最大操作量为 2E+7~4E+9Bq。

表 1.1-3 测井现场放射性同位素用量一览表

核素名称	¹³¹ I	¹³¹ Ba
物理性状	液态	液态
单口井日最大操作量 Bq ¹⁾	3.70E+7	3.70E+7
毒性组别及修正因子	中毒, 0.1	
操作方式及操作方式修正因子	简单操作, 1	简单操作, 1
单个日等效最大操作量 Bq ²⁾	3.70E+6	3.70E+6
场所日等效最大操作量 ³⁾	3.70E+6Bq	
工作场所分级	丙级（测井现场）	

注：1）单口井最大操作量由建设单位提供，测井现场仅涉及使用已在放射源库内分装好的非密封放射性同位素用量，不涉及分装操作；

2）放射性核素的日等效操作量=放射性核素的实际日操作量（Bq）×该核素毒性组别修正因子的积÷与操作方式有关的修正因子；

3）测井现场每口井仅使用一种核素，场所日等效最大操作量按照其中单个核素日等效最大操作量进行评价。

3）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 C1，丙级非密封放射性物质工作场所放射性核素日等效最大操作量为豁免活度值以上~2E+7Bq。

1.1.3 目的和任务由来

建设单位拟开展放射性测井工作，拟使用 1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ （II类）、1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ （IV类）、1 枚 ^{137}Cs （IV类）、1 枚 ^{137}Cs （V类）开展中子和 γ 测井，中子和 γ 测井年最大工作量为 100 口。拟使用 ^{131}I 和 ^{131}Ba 放射性同位素开展放射性示踪测井，其中源库（贮存和分装场所）属乙级非密封放射性物质工作场所，测井现场属丙级非密封放射性物质工作场所，放射性示踪测井年最大工作量为 100 口。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类、III 类放射源的；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（不含在已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）；环境影响评价文件形式应为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》（环办法规函〔2018〕1253 号）：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。

为此，建设单位委托我公司承担该项目环境影响评价工作。在接受委托后，我公司组织相关技术人员进行现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，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》（HJ10.1-2016）中环境影响报告表内容和格式，编制本项目环境影响报告表。

1.2 项目周边保护目标与场址选址情况

1.2.1 项目地理位置

建设单位地址位于新疆巴音郭楞蒙古自治州轮台县红桥工业园区开发路老管委会旁边二层楼 301 号 1-1、1-2，地理位置坐标：东经 $84^{\circ}17'49.128''$ ，北纬 $41^{\circ}47'22.117''$ ，地理位置示意图见图 1.2-1。



图 1.2-1 公司地理位置图

本项目源库位于新疆轮台县轮南镇牙买提社区建工路 003 号。中心位置坐标东经 $84^{\circ}02'59.998''$ ，北纬 $41^{\circ}19'48.199''$ ，距轮台县城约 80km，源库地理位置见图 1.2-2。



图 1.2-2 源库地理位置图

本项目的测井现场不固定，但均位于塔里木盆地塔里木油田勘探区块内，整个塔里木油田勘探区块的作业区域遍及南疆五地州，即从行政区域上包含了巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州、喀什地区和和田地区。见图 1.2-3。

塔里木盆地位于西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、柴达木板块和羌塘地块等 4 个构造单元交汇处，被东南缘的阿尔金山、北部的南天山和西南缘的西昆仑山所环绕。塔里木盆地经历多期构造运动，具有多期次、多旋回，构造格局多样，油气体系复杂多变的特点。塔里木盆地从南华纪、震旦纪以来，至今已经经历了多期活动，由多个单型盆地所叠合而成。顺托果勒低隆起位于塔里木盆地的中部，在构造位置上，东、西分别相邻满加尔坳陷和阿瓦提坳陷，是其间的“坳间隆”。

根据塔里木油田区块统一的层系划分标准及勘探开发规划，塔里木盆地目前已实现规模化商业开发的油气田共计 30 个，这些油气田的分布与盆地构造格局高度契合，主要集中在塔北隆起、塔中隆起、库车坳陷、西南坳陷四大核心构造单元——其中塔北隆起与塔中隆起为盆地内重要的正向构造带，储层发育稳定、油气富集程度高；库车坳陷与西南坳陷则为油气资源高效聚集的负向构造单元，具备良好的生储盖组合条件。

基于各构造单元的油气分布特征与开发部署，盆地内已逐步形成五大规模化油气田群，分别为轮南油气田群、东河-牙哈-英买力油气田群、塔中油气田群、库车油气田群及塔西南油气田群，五大油气田群相互呼应、协同发力，构成了塔里木油田油气产能的核心支撑体系。

在纵向储层发育方面，塔里木盆地油气资源禀赋优异，含油层系分布广泛且时代跨度大，自下而上共发育 12 套完整且稳定的含油层系，依次为震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系及第四系，涵盖了从元古代到新生代的多个地质时期，各层系储层岩性、孔隙度、渗透率等物性特征存在差异化分布，为多套层系立体开发提供了有利条件。见图 1.2-4

塔里木盆地烃源岩主要为寒武系一下奥陶统。经历了几亿年的多期构造运动，导致寒武系一下奥陶统烃源岩多次隆升与沉降，使其在平面上的演化程度呈现明显的差异，可分为古隆起生烃终止区、古隆起阶段生烃区、凹陷生烃衰竭区、凹陷阶段生烃区、凹陷周期持续生烃区等 5 类烃源岩演化区。这些演化区与构造单元有一定的相关性，见图 1.2-5。井、震结合资料研究表明，塔西南—塔南、塔北等区域发育古隆起，因而缺失烃源岩；由于早期深埋和二叠纪火山活动，造成阿瓦提、满加尔两个凹陷烃源岩现今已衰竭，为无效烃源岩；由于巴楚、塔东、塔北等地晚期剧烈隆升，使得烃源岩生烃终止，未达二次生烃阶段；现今台盆区仅有阿满过渡带、塔北中段、草湖次凹、麦盖提斜坡及塔西南山前等 5 个地区发育有效烃源岩，为持续生烃和阶段生烃，为塔里木盆地台盆区晚期成藏供烃。

本项目测井作业聚焦深层油气储层，测井位置集中于井下 4000m~6000m 的深层勘探

区间，精准匹配目标含油层系的埋藏深度。因此本项目在井下 4000m~6000m 的深层勘探层作为同一地质条件环境开展一次放射性同位素示踪测井总体评价。



图1.2-3 塔里木盆地塔里木油田勘探区块测井作业范围

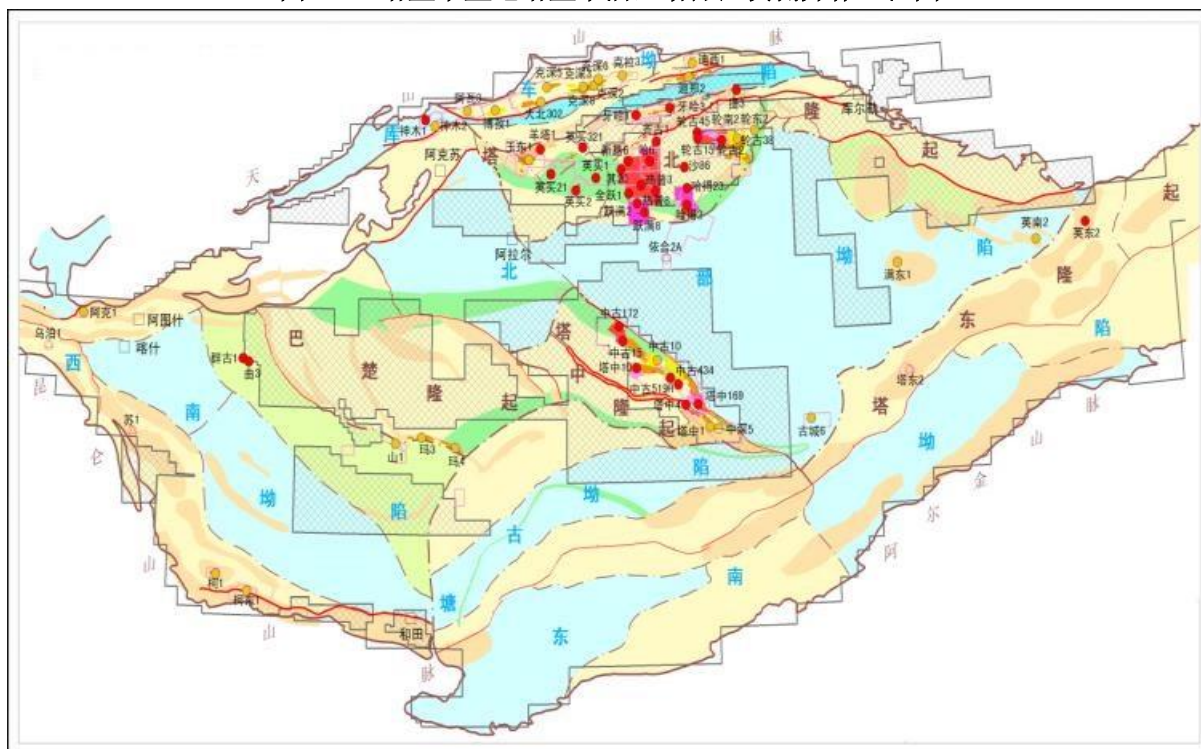


图 1.2-4 塔里木盆地塔里木油田勘探区块测井作业范围

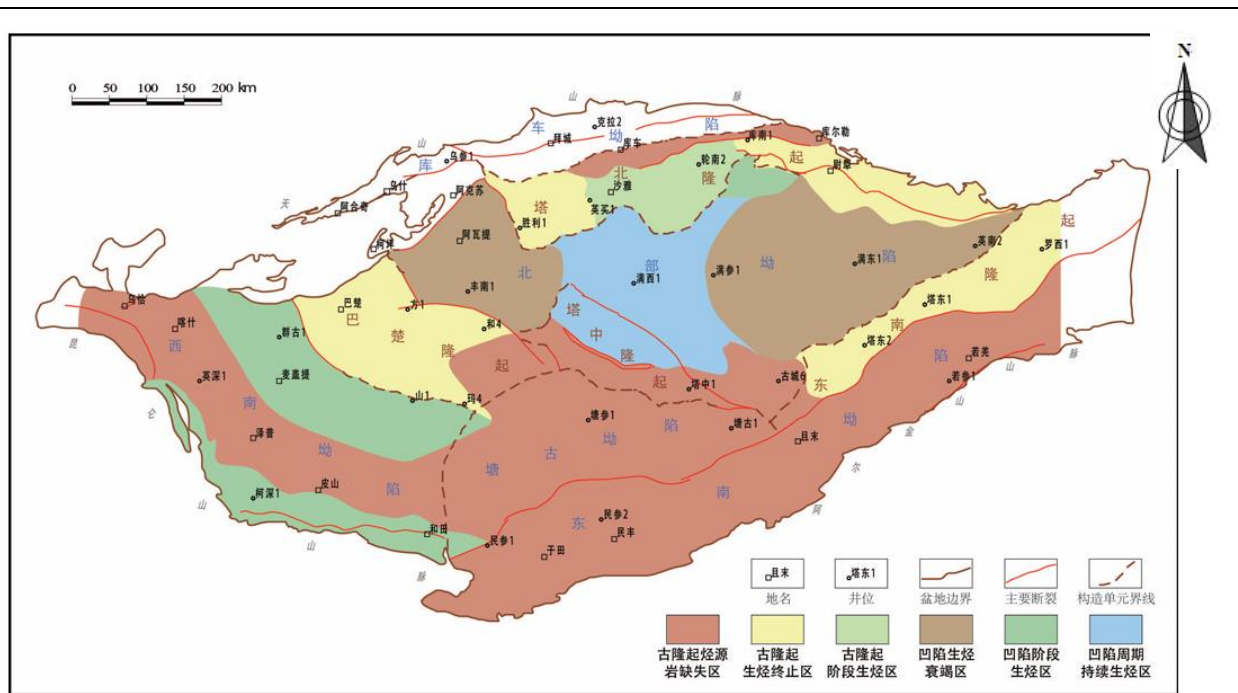


图1.2-5 塔里木盆地塔里木油田勘探区块测井作业范围

1.2.2 选址和布局合理性分析

本项目放射源和非密封放射性同位素依托中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库进行贮存，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核准通过的《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核准通过的竣工环保验收批复（新环控验（2005）7 号）。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“以项目实体边界为中心，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，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源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），对于固定的示踪剂配置场所，按照非密封工作场所级别确定评价范围；对示踪现场，按照核素在环境中的迁移情况确定评价范围。”的规定，确定放射源库评价范围为实体边界外 50m 区域，放射性示踪测井现场的评价范围为测井现场周边 50m 区域，上述评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等区域，且项目在采取辐射防护措施后对周围辐射环境影响满足相关标准要求，从辐射安全和防护角度分析，本项目选址是合理的。

1.2.3 人员配备情况

建设单位拟配备 6 名辐射工作人员，其中包含 1 名队长，1 名安全员，4 名测井操作

人员。

1.2.4 产业政策符合性分析

建设单位拟开展放射性测井项目，属于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）》中规定的鼓励类第七项“石油天然气”中第 4 条“油气勘探开发技术与应用”。因此，本项目符合国家有关产业政策。

1.2.5 实践正当性

建设单位拟开展放射性测井项目，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，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。

1.2.6 放射源和非密封放射性同位素贮存依托可行性分析

本项目依托已建成中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库贮存放射源和非密封放射性同位素，源库已履行环境影响评价和竣工环境保护验收手续。该源库共设计有 25 个用于贮存Ⅱ类、Ⅲ类放射源贮源坑，30 个用于贮存Ⅳ类放射源贮源坑，校准/刻度放射源不占用贮源坑，均存放于放射源库刻度柜中贮存。目前放射源库内贮存有中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司、中石化经纬有限公司巴州胜利测录井分公司、中石化经纬有限公司西南测控公司新疆分公司、中石化经纬有限公司巴州华东测录井分公司、中石化经纬有限公司新疆中原测录井分公司、中石化经纬有限公司巴州江汉测录井分公司六家公司放射源，已占用 16 枚Ⅱ类放射源、2 个Ⅲ类放射源和 17 枚Ⅳ类放射源贮源坑，剩余 7 个贮存Ⅱ类、Ⅲ类放射源贮源坑和 13 个贮存Ⅳ类放射源贮源坑。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，且放射源库贮存能力能够达到贮存要求，放射源库三废处理能力能够达到标准要求，放射源和非密封放射性同位素贮存依托西北放射源库可行。

（本页以下空白）

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	²⁴¹ Am-Be	7.40E+11×1	II	使用	测井	测井现场	暂存/中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库	新购
2	²⁴¹ Am-Be	1.85E+10×1	IV	使用	校准/刻度	测井现场		新购
3	¹³⁷ Cs	9.25E+10×1	IV	使用	测井	测井现场		新购
4	¹³⁷ Cs	6.29E+8×1	V	使用	校准/刻度	测井现场		新购

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	¹³¹ I	液态	使用	3.33E+9	3.33E+6	3.996E+10	示踪测井	源的贮存	西北放射源库	暂存/中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库
2	¹³¹ I	液态	使用	3.33E+9	3.33E+8	3.996E+10	示踪测井	简单操作	西北放射源库	
3	¹³¹ I	液态	使用	3.70E+7	3.70E+6	3.996E+10	示踪测井	简单操作	测井现场	
4	¹³¹ Ba	液态	使用	3.33E+9	3.33E+6	3.996E+10	示踪测井	源的贮存	西北放射源库	
5	¹³¹ Ba	液态	使用	3.33E+9	3.33E+8	3.996E+10	示踪测井	简单操作	西北放射源库	
6	¹³¹ Ba	液态	使用	3.70E+7	3.70E+6	3.996E+10	示踪测井	简单操作	测井现场	

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》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(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 (μA)	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	
/	以下空白	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	一次排放量 (Bq)	年排放总量 (Bq)	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
同位素分装瓶	固体	¹³¹ I、 ¹³¹ Ba	/	2瓶 (0Bq)	24瓶 (0Bq)	/	暂存在中石化西北放射源库内	同位素供应厂家回收
同位素分装瓶	固体	¹³¹ I、 ¹³¹ Ba	/	2瓶 (0Bq)	24瓶 (0Bq)	/		同位素供应厂家回收
退役放射源	固体	²⁴¹ Am-Be、 ¹³⁷ Cs	/	/	/	/		放射源供应厂家回收，若无法移

								交厂家回收，交有资质单位回收
一次性手套、 口罩	固体	^{131}I 、 ^{131}Ba	/	单口井0.2kg	26kg	/		存放10个半衰期后当作一般固体废物进行处置
清洗废液	液体		/	单次5L	1150L	/	中石化西北 放射源库衰 变池暂存	核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放、核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB 18871中8.6.2规定方式进行排放

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委 员会第十一次会议通过 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订，2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表 大会常务委员会第三十次会议通过，根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大 会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律 的决定》第一次修正，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委 员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正， 2018 年 12 月 29 日实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 6 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委 员会第三次会议通过，2003 年 10 月 1 日实 施）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日中华人民共和 国国务院令 第 449 号公布，根据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的 决定》第一次修订，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》 第二次修订，2005 年 12 月 1 日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日实施）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日原环境保护 总局令 第 31 号公布，2008 年 12 月 6 日原环境保护部令 第 3 号第一次修正，根据 2017 年 12 月 20 日经原环境保护部令 第 47 号第二次修正，2019 年 8 月 22 日经生态环境 部令 第 7 号第三次修正，根据 2021 年 1 月 4 日生态环境部令 第 20 号第四次修正， 2021 年 1 月 4 日实施）；</p> <p>(7) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 第 253 号发布，根据 2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院令 第 682 号修订，2017 年 7 月 16 日实施）；</p>
------	---

	<p>(8) 《放射工作人员职业健康管理辦法》（原卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日起施行）；</p> <p>(12) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》（2015 年 2 月 28 日自治区人民政府令第 192 号发布，自 2015 年 7 月 1 日起施行）；</p> <p>(13) 《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>(14) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日实施）；</p> <p>(15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(16) 《关于印发新疆维吾尔自治区辐射事故应急预案的通知》（新政办发〔2021〕81 号）；</p> <p>(17) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过，2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布，自 2024 年 2 月 1 日起施行）。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>(3) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；</p> <p>(4) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</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/T10.1-2016）；</p> <p>(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p>

	<p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(8) 《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）；</p> <p>(9) 《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）；</p> <p>(10) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(11) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；</p> <p>(12) 《放射工作人员职业健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</p> <p>(13) 《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》（T/BSRS052-2021）；</p> <p>(14) 《外照射慢性放射病剂量估算规范》（GB/T16149-2012）；</p> <p>(15) 《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY5131-2008）；</p> <p>(16) 参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 放射源库租赁协议；</p> <p>(3) 《辐射防护手册（第一分册） 辐射源与屏蔽》，李德平、潘自强主编，1987年，原子能出版社；</p> <p>(4) 《辐射防护手册（第三分册） 辐射安全》，李德平、潘自强主编，1990年，原子能出版社；</p> <p>(5) 《辐射防护导论》，方杰主编，1991年，原子能出版社；</p> <p>(6) 《实用辐射安全手册》，从慧玲主编，2006年，原子能出版社；</p> <p>(7) 《中国石油集团测井有限公司新疆分公司放射性测井核技术利用项目辐射水平检测》（报告编号：ZJHA2024093）；</p> <p>(8) 《中国石油集团测井有限公司塔里木分公司油气田测井核技术利用辐射水平检测》（报告编号：ZJHA2024089）；</p> <p>(9) 《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）；</p> <p>(10) 负责验收的环境行政主管部门验收意见（新环控验〔2005〕7号）；</p> <p>(11) 《新疆维吾尔自治区生态环境状况公报（2024年）》。</p> <p>（本页以下空白）</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》（HJ10.1-2016）中“以项目实体边界为中心，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，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源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），对于固定的示踪剂配置场所，按照非密封工作场所级别确定评价范围；对示踪现场，按照核素在环境中的迁移情况确定评价范围。”的规定，确定放射源库评价范围为实体边界 50m 区域内，结合本评价报告第 10 章公式 10.1-1 和公式 10.1-2 理论估算结果，确定密封放射源 $^{241}\text{Am-Be}$ 评价范围为以放射源为中心周边 14m 区域， ^{137}Cs 评价范围为以放射源为中心周边 55m 区域，为便于管理，确定密封放射源测井评价范围为以放射源为中心周边 55m 区域，放射性示踪测井现场的评价范围为周边 50m 区域内。评价范围见图 7.1-1 至图 7.1-2。

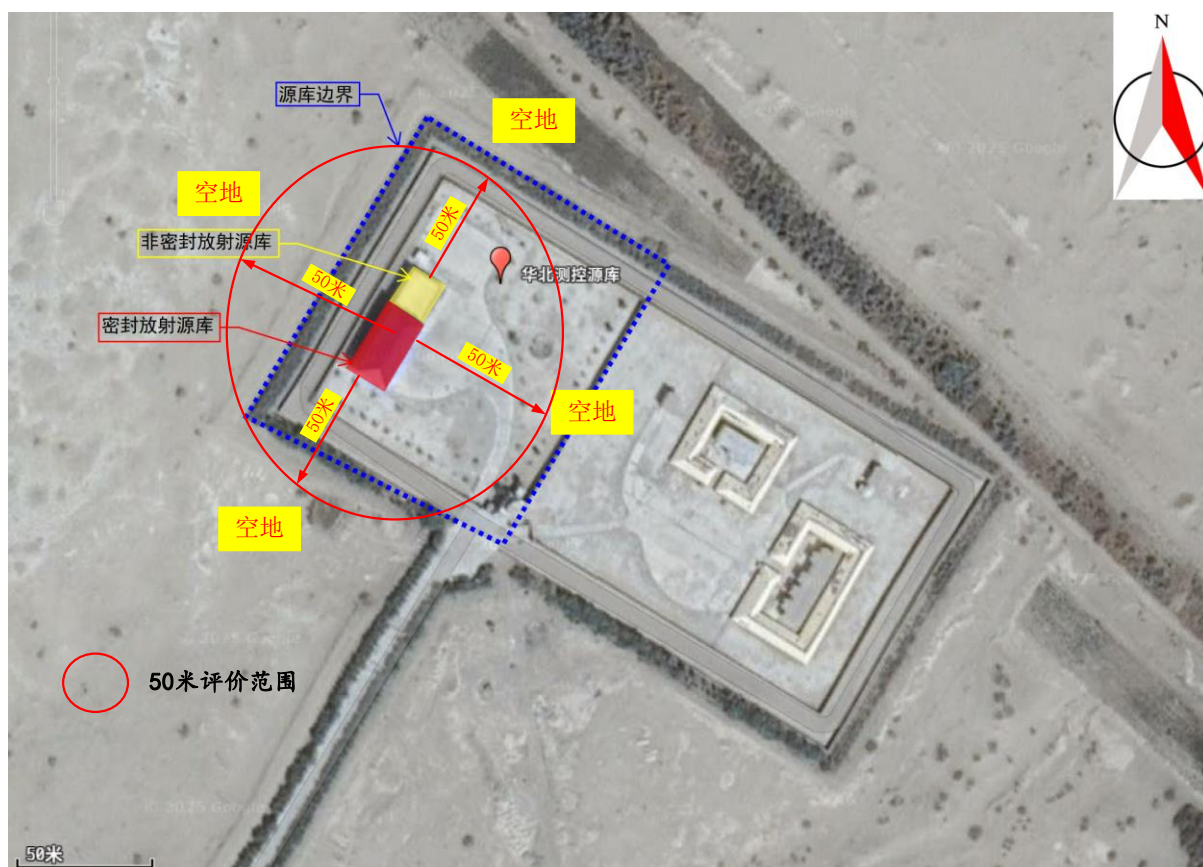


图7.1-1放射源库评价范围

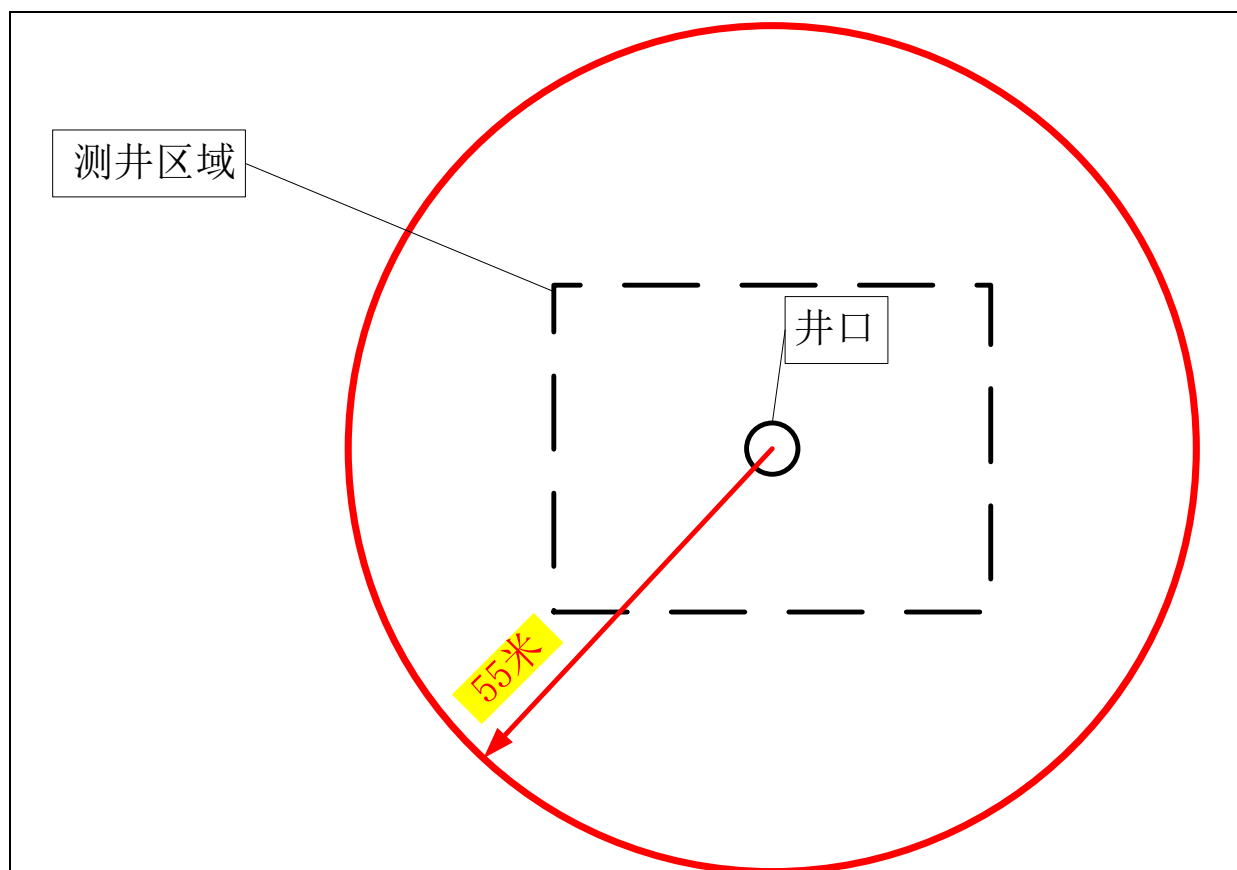


图7.1-2密封放射源测井现场评价范围

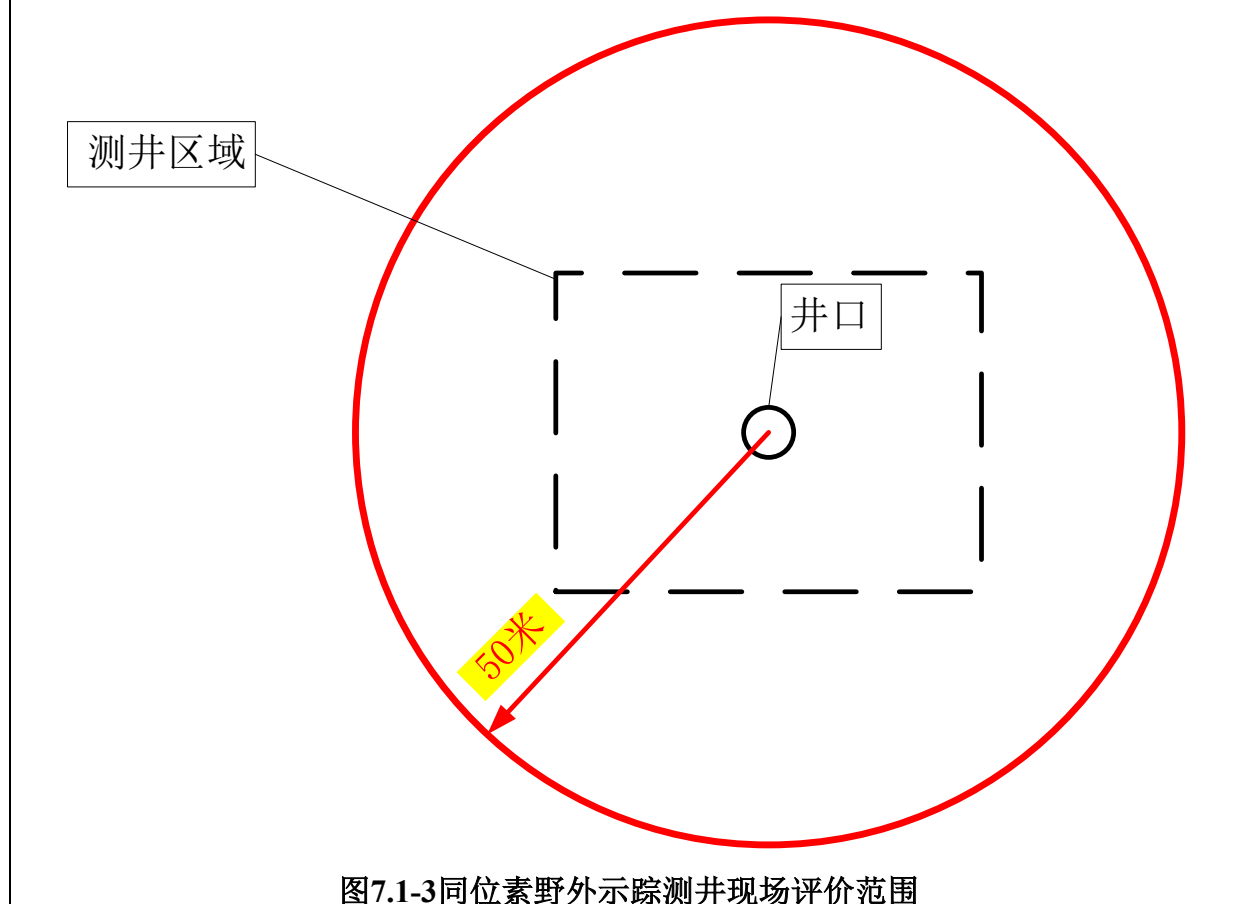


图7.1-3同位素野外示踪测井现场评价范围

7.2 保护目标

由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，根据本项目工作场所的平面布局和周围的外环境关系，放射源库实体边界 50m 范围内均为空地，无居民住宅等环境敏感点。

测井现场主要位于塔里木盆地塔里木油田勘探区块内，测井现场每次作业地点不固定，测井作业现场一般地处沙漠戈壁，分布范围较广，多处于偏远地区，井场周边多为戈壁、荒漠，测井区域范围内无居民区、学校、医院等敏感区域。

建设单位计划配备 6 名辐射工作人员。环境保护目标主要为建设单位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 7.2-1。

表 7.2-1 评价项目保护目标一览表

序号	保护目标	数量 (人)	与建设项目关系	方位	距离 (米)	年有效剂量约束值
1	放射性测井操作人员	6	辐射工作人员	源库四周	0~50	5mSv/a
2	放射性测井操作人员	6	辐射工作人员	密封放射源测井现场四周	0~55	5mSv/a
3	放射性测井操作人员	6	辐射工作人员	非密封放射性同位素测井现场四周	0~50	5mSv/a
3	其他工作人员	不定	公众	源库四周	0~50	0.1mSv/a
4	其他工作人员	不定	公众	密封放射源测井现场四周	0~55	5mSv/a
	其他工作人员	不定	公众	非密封放射性同位素测井现场四周	0~50	5mSv/a
5	公众	不定	公众	源库四周	0~50	0.1mSv/a
6	公众	不定	公众	密封放射源测井现场四周	0~55	5mSv/a
	公众	不定	公众	非密封放射性同位素测井现场四周	0~50	5mSv/a

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

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）。

4.3.3.2 防护与安全最优化的过程，可以从直观的定性分析一直到使用辅助决策技术的定量分析，但均应以某种适当的方法将一切有关因素加以考虑，以实现下列目标：

a) 相对于主导情况确定出最优化的防护与安全措施，确定这些措施时应考虑可供利用的防护与安全选择以及照射的性质、大小和可能性；

b) 根据最优化的结果制定相应的准则，据以采取预防事故和减轻事故后果的措施，从而限制照射的大小及受照的可能性。

6.4 辐射工作场所的分区

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。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

6.4.1.3 对于范围比较大的控制区，如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大，需要实施不同的专门防护手段或安全措施，则可根据需要再划分出不同的子区，以方便管理。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

6.4.3 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

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

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

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 7.3-1）。应用这些控制水平时应注意：

表 7.3-1 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm ²)		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	4×10	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4

手皮肤、内衣、工作袜	4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}
------------	--------------------	--------------------	--------------------

a) 表 B11 中所列数值系指表面上固定污染和松散污染的总数。

b) 手、皮肤、内衣、工作袜污染时，应及时清洗，尽可能清洗到本底水平。其他表面污染水平超过表 B11 中所列数值时，应采取去污措施。

c) 设备、墙壁、地面经采取适当的去污措施后，仍超过表 B11 中所列数值时，可视为固定污染，经审管部门或审管部门授权的部门检查同意，可适当放宽控制水平，但不得超过表 B11 中所列数值的 5 倍。

d) β 粒子最大能量小于 0.3MeV 的 β 放射性物质的表面污染控制水平，可为表 B11 中所列数值的 5 倍。

g) 表面污染水平可按一定面积上的平均值计算：皮肤和工作服取 100cm^2 地面取 1000cm^2 。

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 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。

标准附录 C 非密封源工作场所的分级：

C1 非密封源工作场所的分级

应按表 C1（见表 7.3-2）将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7.3-2 非密封源工作场所的分级

级别	具体内容
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

C2 放射性核素的日等效操作量的计算

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）与该核素毒性组别修正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分别见表 7.3-3 和表 7.3-4。

表 7.3-3 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 7.3-4 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

2、年有效剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

对辐射工作人员、公众的剂量控制不仅要满足剂量限值的要求，而应依据辐射防护最优化原则，按照剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，把辐射水平降低到低于剂量限值的一个合理达到的尽可能低的水平。因此，本次评价采用年剂量管理约束值如下：

- a) 辐射工作人员采用年剂量限值的 1/4，即 5mSv/a 作为年剂量管理约束值。
- b) 公众人员采用 0.1mSv/a 作为年剂量管理约束值。

《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）

4.3 辐射工作人员和公众的辐射照射应符合GB18871关于剂量限值的规定。一般情况下，职业照射的剂量约束值为5mSv/a；公众照射的剂量约束值为0.1mSv/a。

3、《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）标准相关内容摘要

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。

5.1 放射源测井

5.1.1 放射源测井操作应按照辐射防护原则，采取最优化的防护措施。

5.1.2 测井现场应根据实际情况划分控制区，控制区边界设置明显的警戒线和电离辐射警告标志，并安排专人值守。

5.1.3 操作人员应确认放射性测井仪、放射源装卸工具、源容器及防护用品的状态或性能完好方可开展测井活动。每次测井活动至少 2 名操作人员在场，佩戴适用的个人剂量计及剂量报警仪。

5.1.4 装卸、搬运或传递放射源的工具有应操作灵活、使用方便、性能可靠，使放射源与人体间保持适当距离，保证操作人员所受剂量控制在可合理达到的尽可能低的水平。

5.1.5 放射源源罐应便于放射源的取出、放入操作；源罐外表面应有标明源罐编号、核素名称、活度的标签，并印有明显的电离辐射警告标志。放射源源罐表面 5cm 处的周围剂量当量率按照表 1（见表 7.3-5）的控制值执行。

表 7.3-5 测井放射源源罐载源时表面 5cm 处的周围剂量当量率控制值

放射源	活度（GBq）	γ 周围剂量当量率控制值 （mSv/h）	中子周围剂量当量率控制值 （mSv/h）
中子源	≤ 185	≤ 1	≤ 5
	> 185	≤ 2	≤ 10
γ 源	≤ 18.5	≤ 1	—
	> 18.5	≤ 2	—

5.1.6 测井放射源用毕不能及时返回源库，需在测井现场临时存放时，尽量放置于运源车源仓内。如在车外、室外临时存放时，应采取安全保卫措施，避免放射源丢失、被盗。

5.1.7 进行放射源外壳、密封圈等日常检查时，宜在源库内操作，并使用专用操作工具和防护屏蔽设备；除更换测井用放射源密封圈外，涉及维修或更换放射源外壳及内部构件的操作应由符合要求的人员进行。

5.2 非密封放射性物质测井

5.2.1 测井现场配置（分装）非密封放射性物质时，应采取防风、防撒漏、防渗漏措施，防止非密封放射性物质洒落造成现场污染。测井现场的配置（分装）区域应使用警戒带、栅栏等进行圈闭，并设置明显的电离辐射警告标志。

5.2.2 非密封放射性物质应盛放于严密盖封的贮存容器内，容器外表面应有放射性物质

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电离辐射警告标志。距容器外表面 5cm 处的周围剂量当量率不超过 25 μ Sv/h, 1m 处的周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h, 容器外表面的 α 污染水平不应超过 0.4Bq/cm², β 污染水平不应超过 4Bq/cm²。

5.2.3 测井操作时, 至少 2 名操作人员在场。操作人员应避免放射性沾污, 穿戴符合要求的工作服, 包括帽子、口罩和手套等。

5.2.4 释放放射性示踪剂应采用井下释放方式, 确保释放器连接可靠、密封完好; 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, 实行一次性投入井口的方法。

5.2.5 剩余非密封放射性物质及放射性废物按不同核素、不同的固液形态分别收集在专用容器内, 送回源库妥善保管。

7 运输的辐射安全与防护

7.1 放射源、非密封放射性物质的运输应按有关危险品道路运输安全要求执行。III类及以上放射源的运源车应安装有行驶记录功能的卫星定位设备。

7.2 运源车应配备装载货包的专用货箱, 采取固定运输容器的措施, 具备防盗防丢失报警功能, 车辆和运输容器的警示标志要求醒目, 应符合 GB11806 要求, 对货包作标记、贴标签和挂标牌。

7.3 运源车应采取相应的屏蔽防护措施, 使车辆外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 0.1mSv/h, 距运源车外表面 2m 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h, 驾驶员位置周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

7.4 运源车应配备防盗报警装置, 当发生源仓意外打开或其它异常情况时能够及时发出警报, 防止货包意外丢失、破坏或擅自移走。

7.5 运源车应随车携带运输说明书。运输说明书应包括放射性物品的名称、数量、物理化学形态、所属放射源类别、最大活度、辐射类型、货包类别、运输指数等内容。

7.6 放射性物品运输容器应满足相关法规管理要求。

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工作。
- 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（见表 7.3-6）的内容。

表 7.3-6 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

8.3 个人剂量监测

- 8.3.1 放射性测井单位应对操作人员、运输人员、保管人员等辐射工作人员进行个人剂量监测，根据射线类型选择合适的个人剂量计，检测周期不超过三个月。

8.3.2 个人剂量档案应按要求妥善保存,发现个人剂量监测数据异常时,应及时进行调查。

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。

4、《油气田测井放射防护要求》(GBZ118-2020)标准相关内容摘要

本标准6.6、7.1.3为推荐性条款,其余为强制性条款。

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

4.2 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 贮存及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GB2894的规定印有醒目的电离辐射标志和使用单位的名称。

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内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。

5.1.6 非密封放射性物质实验室应设置在单独建筑物或一般建筑物的最底层或一端，应有单独的出入口。应设置专用的放射性废液和固体废物的收集容器或贮存设施。

5.1.7 非密封放射性物质实验室应按照操作放射性水平、放射性污染的危险程度，依次分为清洁区（包括办公室、休息室等）、低活性区（包括仪器维修室、放射性测量室和更衣、淋浴及辐射剂量检测间等）和高活性区（包括开瓶分装室、贮源库与废物贮存设施等）三个区域，低活性区和高活性区均为控制区，清洁区为监督区，控制区与监督区应按照GB18871的要求分区管理。气流方向应从低活性区至高活性区，并通过过滤装置后从专用排风道排出，排风管道出口应高出本建筑物顶层。

5.1.8 非密封放射性物质实验室地面、墙壁、门窗及内部设备的结构力求简单，表面应光滑、无缝隙，地面与相邻墙宜采用圆滑式而非直角式连接；地面应铺设可更换、易去污的材料，并设地漏接放射性废水处理系统；墙面应耐酸、碱，易清洗。乙级实验室应设卫生通过间（包括更衣、淋浴和辐射剂量检测设施等），丙级实验室应设置供更衣、洗手和辐射剂量检测的设施等。供水应采用脚踏、臂肘或非接触感应式开关。

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。

5.1.11 开瓶、分装、配制、蒸发、烘干溶液或有气体、气溶胶产生的操作应在通风橱内进行，易于造成污染的放射性操作应在铺有易去污材料的工作台上或搪瓷盘内进行。通风橱内应保持负压，通风橱操作口半开时，操作口处风速应大于1m/s，其排气系统应设过滤装置；通风橱底部应设置低放射性废液贮存设施。

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。

5.1.16源库内放射源及非密封放射性物质贮源坑（池）防护盖表面（或贮源箱表面）30cm处周围剂量当量率不应超过100μSv/h。污物桶和放射性废物贮存设施表面30cm处周围剂量当量率不应超过25μSv/h。

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。

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不应大于表7.3-7的控制值。

表 7.3-7 运源车内外的周围剂量当量率控制值

测量位置	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	≤2.5μSv/h	≤20μSv/h
车厢外表面 30cm 处	≤100μSv/h	≤200μSv/h
车厢外表面 200cm 处	≤2.5μSv/h	≤20μSv/h
兼用运源车年运送放射源时间不应超过 50h。 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。		

5.2.7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。

5.2.10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GB14500的规定执行。

6.2低放射性废液的排放按照GB18871的规定执行。

6.3非密封放射性物质实验室及中子管贮存库内应设放射性污物桶，所有固体放射性废

物应丢入污物桶内收集或放入贮存设施内暂存。

6.4实验剩余放射性溶液和高浓度的容器涮洗液等不能排放的废液，按半衰期长短分别收集在专用收集容器内，可作为放射性废物在贮存设施中封存。

6.5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。

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

7.2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。

5、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）标准相关内容摘要

本标准的5.1.1、7.1.1、9为强制性的，其余为推荐性的。

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。

5.3 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GB 18871-2002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7.3-8）。

表 7.3-8 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柜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。

6、《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》相关要求

第十八条 从事核技术利用或者伴生放射性矿开发利用的单位应当制定监测计划，对工作场所、流出物和周围辐射环境实施监测，并建立监测档案。

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。

第二十条 使用放射性同位素和射线装置实施野外作业的，应当在作业场所划定控制区和监督区，设置放射性辐射警示标志，并加强现场安全保卫，严禁无关人员进入作业现场。

在野外贮存放射性同位素和射线装置的，应当贮存在独立封闭的临时贮存场所内。贮存场所应当由专人看管，并采取防火、防盗、防射线泄漏等安全防护措施。

第二十一条 放射性固体废物实行强制收贮管理制度。产生放射性固体废物的单位，应当按照国家规定处置放射性固体废物。放射性废物（源）在本单位暂存的，应当在符合国家标准的专门场所和容器贮存，并设专人看管，确保放射性废物（源）的安全。暂存期间不得超过3个月。

（本页以下空白）

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

建设单位注册地址位于新疆巴音郭楞蒙古自治州轮台县红桥工业园区开发路老管委会旁边二层楼 301 号 1-1、1-2，地理位置坐标：东经 $84^{\circ} 17'49.128''$ ，北纬 $41^{\circ} 47'22.117''$ ，地理位置示意图见图 1.2-1。测井现场不固定，但均位于塔里木盆地塔里木油田勘探区块内。放射性同位素贮存、分装场所（中石化西北放射源库）位于新疆轮台县轮南镇牙买提社区建工路 003 号。中心位置坐标东经 $84^{\circ} 02'59.998''$ ，北纬 $41^{\circ} 19'48.199''$ ，距轮台县城约 80km，源库地理位置见图 1.2-2。

8.2 环境现状评价对象、监测因子和监测方案

8.2.1 环境现状评价对象

源库工作场所周边环境、测井现场区域辐射环境现状。

8.2.2 监测因子

γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率、 α 、 β 表面污染。

8.2.3 监测方法

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《放射性测井辐射安全与防护》HJ1325-2023 要求和方法进行现场监测。

8.2.4 监测点位及布点原则

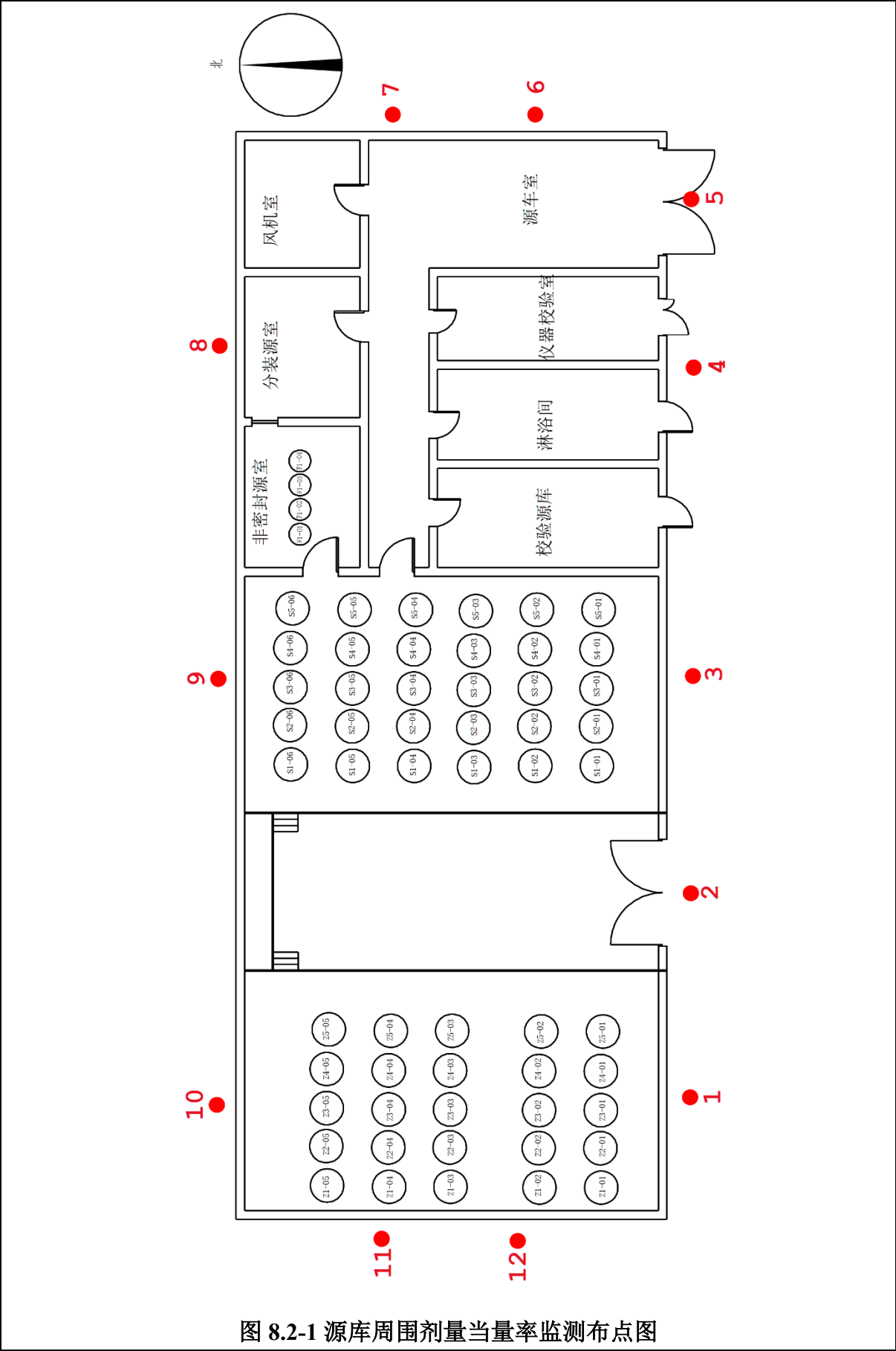
（1）监测点位

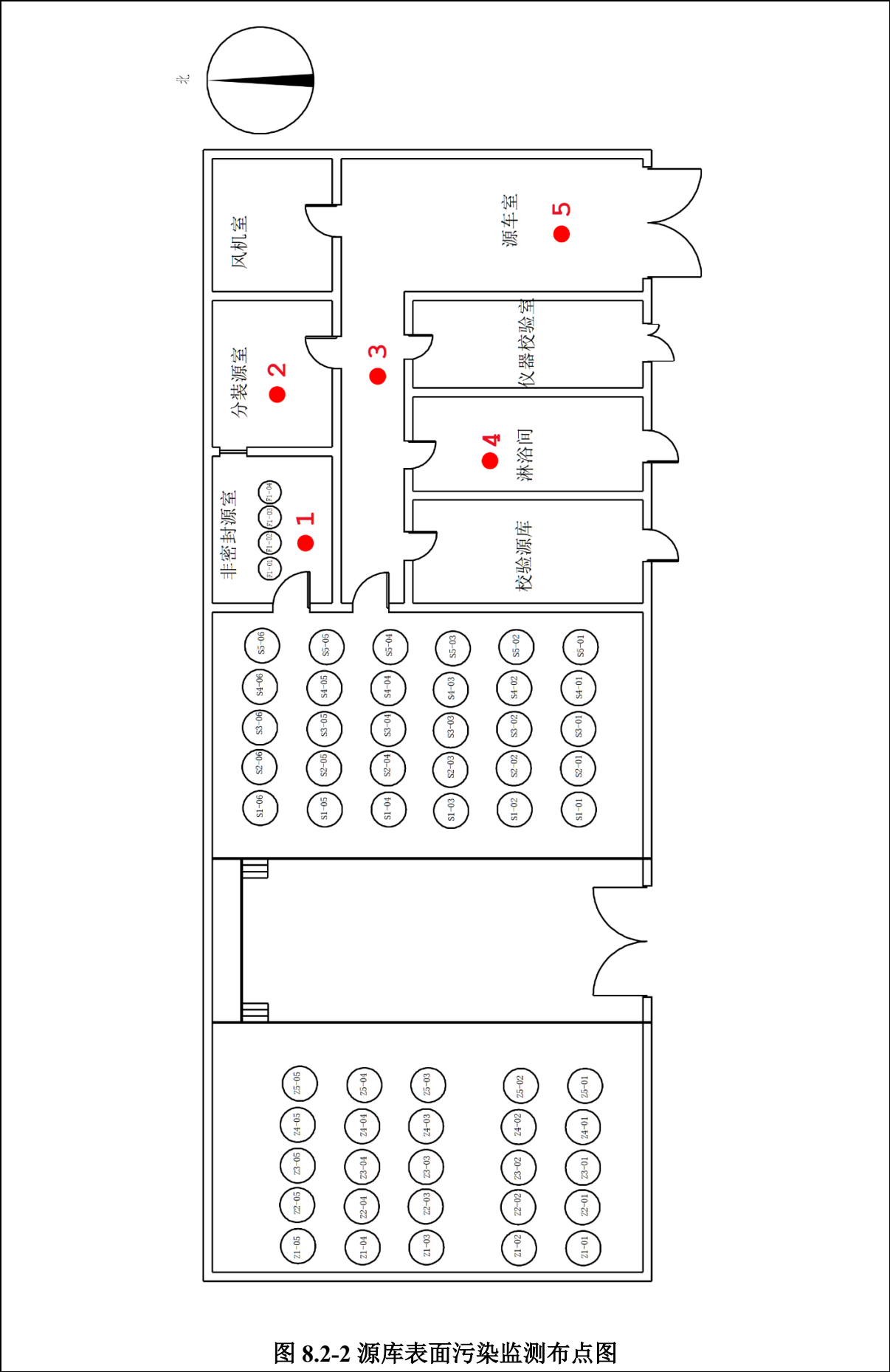
对源库周围环境布设监测点。监测点位图详见图 8.2-1 至 8.2-2。

（2）布点原则

为了充分了解本项目放射性测井用密封放射源贮存工作场所和非密封放射性核素贮存、分装工作场所辐射剂量率水平以及表面污染水平，并对本项目正式运行后产生的辐射水平进行对比，本次依托的中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库检测布点包含了工作人员及公众尽可能到达的区域，以确保本项目正式运行后对周围环境的影响在标准范围内。

（本页以下空白）





8.2.5 测井现场区域辐射环境质量现状

建设单位开展放射性测井为流动式作业，不在某一场所长期作业，结合《新疆维吾尔自治区生态环境状况公报（2024 年）》（2025 年 5 月发布）可知，测井现场环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

8.3 监测方案、质量保证措施、监测结果

8.3.1 监测方案

（1）监测目的

通过对源库外围区域进行辐射水平监测，掌握该区域辐射水平现状，为核技术利用项目环境影响评价提供基础数据，同时为后续运行期间辐射环境监测提供对比基准，确保项目运行对环境影响在可接受范围内。

（2）监测范围

- ① γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率：源库墙体、防护门外表面 30cm 处；
- ② α 、 β 表面污染：非密封放射源库内贮源场所、分装场所、淋浴间、通道、源车室场所表面。

（3）监测项目及频次

1) γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率、 α 、 β 表面污染

- 监测点布设：在辐射工作场所附近、关键居民区、人口密集区域等设置多个监测点。
- 监测频次：连续监测，实时记录数据。

（4）监测方法

γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率：使用 X- γ 辐射仪和中子剂量当量仪进行连续监测或瞬时测量。

α 、 β 表面污染：使用表面污染仪对非密封放射性同位素工作场所进行连续监测。监测仪器参数见表 8.3-1。

表 8.3-1 环境 γ 辐射剂量率监测仪器参数

仪器名称	X- γ 辐射仪	中子周围剂量当量仪	α 、 β 表面污染仪
仪器型号	AT1121	AT1117M/ATKN	COMO-170
仪器编号	45934	19649	8243

能量范围	0.025MeV-3MeV	50keV-3MeV	β 射线: 150keV-2.5MeV α 射线: ≥ 2 MeV
测量范围	50nSvp/h-10Sv/h	0.1 μ Sv/h-10mSv/h	α 通道: 0-2500cps (Am-241) β/γ 通道: 0-20000cps (Cs-137)
检定/校准单位	中国测试技术研究院	中国计量科学研究院	中国测试技术研究院
检定/校准证书	校准字第 202506109188 号	DLjs2025-00336	检定字第 202502100789 号
检定/校准有效期	2025.06.17-2026.06.16	2025.2.8-2026.2.7	2025.02.13-2026.02.12

8.3.2 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准, 监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后检查仪器工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度, 经过校核、审核, 最后由技术负责人审定。

8.3.3 监测结果

本项目环境保护目标区域辐射环境现状监测结果详见表 8.3-2 至表 8.3-3。

表 8.3-2 源库辐射环境现状监测结果

点位号	测点位置描述	γ 周围剂量当量率 (μ Sv/h)	中子周围剂量当量率 (μ Sv/h)	备注
1	源库南墙外表面 30cm 处 1	0.17	<LLD	无
2	源库防护门外表面 30cm 处 2	0.15	<LLD	无
3	源库南墙外表面 30cm 处 3	0.17	<LLD	无
4	源库南墙外表面 30cm 处 4	0.16	<LLD	无
5	源库防护门外表面 30cm 处 5	0.16	<LLD	无
6	源库东墙外表面 30cm 处 6	0.17	<LLD	无
7	源库东墙外表面 30cm 处 7	0.17	<LLD	无
8	源库北墙外表面 30cm 处 8	0.16	<LLD	无
9	源库北墙外表面 30cm 处 9	0.16	<LLD	无
10	源库北墙外表面 30cm 处 10	0.16	<LLD	无
11	源库西墙外表面 30cm 处 11	0.18	<LLD	无
12	源库西墙外表面 30cm 处 12	0.18	<LLD	无

注: 1.检测结果未扣除测点处宇宙射线响应值;

2.中子周围剂量当量仪最低探测水平 LLD: 0.1 μ Sv/h, 当检测结果<0.1 μ Sv/h 时, 记录为<LLD。

表 8.3-3 非密封放射性同位素工作场所表面污染监测结果

点位号	测点位置描述	α 表面污染 (Bq/cm ²)	β 表面污染 (Bq/cm ²)	备注
1	非密封源室表面	<LLD	0.27	无
2	分装源室表面	<LLD	0.63	无
3	通道表面	<LLD	0.22	无
4	淋浴间表面	<LLD	0.24	无
5	源车室表面	<LLD	<LLD	无

注： α 、 β 表面污染本次检测结果： α 探测下限为 0.01Bq/cm²， β 探测下限为 0.02Bq/cm²，当检测结果小于探测下限时记录为<LLD。

8.4 环境现状结果评价

（1）中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库辐射水平检测结果符合《放射性测井辐射安全与防护》HJ1325-2023 标准要求。

（2）根据《新疆维吾尔自治区生态环境状况公报（2024 年）》结论可知：测井现场环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

（本页以下空白）

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 放射源测井原理及工艺流程

(1) 放射源测井原理

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参数，研究井剖面岩层性质、寻找石油、天然气矿藏等一类测井方法。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) γ 测井原理

γ 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 γ 射线的强度，用来研究岩层密度等性质，求得岩层孔隙度。其原理主要是利用康普顿散射现象，测井时使用 ^{137}Cs γ 放射源，放出 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，而吸收系数与岩石体积密度有关，所以通过测量散射 γ 射线强度就能反映岩层体积密度。

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

2) 中子测井原理

中子是一种不带电荷中性粒子，因此中子源发射出的中子可以不受周围介质中原子内部电场作用，直接打到原子核上，与原子核发生碰撞，从而引发核反应。反应产生的高能中子经地层中含氢材料慢化后，变成能量较小的热中子，热中子因为其能量小，不能再引发核反应，所以在很短时间内，在中子源周围地层中形成一种处于动态平衡热中子浓度分布。由于氢对高能中子减速最明显，所以中子源周围热中子浓度分布是由该处氢浓度决定的。氢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。

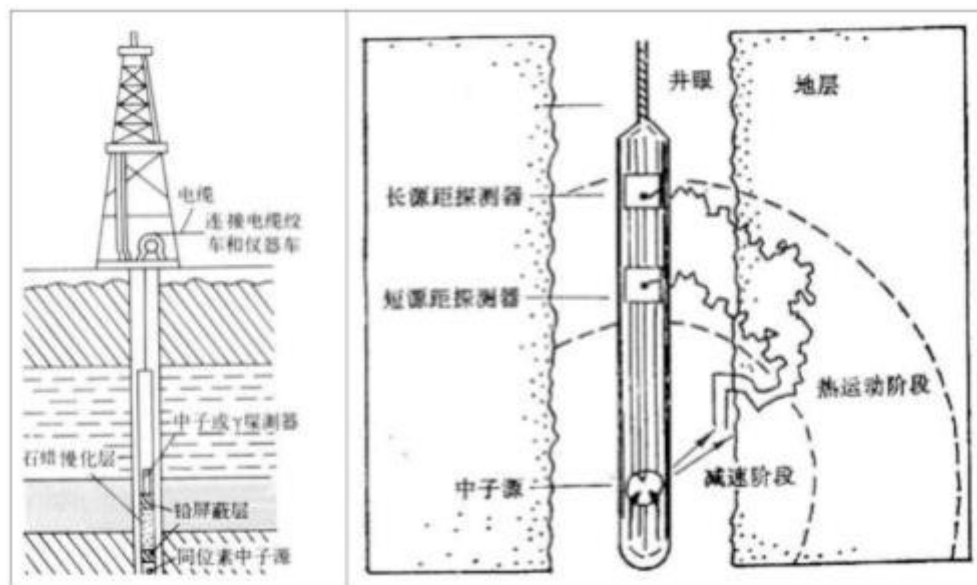


图 9.1-1 密封放射源测井原理示意图

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，中子测井使用校验源为 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源。

(2) 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西北放射源库进行贮存，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，密封放射源测井工艺流程如下：

1) 建设单位接收测井委托任务（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出库，由建设单位负责放射源运输工作。

3) 中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司放射源库管理人员进行放射源出库交接，并做好交接记录。启运前，建设单位将对源罐进行周围剂量当量率检测，确认放射源位于源罐内，由建设单位将放射源运送至测井现场。建设单位拟购运源车为专用车辆，内设放射源防护舱，用于暂存测井用密封放射源。

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，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) 建设单位辐射工作人员将放射源转移至测井车防护舱内。

6) 为保障测井工作质量，测井人员在测井前、后需要对测井仪进行校验，由专人从测井车防护舱中取出校验源进行仪器校验。

γ 测井校验流程包括：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防护舱中暂存。

7) 在开展测井装源工作前，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防护舱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。

8) 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 井中，仪器操作工在测井车观测测井数据。

9) 完成测井后，吊起测井仪器，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，将源罐送至测井车防护舱暂存。

10) 测井完成后，建设单位再次对测井仪进行校验。由专人从测井队测井车防护舱中取出校验源进行仪器校验；完成测井仪校验后，由专人将校验源从仪器中取

出，送回测井队测井车防护舱中暂存，再将测井仪送回测井车内存放。测井队完成测井工作。

11) 测井队完成测井工作后，建设单位开展放射源返回运输工作。建设单位辐射工作人员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，并进行放射源交接台账记录工作。

12) 建设单位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 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源主要衰变产生中子、 γ 射线、 α 射线，密度测井使用 ^{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校验、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。

（本页以下空白）

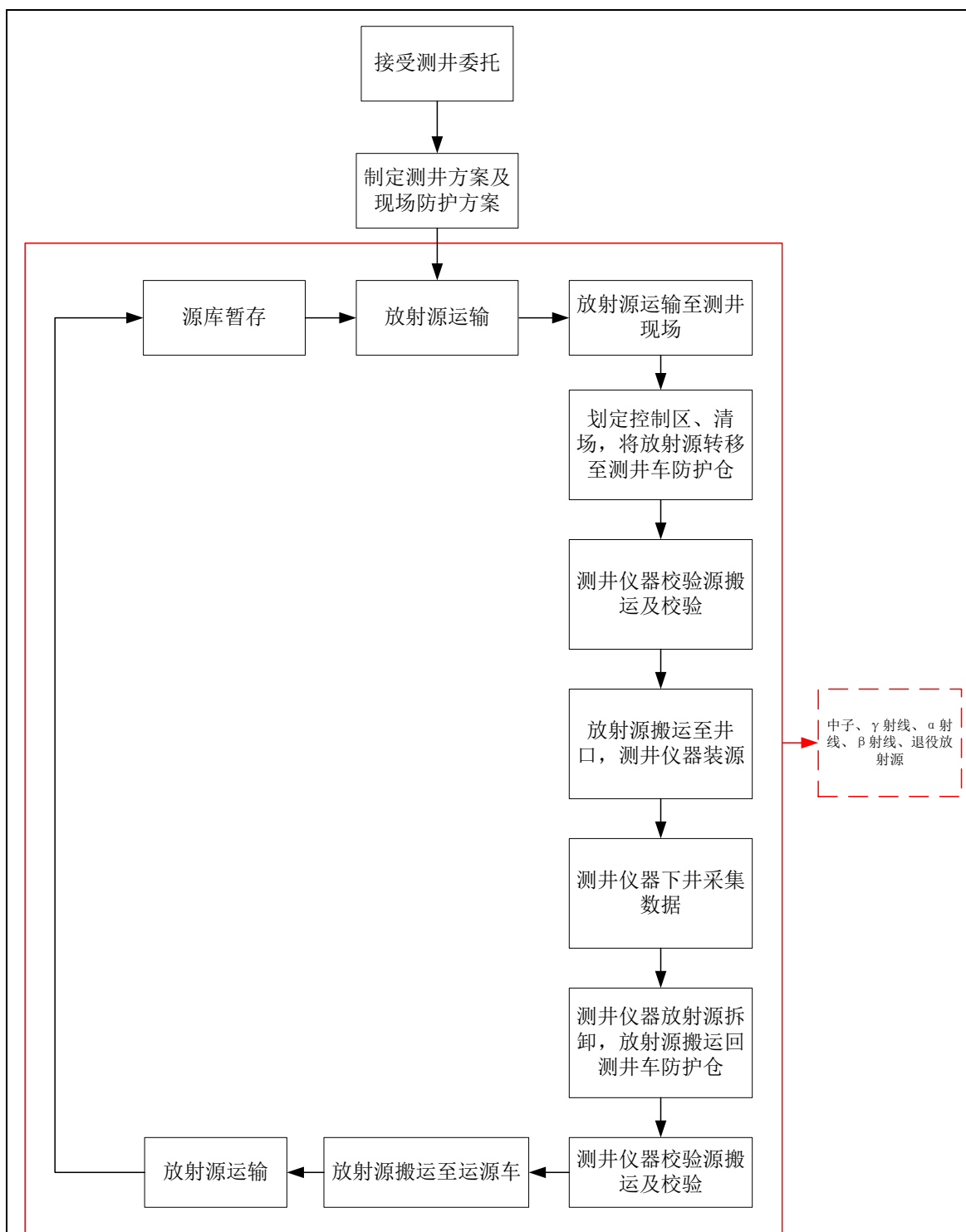


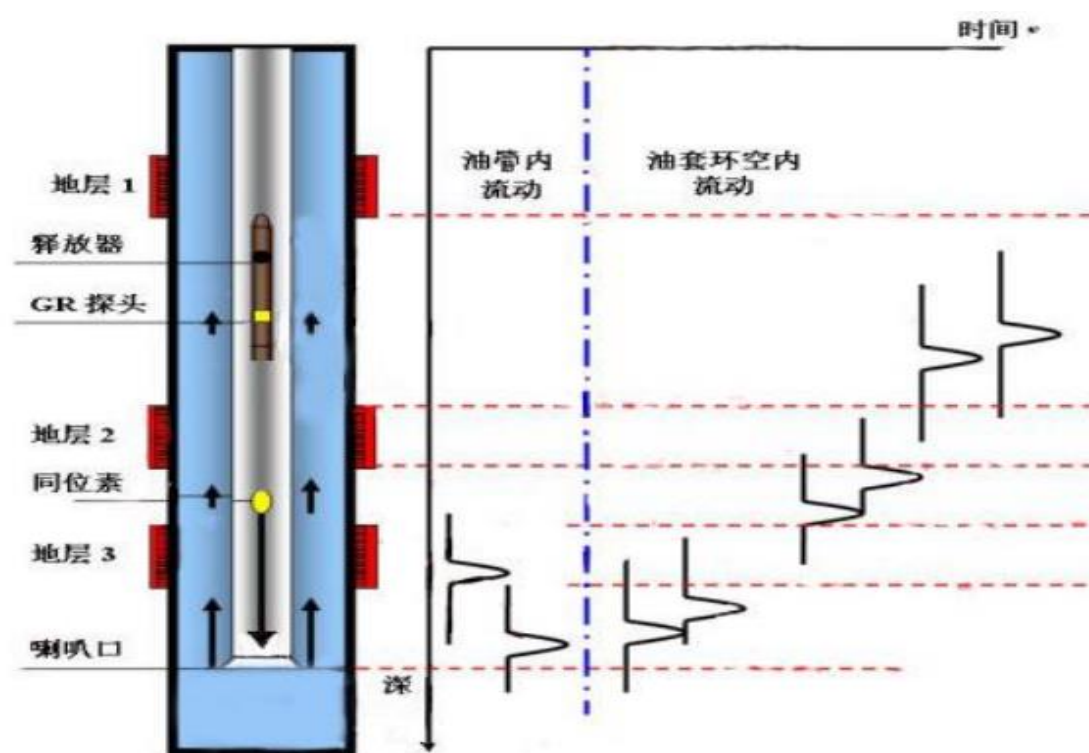
图 9.1-2 放射源测井工艺流程及产污环节图

9.1.2 非密封放射性同位素测井原理及工艺流程

(1) 工作原理

石油开采是依靠地下油层压力将石油采出，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，地层吸水量与滤积在该段地层对应井壁上同位素载体量和载体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测得伽马曲线，计算对应射孔层位上曲线叠合异常面积大小，采用面积法解释各层相对吸水量，从而可以确定注入井分层相对吸水量（吸水剖面）。



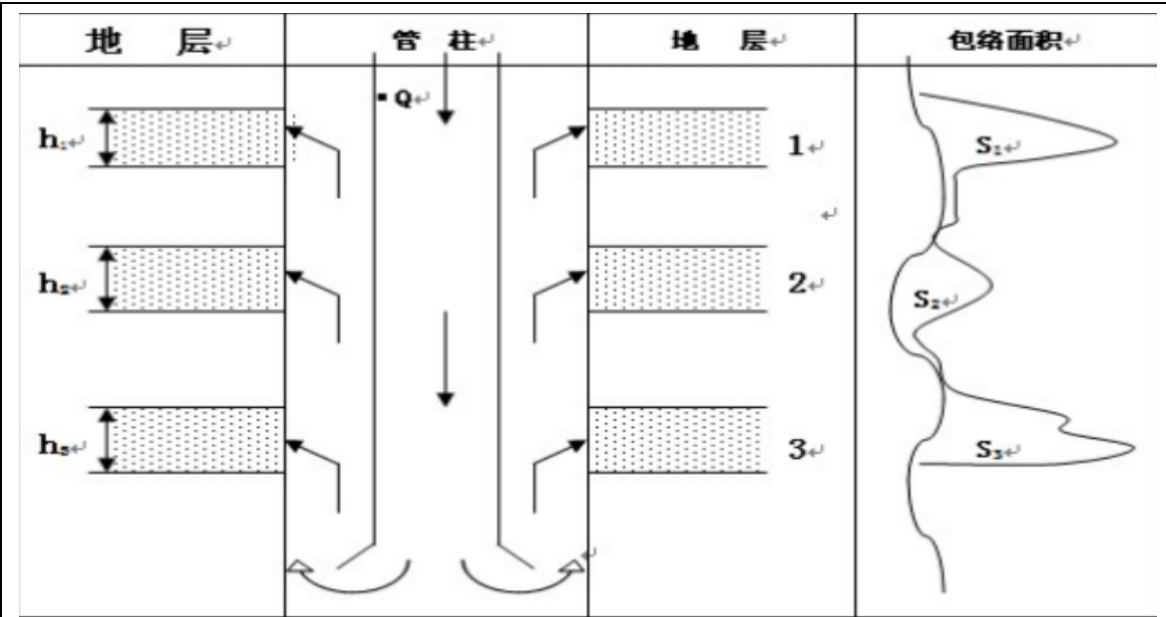


图 9.1-3 放射性同位素示踪测井原理图

(2) 工艺流程

建设单位接到测井任务后，订购 ^{131}I 和 ^{131}Ba 放射性同位素，并由放射性同位素供应商负责运送至源库暂存。工艺流程简述如下：

- 1) 建设单位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，建设单位告知测井工作人员，分配任务。
- 3) 测井队接到任务后，组织相关人员前往中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司源库对 ^{131}I 和 ^{131}Ba 放射性同位素进行分装，放在运源车固定源罐装置内，随后开往测井现场。
- 4) 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 和 ^{131}Ba 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 和 ^{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, 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辐射剂量当量率和表面污染情况进行监测, 确保测井结束后井场、职业人员及其个人防护用品辐射水平为辐射环境本底值。
- 14) 放射性同位素示踪测井过程中, 操作释放器会造成表面污染、 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) 地下水产生短时间辐射影响。

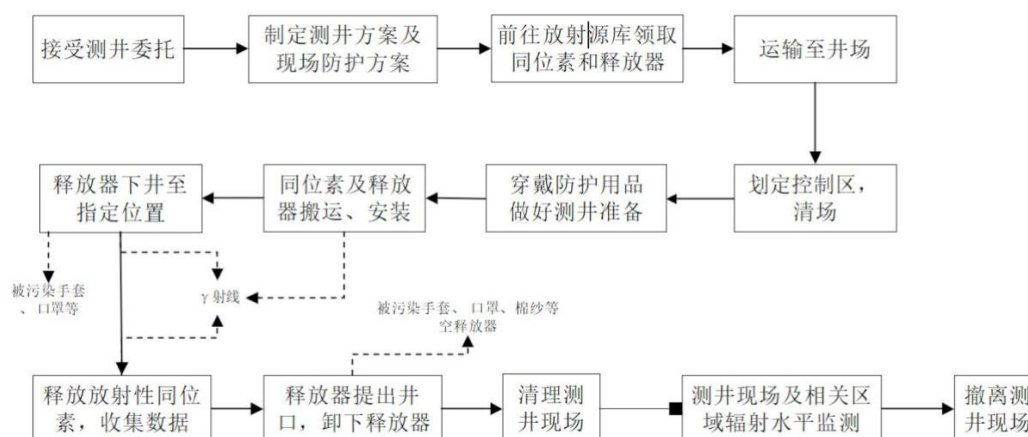


图 9.1-4 放射性同位素示踪测井工艺流程及产污环节图

9.1.3 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、运源车先后顺序，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。

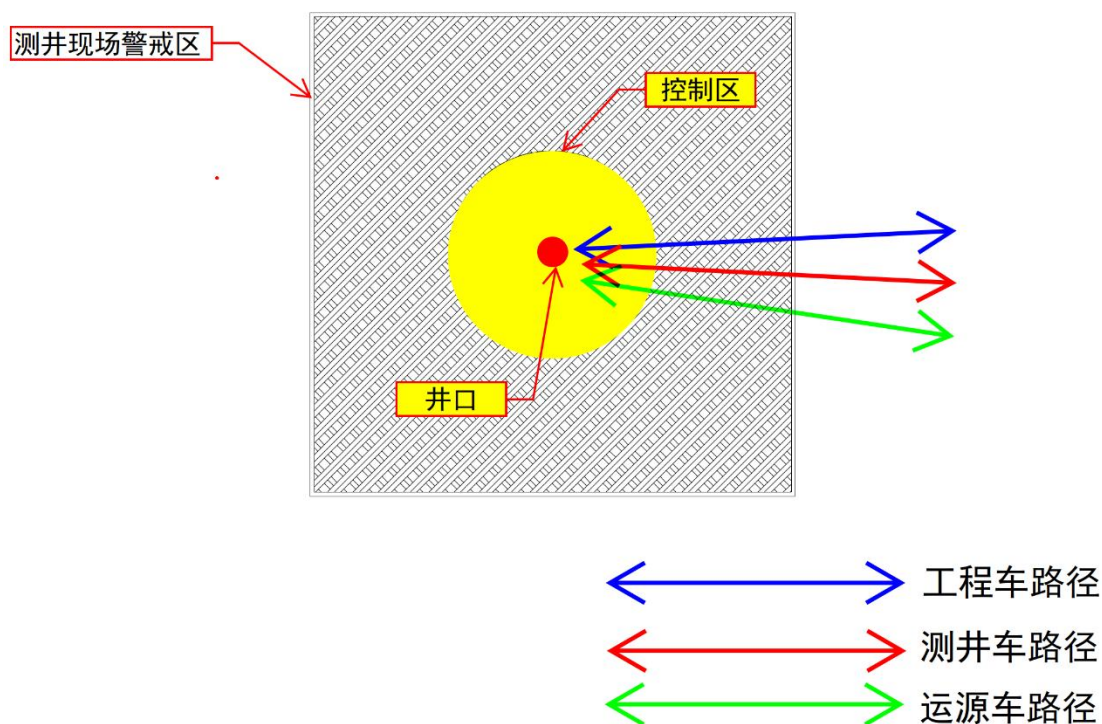


图 9.1-5 人流物流路径规划示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 电离辐射

(1) 放射源

① $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源

$^{241}\text{Am-Be}$ 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 9-6)。

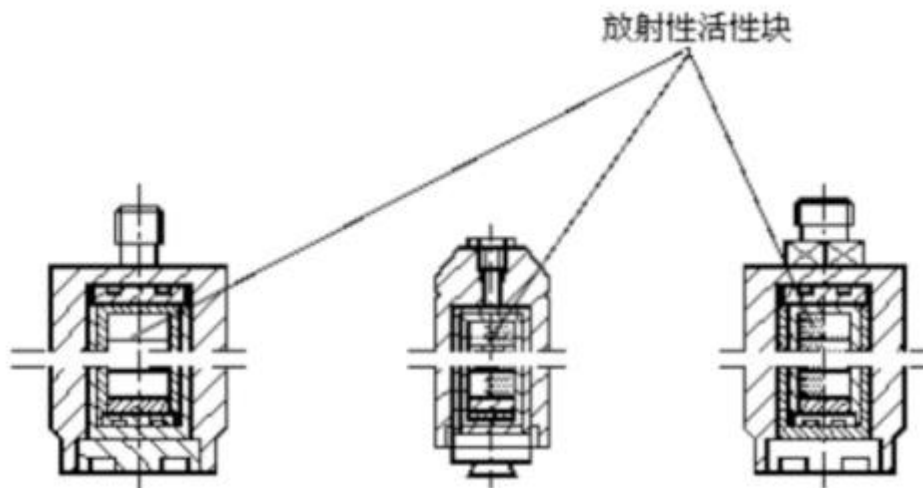


图 9.2-1 ^{241}Am -Be 测井中子源结构示意图

^{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 $^9\text{Be} + \alpha \rightarrow ^{12}\text{C} + n + 4.5\text{MeV}$ 。

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 9.2-2 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。

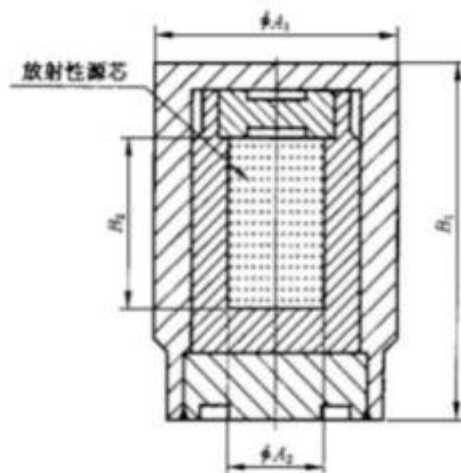


图 9.2-2 ^{137}Cs 密封放射源结构示意图

(2) 非密封放射性同位素

1) ^{131}I 特性

^{131}I 物理半衰期为 8.02d，十个半衰期为 80.2d，衰变方式为 β 衰变，能衰变出多条 β 射线，其中分支比最大为 89.2%，能量为 606.3keV，还能释放出多条 γ 射线，其中分支比最大为 81.1%，能量为 364.5keV。衰变纲图见图 9.2-3。

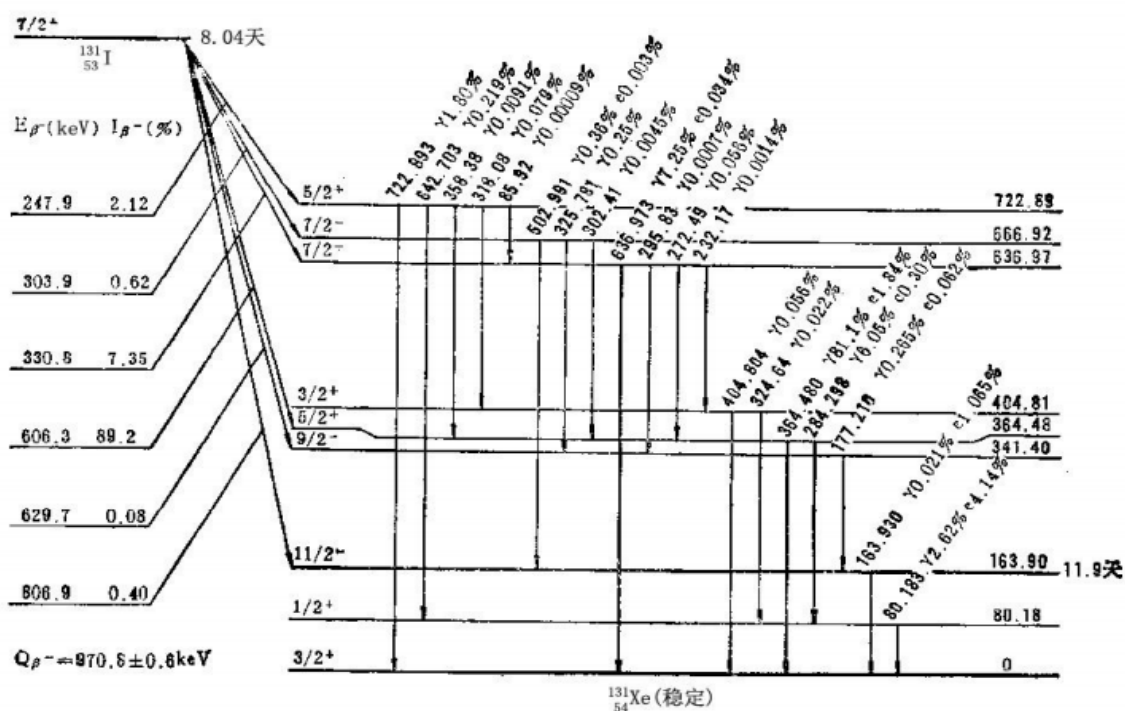


图 9.2-3 ^{131}I 衰变纲图

2) ^{131}Ba 特性

^{131}Ba 物理半衰期为 11.7d，十个半衰期为 117d，衰变方式：EC=100%，释放出

多种能量 γ 射线， γ 射线能量主要有：496.3keV（46.8%）、123.8keV（28.97%）、216.1keV（19.66%）。衰变纲图见图 9.2-4。

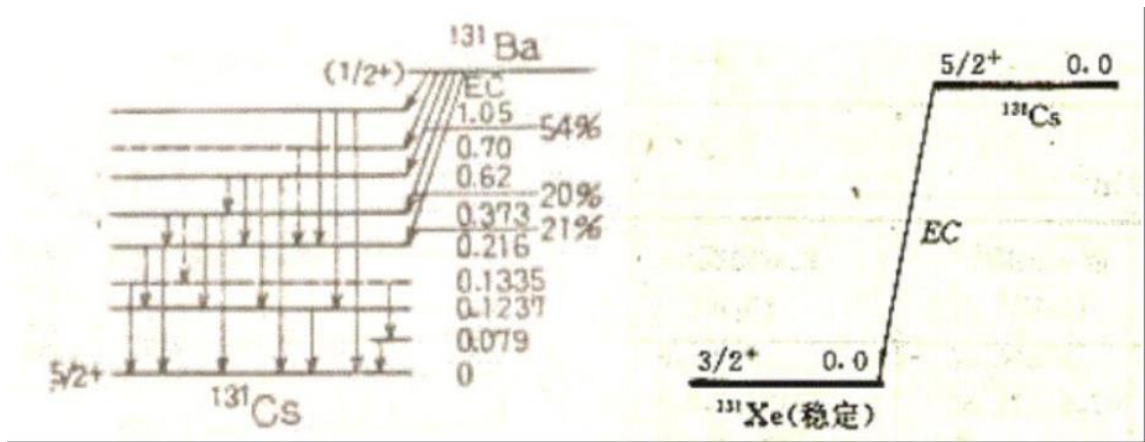


图 9.2-4 ^{131}Ba 衰变纲图

本项目涉及核素包括 ^{131}I 、 ^{131}Ba ，放射性核素特征见表 9.2-1。

表 9.2-1 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	8.02d	衰变方式为 β 衰变，能衰变出多条 β 射线，其中分支比最大为 89.2%，能量为 606.3keV，还能释放出多条 γ 射线，其中分支比最大为 81.1%，能量为 364.5keV。	液态
^{131}Ba	11.7d	^{131}Ba 在发生轨道电子俘获时将产生不同能量级 γ 射线，其 γ 射线能量为 496.3keV。	液态

9.2.2 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对周围环境的影响较小。

本项目分装 ^{131}I 和 ^{131}Ba 产生放射性废气，分装柜设置有通风设施，放射性废气通过排风装置将废气排放至室外； ^{131}I 和 ^{131}Ba 密封于释放器内，不会产生放射性废气。 ^{131}I 和 ^{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，因此其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

9.2.3 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 ^{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 和 ^{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 8.02d， ^{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，对地下水环境影响是可接受的。根据建设单位提供的放射性测井工作流程信息，本项目测井完成后释放器带回中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库内进行清洗处理，结合本项目依托的中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司放射性同位素年最大测井数 30 口井，每次清洗约产生约 5L 废水，则年产生放射性废液约 650L。考虑到分装柜的清洗（1 年 4 次，每次 10L）和非密封放射性同位素工作场所的清洗（1 年 4 次，每次 20L），全年共产生放射性废液约 770L（即 0.77m^3 ）。考虑到其他因素对衰变池容量的影响取安全系数 1.5，则全年最多产生放射性废液约 1150L（即 1.15m^3 ）。

9.2.4 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），放射性废弃物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）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、IV 类、V 类放射源，其退役时产生废旧放射源。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。结合中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司本单位年最大测井数 30 口，每口井约产生 0.2kg 的放射性固体废物，全年最多产生固体放射性废物约 26kg。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建设单位运回，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 正常工况下

(1) 放射源

本项目使用放射源用于测井，本项目使用放射源分为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潜在危害程度见表 9.3-1。

表 9.3-1 本项目放射源潜在危害程度一览表

类别	危险程度	危害描述
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

(2) 非密封放射性同位素

1) γ 射线及 β 射线：石油测井用放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba ，正常工况下整个操作过程放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 处于密闭环境。对环境产生影响的主要污染因子是放射性同位素 ^{131}I 和 ^{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液体；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液体。

3) 放射性同位素 ^{131}I 和 ^{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 和 ^{131}Ba 的使用，空释放器沾染有 ^{131}I 和 ^{131}Ba 并具有放射性，产生表面污染和 γ 射线。使用后的空释放器运回源库清洗后循环使用。

5) 放射性固体废物：主要来自放射性同位素 ^{131}I 和 ^{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、棉纱及空释放器由建设单位带回西北放射源库处置。

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，空释放器由建设单位运回，返回中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库内进行清洗工作，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。

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场地较为开阔，因此其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境的影响较小。

本项目分装 ^{131}I 和 ^{131}Ba 产生放射性废气，分装柜设置有通风设施，放射性废气通过排风装置将废气排放至室外； ^{131}I 和 ^{131}Ba 密封于释放器内，不会产生放射性废气。 ^{131}I 和 ^{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，因此其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

9.3.2 事故工况下

9.3.2.1 放射源

(1) 发生放射源损坏、泄漏或丢失等事故，造成对环境的放射性污染和对公众产生放射性影响或损伤，导致较严重的社会影响和经济损失。

(2) 对放射源防护不当、辐射防护管理措施不到位、人员误操作，发出的 γ 、中子等射线还有可能造成辐射危害及污染事故。

(3) 工作人员误入控制区，公众人员误入监督区，造成不同程度的意外超剂量照射，造成辐射危害。

(4) 发生放射源落井事故，（如：①正常使用中，仪器与放射源卡在井中；②在井台装卸源不慎将放射源落入井中。）造成辐射污染事故，导致较严重的社会影响和经济损失。

(5) 放射源库安全保卫工作未做好，出现放射源被盗、丢失，将会对社会、对公众造成放射性危害。

(6) 运源车辆发生碰撞、翻车、坠崖、落水等交通事故，导致源舱屏蔽性能

下降或完全失效，放射源本身可能因巨大冲击而从源容器的固定位置脱离、甚至发生包壳破损，导致放射性物质泄漏；

（7）运源车辆自身起火或因交通事故引发火灾，导致源容器的屏蔽材料在高温下可能熔化，失去屏蔽作用，极高的温度可能熔化放射源的密封金属包壳，导致放射性物质直接泄漏到环境中；

（8）由于管理疏忽（如交接不清、保管不当）、车辆被盗或司机擅离职守，导致整个源容器或放射源丢失；

（9）在运输前后的装卸、交接或临时存放过程中，违反安全操作规程，使用不当的工具或操作失误导致源容器从高处坠落，造成机械损坏，或未使用长柄工具或未保持安全距离，导致操作人员的手部和身体受到过量外照射。

9.3.2 非密封放射性同位素

（1）装有放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 的释放器丢失事故；

（2）装有放射性同位素 ^{131}I 和 ^{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 和 ^{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情况下，测井作业人员吸入 ^{131}I 和 ^{131}Ba 气溶胶造成内照射事故。

（本页以下空白）

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区管理

根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，应把辐射工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区，以便于辐射安全管理和职业照射控制。控制区和监督区划分要求如下：

控制区：注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

(1) 放射源测井工作场所分区

放射源测井过程中，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：

$$L = \sqrt{\frac{A \cdot \Gamma}{H}} \quad (\text{公式 10.1-1})$$

式中：

Γ —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 5.1 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

对于衰变产生的中子，控制区距离计算公式如下：

$$L = \sqrt{\frac{A \cdot Y \cdot f}{H \cdot 4 \cdot \pi}} \quad (\text{公式 10.1-2})$$

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 5.1；

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 5.6；

H —控制区边界剂量率限值，取 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 10.1-1、公式 10.1-2，计算出测井仪器装源、卸源期间控制区计算结果见下表。

表 10.1-1 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	9.25E+10	53.4m
$^{241}\text{Am-Be}$ 放射源	7.40E+11	13.5m (中子)
$^{241}\text{Am-Be}$ 放射源	7.40E+11	11.9m (γ 射线)

由表 10.1-1 可知，测井过程中，密度测井仪器安装、拆卸 ^{137}Cs 测井源时，以放射源为中心，将放射源 55m 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 14m 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，为便于管理，可将放射源 55m 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“禁止进入辐射区域”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。

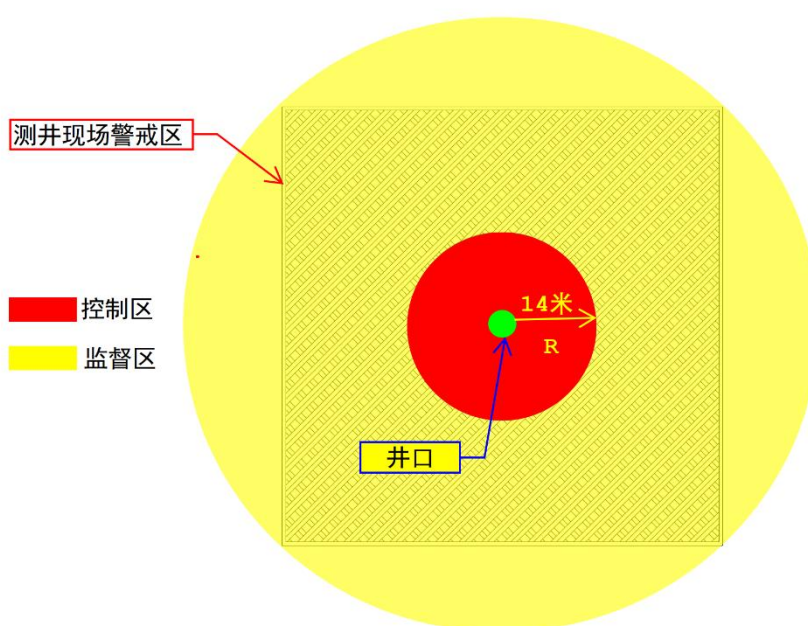


图 10.1-1 $^{241}\text{Am-Be}$ 中子放射源测井分区示意图

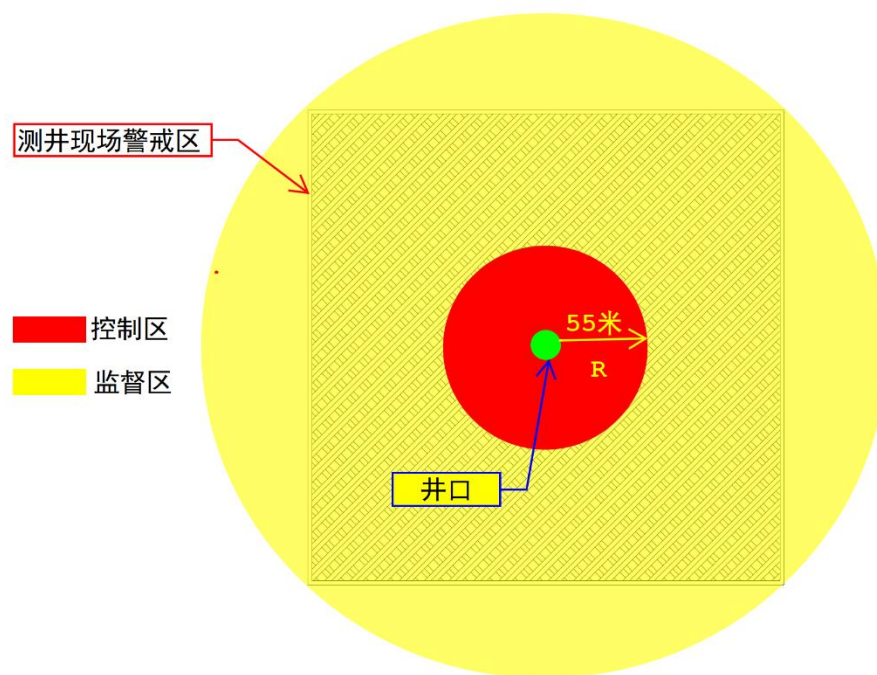


图 10.1-2 ^{137}Cs γ 放射源测井分区示意图

(2) 非密封放射性同位素测井工作场所分区

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”。

本项目使用放射性同位素 ^{131}I 、 ^{131}Ba 用于放射性示踪测井，一般情况下单口井最大用量为 1.0mCi。裸源情况下，距 1mCi ^{131}Ba 放射源处的辐射剂量当量率达到 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ 时的距离约为 1.024m；距 1mCi ^{131}I 放射源处的辐射剂量当量率达到 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ 时的距离约为 0.939m。为方便管理，本次评价将以井口为中心周围 2m 范围内划定为控制区；以井场警戒线为边界，控制边界外井场警戒线内划定为监督区。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，要求控制区边界周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

（本页以下空白）

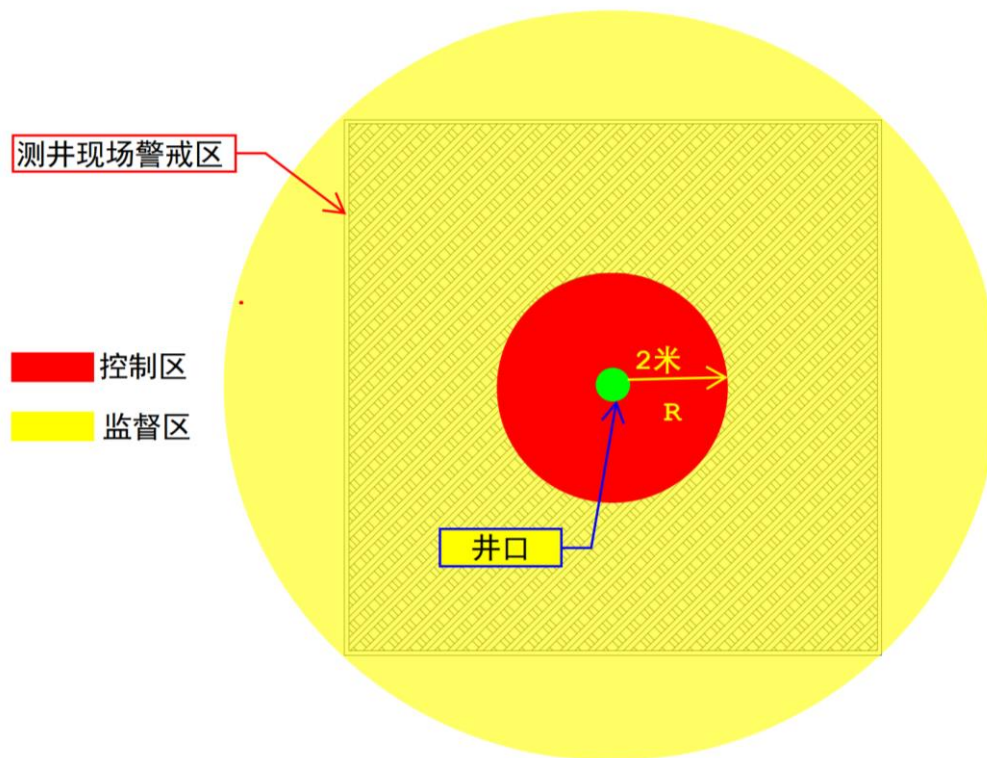


图 10.1-3 非密封放射性同位素测井分区示意图

10.1.2 辐射安全与防护措施

10.1.2.1 放射源辐射安全与防护措施

(1) $^{241}\text{Am-Be}$ 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 10.1-4 所示。

(本页以下空白)

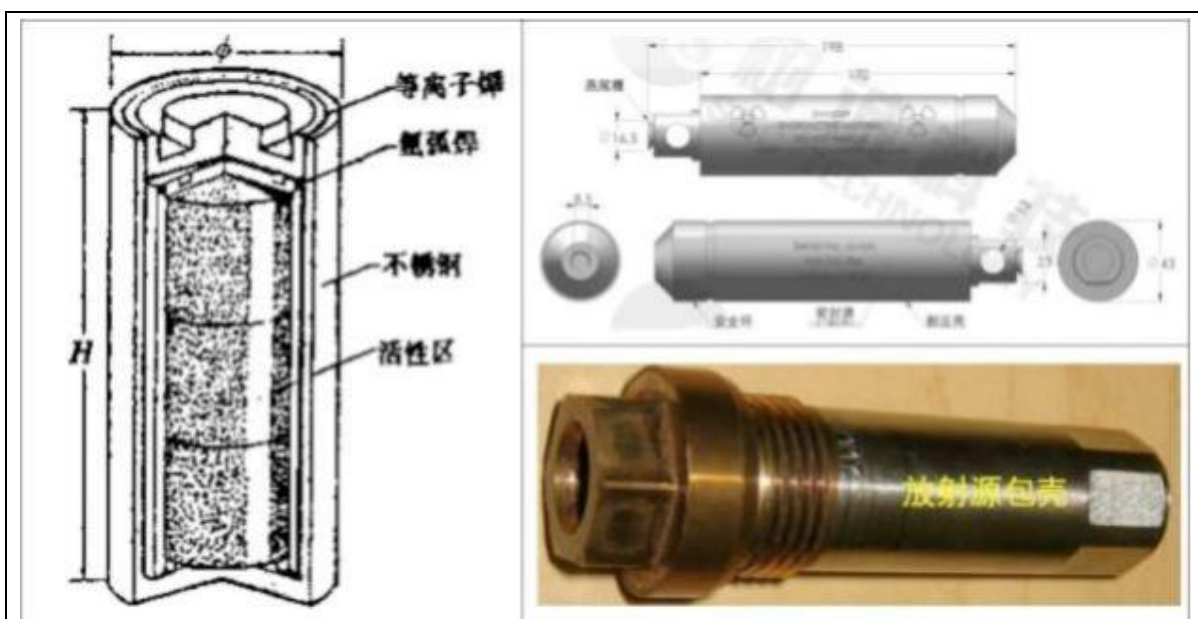


图 10.1-4 $^{241}\text{Am}\text{-Be}$ 中子源结构图

(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 10.1-5 所示。

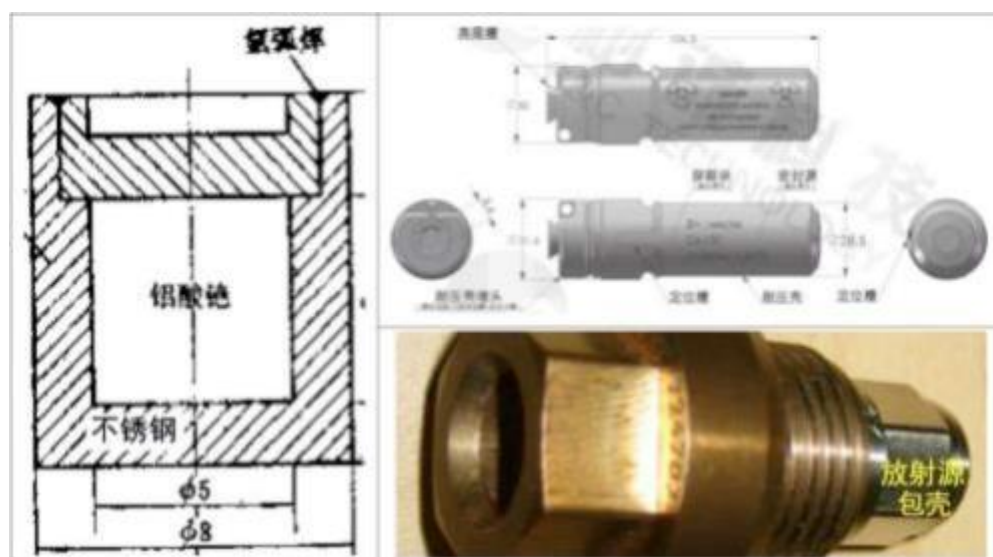


图 10.1-5 ^{137}Cs 放射源结构图

10.1.2.2 放射源源罐屏蔽效能

本项目放射源均具有固定源罐，由有资质单位厂家进行生产，该项目配套使用的源罐屏蔽设计见表 10.1-2。

表 10.1-2 拟使用放射源源罐屏蔽设计表

放射源	出厂活度 (Bq)	尺寸参数	屏蔽材料
²⁴¹ Am-Be 中子源 (II类)	7.40E+11	圆形，直径 43cm，高度 57cm	18cm 含硼聚乙烯+8mm 钢
²⁴¹ Am-Be 中子源 (IV类)	1.85E+10	方形，长 40cm×宽 30cm×高 35cm	10cm 含硼聚乙烯+5mm 铅衬+3mm 不锈钢壳
¹³⁷ Cs γ 源 (IV类)	9.25E+10	圆形，直径 20cm，高度 28cm	2cm 钨铀合金+5cm 铅+5mm 钢
¹³⁷ Cs γ 源 (V类)	6.29E+8	方形，长 30cm×宽 15cm×高 10cm	5cm 钢

根据《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023)，源罐表面 5cm 处的周围剂量当量率需要满足表 10.1-3 中规定限值。

表 10.1-3 测井放射源源罐载源时表面 5cm 处的周围剂量当量率控制值

放射源	活度 (GBq)	γ 周围剂量当量率控制值 (mSv/h)	中子周围剂量当量率控制值 (mSv/h)
中子源	≤185	≤1	≤5
	>185	≤2	≤10
γ 源	≤18.5	≤1	—
	>18.5	≤2	—

本项目依托已建成放射源库贮存放射源，源库已履行环境影响评价和竣工环境保护验收手续。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，放射源贮存依托可行。

10.1.2.3 放射源辐射安全管理措施

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)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，应当按照原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) 测井现场放射源管理

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。由建设单位辐射工作人员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。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，测井车防护舱和放射源源罐分别加锁管理。

④测井过程中，放射源的交接由建设单位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舱中暂存。

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舱。

(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。

(3) 操作放射源的辐射防护措施

①本项目拟为辐射工作人员配备 6 台个人剂量报警仪、并为每名队员配备个人剂量计。

②不得徒手操作放射源。本项目配备至少 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时间，减少人员所受年附加有效剂量。

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

(4) 放射源现场管理“六防”措施

本项目主要考虑测井现场临时暂存和使用过程中的安防措施,具体措施见表10.1-4。

表 10.1-4 放射源管理“六防”措施表

序号	措施	拟采取措施
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舱内,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舱进行暂存,该防护舱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《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023)中相应限值要求。

(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,熟练装源操作技巧,尽量缩短放射源裸露时间,通过减少人员受照时间从而降低人员受照剂量。

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:

a) 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；

b) 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。

10.1.2.4 非密封放射性同位素辐射安全管理措施

本项目使用的放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 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相关措施，放射性同位素的运输由建设单位负责。

（1）贮源容器污染防治措施

①所有放射性核素、示踪剂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。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。非密封放射性物质应盛放于严密盖封的贮存容器内，容器外表面应有放射性物质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电离辐射警告标志。距容器外表面 5cm 处的周围剂量当量率不超过 $25\mu\text{Sv/h}$ ，1m 处的周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，容器外表面的 α 污染水平不应超过 0.4Bq/cm^2 ， β 污染水平不应超过 4Bq/cm^2 。

（2）测井中污染防治措施

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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、井管压力与水流量正常，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 和 ^{131}Ba 气溶胶造成内照射。

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。

（3）其他辐射环境管理措施

①建设单位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，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；本项目拟为测井辐射工作人员配置 1 台 X- γ 剂量率检测仪、1 台中子剂量率仪、1 台表面污染仪以及 6 个人剂量报警仪。

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，辐射工作人员脱离放射工作岗位时，辐射工作单位应

当对其进行离岗前的职业健康检查，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。建设单位在采取以上措施后，可以满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中相关要求。

10.1.2.5 建设项目与标准符合性分析

本项目放射源与非密封放射性同位素均依托中石化西北放射源库进行贮存，故不对放射源和非密封放射性同位素贮存过程中的防护要求进行分析，本项目放射源性测井辐射防护措施建设与标准要求符合情况见表 10.1-5。

表 10.1-5 建设项目拟设置防护措施和设施情况一览表

序号	标准要求	拟设置情况	符合性
1	《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）5.1.2：测井现场应根据实际情况划分控制区，控制区边界设置明显的警戒线和电离辐射警告标志，并安排专人值守	建设单位拟在测井现场根据实际情况划分控制区，控制区边界拟设置明显的警戒线和电离辐射警告标志，拟安排专人值守	符合
2	《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）5.1.3：操作人员应确认放射性测井仪、放射源装卸工具、源容器及防护用品的状态或性能完好方可开展测井活动。每次测井活动至少 2 名操作人员在场，佩戴适用的个人剂量计及剂量报警仪	操作人员将严格按照现场测井操作规范，确认放射性测井仪、放射源装卸工具、源容器及防护用品的状态或性能完好方可开展测井活动，每次测井活动拟配备 2 名操作人员在场，拟佩戴适用的个人剂量计及剂量报警仪	符合
3	《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）5.1.4：装卸、搬运或传递放射源的工具应操作灵活、使用方便、性能可靠，使放射源与人体间保持适当距离，保证操作人员所受剂量控制在可合理达到的尽可能低的水平	测井现场装卸、搬运或传递放射源拟使用操作灵活、使用方便、性能可靠的工具，使放射源与人体间保持适当距离，保证操作人员所受剂量控制在可合理达到的尽可能低的水平	符合
4	《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）5.1.5：放射源源罐应便于放射源的取出、放入操作；源罐外表面应有标明源罐编号、核素名称、活度的标签，并印有明显的电离辐射警告标志。放射源源罐表面 5cm 处的周围剂量	建设单位拟购买放射源源罐便于放射源的取出、放入操作，源罐外表面拟设置有源罐编号、核素名称、活度的标签，拟设置明显的电离辐射警告标志，出厂的放射源源罐表面 5cm 处的周围剂量当量率拟按照表 1 的控制值执行	符合

	当量率按照表 1 的控制值执行		
5	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.1.6: 测井放射源用毕不能及时返回源库, 需在测井现场临时存放时, 尽量放置于运源车源仓内。如 在车外、室外临时存放时, 应采取安全保卫措施, 避免放射源丢失、被盗	测井放射源用毕不能及时返回源库, 需在测井现场临时存放时, 建设单位拟将放射源放置于运源车源仓内。如在车外、室外临时存放时, 拟采取安全保卫措施, 避免放射源丢失、被盗	符合
6	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.1.7: 进行放射源外壳、密封圈等日常检查时, 宜在源库内操作, 并使用专用操作工具和防护屏蔽设备; 除更换测井用放射源密封圈外, 涉及维修或更换放射源外壳及内部构件的操作应由符合要求的人员进行	进行放射源外壳、密封圈等日常检查时, 拟在源库内操作, 并使用专用操作工具和防护屏蔽设备; 除更换测井用放射源密封圈外, 涉及维修或更换放射源外壳及内部构件的操作拟由符合要求的人员进行	符合
7	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.1.8: 测井放射源按照 GB/T15849、GBZ118 或者放射源设计文件要求定期开展泄漏检测。检测结果大于等于 200Bq 的放射源应立即停止使用并进行处理	建设单位拟定期对放射源开展泄漏检测, 检测结果 $\geq 200\text{Bq}$ 的放射源立即停止使用并进行处理	符合
8	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.1.9: 新型放射源、新型测井设备或新工艺投入测井使用前, 应通过“模拟试验”确认操作规程等要求	建设单位拟对新型放射源、新型测井设备或新工艺投入测井使用前, 通过“模拟试验”确认操作规程等要求	符合
9	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.2.1: 测井现场配置(分装)非密封放射性物质时, 应采取防风、防散漏、防渗漏措施, 防止非密封放射性物质洒落造成现场污染。测井现场的配置(分装)区域应使用警戒带、栅栏等进行圈闭, 并设置明显的电离辐射警告标志	建设单位在中石化西北放射源库内进行分装, 不在测井现场进行分装和配置。测井现场区域拟使用警戒带、栅栏等进行圈闭, 并设置明显的电离辐射警告标志	符合
10	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.2.2: 非密封放射性物质应盛放于严密盖封的贮存容器内, 容器外表面应有放射性物质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电离辐射警告标志	非密封放射性物质拟盛放于严密盖封的贮存容器内, 容器外表面拟有放射性物质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电离辐射警告标志	符合

11	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.2.3: 测井操作时, 至少 2 名操作人员在场。操作人员应避免放射性沾污, 穿戴符合要求的工作服, 包括帽子、口罩和手套等	测井操作时, 拟配备 2 名操作人员在场。操作人员拟穿戴符合要求的工作服, 包括帽子、口罩和手套等, 避免放射性沾污	符合
12	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.2.4: 释放放射性示踪剂应采用井下释放方式, 确保释放器连接可靠、密封完好; 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, 实行一次性投入井口的方法	释放放射性示踪剂拟采用井下释放方式, 确保释放器连接可靠、密封完好; 采用井口释放方式时, 拟先将示踪剂封装于易在井内破碎或裂解的容器或包装内, 实行一次性投入井口的方法	符合
13	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 5.2.5: 剩余非密封放射性物质及放射性废物按不同核素、不同的固液形态分别收集在专用容器内, 送回源库妥善保管。使用后的井下释放器应密封包装后带回实验室内清洗, 清洗液作为放射性废液收集处理	剩余非密封放射性物质及放射性废物按不同核素、不同的固液形态拟分别收集在专用容器内, 送回源库妥善保管。使用后的井下释放器拟密封包装后带回源库内清洗, 清洗液拟作为放射性废液收集处理	符合
14	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 7.1: 放射源、非密封放射性物质的运输应按有关危险品道路运输安全要求执行。III类及以上放射源的运源车应安装有行驶记录功能的卫星定位设备	建设单位拟购运源车对放射源、非密封放射性物质的运输按有关危险品道路运输安全要求执行。运源车安装有行驶记录功能的卫星定位设备	符合
15	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 7.2: 运源车应配备装载货包的专用货箱, 采取固定运输容器的措施, 具备防盗防丢失报警功能, 车辆和运输容器的警示标志要求醒目, 应符合 GB11806 要求, 对货包作标记、贴标签和挂牌	运源车拟配备装载货包的专用货箱, 采取固定运输容器的措施, 具备防盗防丢失报警功能, 车辆和运输容器的警示标志要求醒目, 符合 GB11806 要求, 对货包作标记、贴标签和挂牌	符合
16	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 7.3: 运源车应采取相应的屏蔽防护措施, 使车辆外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 0.1mSv/h, 距运源车外表面 2m 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h, 驾驶员位置周围剂量当量率小于 2.5μSv/h	运源车拟采取相应的屏蔽防护措施, 使车辆外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 0.1mSv/h, 距运源车外表面 2m 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h, 驾驶员位置周围剂量当量率小于 2.5μSv/h	符合

17	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 7.4: 运源车应配备防盗报警装置, 当发生源仓意外打开或其它异常情况时能够及时发出警报, 防止货包意外丢失、破坏或擅自移走	运源车拟配备防盗报警装置, 当发生源仓意外打开或其它异常情况时能够及时发出警报, 防止货包意外丢失、破坏或擅自移走	符合
18	《放射性测井辐射安全与防护》 (HJ1325-2023) 7.5: 运源车应随车携带运输说明书。运输说明书应包括放射性物品的名称、数量、物理化学形态、所属放射源类别、最大活度、辐射类型、货包类别、运输指数等内容	运源车随车携带运输说明书。运输说明书包括放射性物品的名称、数量、物理化学形态、所属放射源类别、最大活度、辐射类型、货包类别、运输指数等内容	符合

10.1.2.6 其他防护措施

根据《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023) 有关条款的要求, 放射性测井单位应根据所使用的放射源、非密封放射性物质的类别配备并使用必要的辐射监测仪器及防护用品。建设单位拟配备防护监测仪器及防护用品见表 10.1-6。

表 10.1-6 拟配置监测仪器及防护用品情况一览表

序号	名称	单位	数量
1	X- γ 辐射检测仪	台	1
2	中子剂量当量仪	台	1
3	α 、 β 表面污染仪	台	1
4	个人剂量报警仪	个	6
5	个人剂量计	个	6
6	连体铅衣、铅围脖、铅帽子、铅眼镜、铅手套	件	6

10.1.2.7 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”; 建设单位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。

10.2 三废的治理

10.2.1 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。

本项目分装 ^{131}I 和 ^{131}Ba 产生放射性废气，分装柜设置有通风设施，放射性废气通过排风装置将废气排放至室外； ^{131}I 和 ^{131}Ba 密封于释放器内，不会产生放射性废气。 ^{131}I 和 ^{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，因此其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境的影响较小。

10.2.2 放射性固体废物

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拟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，送交有资质的单位处置。

本项目放射性固体废物主要来自操作非密封放射性同位素 ^{131}Ba 、 ^{131}I 测井产生的废手套、口罩和使用过的同位素分装瓶。

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；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。结合中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司本单位年最大测井数 30 口，每口井约产生 0.2kg 的放射性固体废物，全年最多产生固体放射性废物约 26kg。本项目拟将含放射性的废物（手套、口罩、棉纱）集中收集，测井过程中使用的废手套、口罩、棉纱等拟放置于危险品库内设置的衰变箱内，可以实现放射性固体废物的有效处理。同位素分装瓶单次最多产生 4 个，全年共产生 48 个空分装瓶，中石化西北放射源库内设置有三个废物回收箱和两个废物回收桶，且均含有 5mmPb 屏蔽防护，完全满足放射性固体废物的贮存，待存放 10 个半衰期后按一般固体废物进行处置。

同位素分装瓶（空）暂存在中石化西北放射源库内设置的衰变箱内，后续交中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司处理。

10.2.3 放射性废水

放射源测井不产生放射性废水。

本项目测井产生空释放器由建设单位运回中石化经纬有限公司华北测控公司新

疆分公司西北放射源库清洗处理，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。

根据建设单位提供的放射性测井工作流程信息，本项目测井完成后释放器带回中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库内进行清洗处理，结合本项目依托的中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司放射性同位素年最大测井数 30 口井，每次清洗约产生约 5L 废水，则年产生放射性废液约 650L。考虑到分装柜的清洗（1 年 4 次，每次 10L）和非密封放射性同位素工作场所的清洗（1 年 4 次，每次 20L），全年共产生放射性废液约 770L（即 0.77m^3 ）。考虑到其他因素对衰变池容量的影响取安全系数 1.5，则全年最多产生放射性废液约 1150L（即 1.15m^3 ）。中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库内设置有放射性废水衰变池，总容积约 20 立方米，能够满足放射性废水贮存要求。

放射性同位素测井过程中 ^{131}I 和 ^{131}Ba 直接释放于含水层中，会对地下水造成污染， ^{131}I 和 ^{131}Ba 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（ ^{131}I 半衰期为 8.02d， ^{131}Ba 半衰期 11.7d），10 个半衰期后（ ^{131}I 为 80.2d、 ^{131}Ba 为 117d），基本不存在累积影响，对地下水环境的影响是可接受的。

本项目产生的清洗废水属于原环境保护部 工业和信息化部 国家国防科技工业局 《关于发布<放射性废物分类>的公告》中“极短寿命放射性废物”，可通过贮存衰变的方式达到解控水平，实施解控。

（本页以下空白）

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 放射源源罐表面剂量率和运源车运输过程剂量率分析				
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 11.2-1，本文通过类比结合理论计算方法得出本项目各放射源源罐或源容器外表面 5cm 处的辐射剂量率和放射源运源车运输过程中的剂量率。				
（1）类比可行性分析				
为预测本项目环评所用放射源源罐/源容器外表面周围剂量当量率以及放射性同位素运输过程中运源车外表面周围剂量当量率水平，本次选取中国石油集团测井有限公司新疆分公司克拉玛依危险品库 1 号放射源库内和中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射源库内放射源以及相同屏蔽材料进行类比分析，放射源运输过程致周围环境辐射水平选取中国石油集团测井有限公司他塔里木分公司一辆运源车周围剂量当量率数据，监测数据来源于《中国石油集团测井有限公司新疆分公司放射性测井核技术利用项目辐射水平检测》（报告编号：ZJHA2024093）和《中国石油集团测井有限公司塔里木分公司油气田测井核技术利用辐射水平检测》（报告编号：ZJHA2024089）。本次类比放射源与本项目拟购置放射源主要技术参数见表 11.2-1。				
表 11.2-1 类比技术参数一览表				
名称	类比放射源参数		本项目放射源参数	
	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：2000.1.1	²⁴¹ Am-Be	出厂日期：/
		出厂活度（Bq）： 7.40E+11		出厂活度（Bq）： 7.40E+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：2013.11.30	²⁴¹ Am-Be	出厂日期：/
		出厂活度（Bq）： 1.85E+10		出厂活度（Bq）： 1.85E+10
		源罐尺寸：方形，长 40cm ×宽 30cm×高 35cm		源罐尺寸：方形，长 40cm×宽 30cm×高 35cm
		屏蔽设计：10cm 含硼聚乙烯+5mm 铅衬+3mm 不锈钢壳		屏蔽设计：10cm 含硼聚乙烯+5mm 铅衬+3mm 不锈钢壳
密度 测井 源	¹³⁷ Cs	出厂日期：2013.4.5	¹³⁷ Cs	出厂日期：/
		出厂活度（Bq）： 9.25E+10		出厂活度（Bq）： 9.25E+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
密度 校验 源	¹³⁷ Cs	出厂日期：2010.11.15	¹³⁷ Cs	出厂日期：/
		出厂活度（Bq）： 6.29E+08		出厂活度（Bq）： 6.29E+08
		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

（2）类比计算结果

根据类比放射源的出厂日期以及出厂活度，按照公式 $A_{(t)} = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T}$ ，计算求得放射源剩余活度，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 11.2-2。

表 11.2-2 类比放射源源罐/容器外表面 5cm 剂量率结果

序号	放射源	检测点位	距离 $R_m^{1)}$	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	109	443	114	462
2	²⁴¹ Am-Be 校验源	距源箱外表面 5cm 处	0.20	6.0	43	6.1	43.7

3	¹³⁷ Cs 测井源	距源罐外表面 5cm 处	0.15	88	/	114	/
4	¹³⁷ Cs 校验源	距源箱外表面 5cm 处	0.10	/	/	484.3 ²⁾	/
注：1) 表中距离 R _m 为放射源本体到源罐表面距离+源罐外表面 5cm。							

表 11.2-3 测井用放射源源罐载源时表面 5cm 周围剂量当量率控制值

放射源	活度 (GBq)	γ 周围剂量当量率控制值 (mSv/h)	中子周围剂量当量率控制值 (mSv/h)
中子源	≤185	≤1	≤5
	>185	≤2	≤10
γ 源	≤18.5	≤1	—
	>18.5	≤2	—

根据表 11.2-2 计算结果，对比表 11.2-3 可知，该项目拟购放射源源罐表面 5cm 剂量率限值满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）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：

（1）放射源贮存过程

放射源贮存环节，辐射工作人员可能受到由放射源库屏蔽体泄漏（中子、γ 射线）辐射影响。

根据本报告表 8.3-2 源库辐射环境现状监测结果可知，放射源库屏蔽体外周围剂量当量率满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中“源库墙体、门窗、室顶等屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。”的限值要求。

辐射工作人员受到年附加有效剂量可使用以下公式进行计算：

$$H = (H_n \cdot t + H_\gamma \cdot t) \cdot U \quad (\text{公式 11.2-1})$$

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_n —中子剂量当量率，mSv/h；

H_γ —γ 辐射剂量率，mSv/h；

辐射工作人员在放射源库借源过程的单次持续时间为 5min，放射源贮存环节

致辐射工作人员年受照剂量结果见表 11.2-4。

表 11.2-4 放射源贮存环节致辐射工作人员年受照剂量结果

类型	环节	源库外最大剂量率 ¹⁾ /μSv/h	单次接触 时间/min	年累计时 间/min	附加年有效剂 量 mSv	备注
放射源 贮存	放射源 出库	0.18	5	500	1.50E-03	γ 射线
		<LLD	5	500	— ²⁾	中子

注：1) 源库外最大剂量率数据来源于表 8.3-2 源库辐射环境现状监测结果；
2) 根据现状监测结果，本项目源库外中子周围剂量当量率致辐射工作人员受照剂量可忽略不计。

(2) 放射源运输过程

1) 运源车将放射源运输至测井现场环节

根据类比放射源的出厂日期以及出厂活度，按照公式 $A(t) = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T}$ ，计算求得放射源剩余活度，根据现存活度下运源车外表面 30cm 和 2m 处的检测结果，计算出厂活度下运源车外表面 30cm 和 2m 处的辐射剂量率，即为本项目拟购置的运源车外表面 30cm 和 2m 处的辐射剂量率。本次选取类比的运源车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 11.2-5。

表 11.2-5 运源车外周围剂量当量率类比结果结果

测点位置描述	现存活度下周围剂量当量率 (μSv/h)	出厂活度下周围剂量当量率 (μSv/h)
驾驶位	0.33	0.42
运源车车厢左前侧 30cm 处	0.44	0.56
运源车车厢左前侧 2m 处	0.63	0.81
运源车源仓 30cm 处	76.4	97.8
运源车源仓 2m 处	8.24	10.55
运源车车厢后侧 30cm 处	21.3	27.26
运源车车厢后侧 2m 处	4.57	5.85
运源车车厢右后侧 30cm 处	4.28	5.48
运源车车厢右后侧 2m 处	3.18	4.07
运源车车厢右前侧 30cm 处	0.59	0.76
运源车车厢右前侧 2m 处	0.39	0.50

注：1) 运源车防护舱内含 1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ II 类中子源（出厂活度 6.66E+11Bq，出厂日期：2013 年 11 月 30 日）和 1 枚 IV 类 ^{137}Cs 放射源（出厂活度 5.55E+11Bq，出厂日期：2013 年 11 月 30 日）。
2) 运源车车牌号：新 M 65048。

根据表 11.2-5 类比结果进行预测，该项目拟购运源车外表面 30cm、2m 以及驾驶员位置周围剂量当量率满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）的“运源车应采取相应的屏蔽防护措施，使车辆外表面 30cm 处周围剂量当量率小于

0.1mSv/h，距运源车外表面 2m 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，驾驶员位置周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。”限值要求。

环评要求：建设单位拟购运源车须进行屏蔽防护设计，使其能够满足本项目放射源运输过程中致周围环境辐射水平满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）放射源运输的辐射安全与防护要求。

放射源运输主要对运源车内驾驶员产生辐射影响，放射源单次运输时长为 3h，放射源运输至测井现场致辐射工作人员受照剂量结果见表 11.2-6。

表 11.2-6 放射源运输至测井现场致辐射工作人员受照剂量结果

类型	驾驶员操作位最大剂量率 ¹⁾ /μSv/h	单次接触时间/h	年累计时间/h	附加年有效剂量 mSv	备注
放射源运输	0.42	3	300	0.13	γ 射线
注：1) 驾驶员操作位最大剂量率数据来源于表 11.2-5 出厂活度下周围剂量当量率估算值。					

2) 放射源转移至运源车防护舱环节

放射源随运源车进入测井现场后，建设单位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，由建设单位辐射工作人员将放射源转移至测井车的防护舱内，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泄漏射线（中子、γ 射线）辐射影响。

则根据表 11.2-2 源罐外表面 5cm 处的辐射剂量率结合距离衰减公式 $x_1 = x_0 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2$ 进行计算，此环节人员受照剂量见表 11.2-7。

表 11.2-7 放射源确认、转移至运源车防护舱环节人员附加有效剂量估算结果

类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位 距离 $R_m^{1)}$	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 mSv	备注
放射源确认、转移至测井车防护舱环节	²⁴¹ Am-Be 测井源	7.40E+11	1.21	5.26	2	200	1.80E-02	γ 射线
			1.21	21.33	2	200	7.20E-02	中子
	²⁴¹ Am-Be 校验源	1.85E+10	1.15	0.18	2	200	6.16E-04	γ 射线
			1.15	1.32	2	200	4.00E-03	中子
	¹³⁷ Cs 测井源	9.25E+10	1.10	2.12	2	200	8.00E-03	γ 射线
	¹³⁷ Cs 校验源	6.29E+08	1.05	4.39	2	200	1.46E-02	γ 射线

节人 员																																																	
合计							1.17E-01	—																																									
注：1) 操作位距离 R_m =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。																																																	
<p>3) 测井仪器校验源搬运及校验环节</p> <p>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。</p> <p>该项目由 2 名辐射工作人员将校验源从测井车防护舱取出，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舱；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舱取出，完成校验操作后，将校验源运回至测井车防护舱。此过程中，单次放射源从测井车防护舱运输至测井场地、测井场地将放射源搬运至测井车防护舱往返时间约为 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 11.2-2 源罐外表面 5cm 处的辐射剂量率结合距离衰减公式 $x_1 = x_0 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2$ 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 11.2-8。</p> <p>表 11.2-8 校验源从运源车防护舱搬运至测井现场往返过程所致人员附加有效剂量估算结果</p> <table> <tr> <th>类型</th><th>放射源</th><th>出厂活度 Bq</th><th>操作位距离 $R_m^{1)}$</th><th>人员操作位剂量率 $\mu\text{Sv/h}$</th><th>单次操作时间 min</th><th>年累计时间 min</th><th>附加有效剂量 mSv</th><th>备注</th></tr> <tr> <td rowspan="3">校验源搬运人员</td><td rowspan="2">$^{241}\text{Am-Be}$ 校验源</td><td rowspan="2">1.85E+10</td><td>1.15</td><td>0.18</td><td>6</td><td>600</td><td>2.00E-03</td><td>γ 射线</td></tr> <tr> <td>1.15</td><td>1.32</td><td>6</td><td>600</td><td>1.40E-02</td><td>中子</td></tr> <tr> <td>^{137}Cs 校验源</td><td>6.29E+08</td><td>1.05</td><td>4.39</td><td>6</td><td>600</td><td>4.39E-02</td><td>γ 射线</td></tr> <tr> <td colspan="7">合计</td><td>5.99E-02</td><td>—</td></tr> </table> <p>注：1) 操作位距离 R_m=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) 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。</p> <p>4) 将测井用放射源搬运至井口环节</p> <p>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，</p>									类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 $R_m^{1)}$	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 mSv	备注	校验源搬运人员	$^{241}\text{Am-Be}$ 校验源	1.85E+10	1.15	0.18	6	600	2.00E-03	γ 射线	1.15	1.32	6	600	1.40E-02	中子	^{137}Cs 校验源	6.29E+08	1.05	4.39	6	600	4.39E-02	γ 射线	合计							5.99E-02	—
类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 $R_m^{1)}$	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 mSv	备注																																									
校验源搬运人员	$^{241}\text{Am-Be}$ 校验源	1.85E+10	1.15	0.18	6	600	2.00E-03	γ 射线																																									
			1.15	1.32	6	600	1.40E-02	中子																																									
	^{137}Cs 校验源	6.29E+08	1.05	4.39	6	600	4.39E-02	γ 射线																																									
合计							5.99E-02	—																																									

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泄漏辐射影响。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 11.2-2 源罐外表面 5cm 处的辐射剂量率结合距离衰减公式 $x_1 = x_0 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2$ 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 11.2-9。

表 11.2-9 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结果

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 R_m ¹⁾	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 mSv	备注
放射源搬运至井口处辐射工作人员	²⁴¹ Am-Be 测井源	7.40E+11	1.21	3.11	3	300	1.56E-02	γ 射线
			1.21	12.62	3	300	6.31E-02	中子
	¹³⁷ Cs 测井源	9.25E+10	1.10	4.00	3	300	2.00E-02	γ 射线
合计							9.87E-02	—
注：1) 人员操作位距离 R_m =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。								

(3) 测井仪器校验过程

本项目使用 1 枚中子校验源 (²⁴¹Am-Be 放射源：活度为 1.85E+10Bq)、1 枚 γ 校验源 (¹³⁷Cs 放射源：活度为 6.29E+08Bq)。根据测井规范，当使用 ²⁴¹Am-Be (活度为 7.40E+11Bq) 中子源测井时，每次测井前、后用 ²⁴¹Am-Be (活度为 1.85E+10Bq) 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 9.25E+10Bq) 的 γ 源测井时，每次测井前、后用 ¹³⁷Cs (活度为 6.29E+08Bq) 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。按照公式 11.2-2、11.2-3 计算校验过程对辐射工作人员影响，计算结果见表 11.2-10。

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：

$$H_I = \frac{\delta}{4\pi r^2} f_{H_I, n} \quad (\text{公式 11.2-2})$$

式中:

H_I —中子剂量当量率, Sv/s;

δ —中子源中子发射率, s⁻¹; $\delta=Ay$, A 为中子源活度, Bq, y 为中子产额;

²⁴¹Am-Be 中子源为 $54.1 \times 10^6 \text{s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$ (查《辐射防护导论》中表 5.1);

r —参考点距中子源的距离, m;

$f_{H_I, n}$ —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 $39.5 \times 10^{-15} \text{Sv} \cdot \text{m}^2$;

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;

$$K_\delta = \frac{A\Gamma_\delta}{r^2} \quad (\text{公式 11.2-3})$$

式中:

Γ_δ —空气比释动能率常数, ¹³⁷Cs 空气比释动能率常数为 $0.077 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$, 对于 ²⁴¹Am-Be 放射源, 空气比释动能率常数为 $4.72 \times 10^{-4} \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$;

A —活度, 单位 Bq;

r —计算点与源的距离, 单位 m。

表11.2-10校验过程人员附加有效剂量估算结果

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 $R_m^{1)}$	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 mSv	备注
校验人员	²⁴¹ Am-Be 校验源	1.85E+10	1.3	5.17	4	400	3.45E-02	γ 射线
			1.3	6.70	4	400	4.47E-02	中子
	¹³⁷ Cs 校验源	6.29E+08	1.3	28.7	4	400	1.91E-01	γ 射线
合计							2.70E-01	—

注：1) 人员操作位距离 R_m =人员操作位到取源器距离 0.3m+取源器长度 1.0m。

(4) 放射源安装过程

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 $\geq 1\text{m}$ ）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，对装源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 100 次。使用公式 11.2-2、11.2-3 进行计算，装源过程对测井工作人员的影响见表 11.2-11。

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，测井仪器装源时间取 30s，则依据公式进行计算，装源过程对控制区边界巡查辐射工作人员的影响见表 11.2-11。

表 11.2-11 测井仪器装源环节辐射工作人员附加有效剂量估算结果

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 R_m	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 mSv	备注
装源人员	$^{241}\text{Am-Be}$ 测井源	$7.40\text{E}+11$	1.3	207	0.5	50	0.17	γ 射线
			1.3	268	0.5	50	0.22	中子
	^{137}Cs 测井源	$9.25\text{E}+10$	1.3	$4.21\text{E}+03$	0.5	50	3.51	γ 射线
	小计						3.90	—
控制区边界巡逻人员	$^{241}\text{Am-Be}$ 测井源	$7.40\text{E}+11$	控制区边界	2.5	0.5	50	$2.00\text{E}-03$	γ 射线+中子
	^{137}Cs 测井源	$9.25\text{E}+10$	控制区边界	2.5	0.5	50	$2.00\text{E}-03$	γ 射线
	小计						$4.00\text{E}-03$	—

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。

(5) 放射源测井过程

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舱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 11.2-1~公式 11.2-3 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 11.2-12；测井车人员在测井车内操作，可能受测井车防护舱内校验源源罐表面剂量率影响，测井车人员距离防护舱距离约 3.5m（根据表 11.2-2 源罐外表面 5cm 处的辐射剂量率结合距离衰减公式 $x_1 = x_0 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2$ 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 11.2-13。

表 11.2-12 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结果

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 R _m	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 mSv	备注
测井车人员	²⁴¹ Am-Be 测井源	7.40E+11	25	0.01	1	100	1.67E-05	γ 射线
			25	0.05	1	100	8.35E-05	中子
	¹³⁷ Cs 测井源	9.25E+10	25	4.10E-03	1	100	6.85E-06	γ 射线
合计							1.07E-04	—

表 11.2-13 防护舱内校验源所致测井车人员附加有效剂量估算结果

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 R _m	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 mSv	备注
测井车人员	²⁴¹ Am-Be 校验源	1.85E+10	3.5	0.02	480	48000	0.02	γ 射线
			3.5	0.14	480	48000	0.11	中子
	¹³⁷ Cs 校验源	6.29E+08	3.5	0.43	480	48000	0.34	γ 射线
合计							0.47	—

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

由表 11.2-12、表 11.2-13 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 $1.07\text{E-}04\text{mSv}+0.47\text{mSv}=0.47\text{mSv}$ 。

(6) 放射源拆卸过程

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 100 次，使用公式 11.2-2、11.2-3 进行计算，卸源过程对测井工作人员的影响见表 11.2-14。

表 11.2-14 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结果

人员类型	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 R_m	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 mSv	备注
卸源人员	$^{241}\text{Am-Be}$ 测井源	$7.40\text{E}+11$	1.3	207	0.5	50	0.17	γ 射线
			1.3	268	0.5	50	0.22	中子
	^{137}Cs 测井源	$9.25\text{E}+10$	1.3	$4.21\text{E}+03$	0.5	50	3.51	γ 射线
	小计						3.90	—
控制区边界巡逻人员	$^{241}\text{Am-Be}$ 测井源	$7.40\text{E}+11$	控制区边界	2.5	0.5	50	$2.00\text{E-}03$	γ 射线+中子
	^{137}Cs 测井源	$9.25\text{E}+10$	控制区边界	2.5	0.5	50	$2.00\text{E-}03$	γ 射线
	小计						$4.00\text{E-}03$	—

(7) 放射源返回运输过程

1) 运源车将放射源由测井现场运送回放射源库环节

运源车将放射源由测井现场运送回放射源库环节致辐射工作人员受照剂量与运源车将放射源运输至测井现场受照剂量估算结果一致，估算结果见表 11.2-15。

表 11.2-15 放射源运输过程返回放射源库致辐射工作人员受照剂量结果

类型	驾驶员操作位最大剂量率 ¹⁾ /μSv/h	单次接触时间/h	年累计时间/h	附加年有效剂量 mSv	备注
放射源运输	0.42	3	300	0.13	γ 射线
注：1) 驾驶员操作位最大剂量率数据来源于表 11.2-5 出厂活度下周围剂量当量率估算值。					

2) 放射源搬运至运源车防护舱环节

将放射源搬运至运源车防护舱内，待运源车到达测井现场后，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舱过程时间约 3min，根据表 11.2-2 源罐外表面 5cm 处的辐射剂量率结合距离衰减公式 $x_1 = x_0 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2$ 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 11.2-16。

表 11.2-16 放射源转移至运源车防护舱环节辐射工作人员附加有效剂量估算

受照环节	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 R _m	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 mSv	备注
放射源转移至测井车防护舱	²⁴¹ Am-Be 测井源	7.40E+11	1.21	5.26	3	300	2.63E-02	γ 射线
			1.21	21.3	3	300	1.07E-01	中子
	¹³⁷ Cs 测井源	9.25E+10	1.10	2.12	3	300	1.06E-02	γ 射线
	合计						1.43E-01	—

3) 放射源搬运至运源车环节

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，建设单位辐射工作人员将放射源从测井车防护舱搬运至运源车内并将放射源运回源库。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舱过程时间约 2min，根据表 11.2-2 源罐外表面 5cm 处的辐射剂量率结合距离衰减公式 $x_1 = x_0 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2$ 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表 11.2-17。

表 11.2-17 从测井车防护舱将放射源交接给运源车人员附加有效剂量估算结果

受照环节	放射源	出厂活度 Bq	操作位距离 R_m	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 mSv	备注
从测井车防护舱将放射源交接给运源车人员	$^{241}\text{Am-Be}$ 测井源	$7.40\text{E}+11$	1.21	5.26	2	200	$1.80\text{E}-02$	γ 射线
			1.21	21.33	2	200	$7.20\text{E}-02$	中子
	^{137}Cs 测井源	$9.25\text{E}+10$	1.15	0.18	2	200	$6.16\text{E}-04$	γ 射线
	$^{241}\text{Am-Be}$ 校验源	$1.85\text{E}+10$	1.15	1.32	2	200	$4.00\text{E}-03$	中子
			1.10	2.12	2	200	$8.00\text{E}-03$	γ 射线
	^{137}Cs 校验源	$6.29\text{E}+08$	1.05	4.39	2	200	$1.46\text{E}-02$	γ 射线
小计							$1.17\text{E}-01$	—

注：人员操作位距离 R_m =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。

(8) 放射源入库贮存过程

辐射工作人员在放射源库还源过程的单次持续时间为 5min，放射源贮存环节致辐射工作人员年受照剂量结果见表 11.2-18。

表 11.2-18 放射源贮存环节致辐射工作人员年受照剂量结果

类型	环节	源库外最大剂量率 ¹⁾ $\mu\text{Sv/h}$	单次接触时间/min	年累计时间/min	附加年有效剂量 mSv	备注
放射源贮存	放射源入库	0.18	5	500	$1.50\text{E}-03$	γ 射线
		<LLD	5	500	— ²⁾	中子

注：1) 源库外最大剂量率数据来源于表 8.3-2 源库辐射环境现状监测结果；

2) 根据现状监测结果，本项目源库外中子周围剂量当量率致辐射工作人员受照剂量可忽略不计。

11.3 辐射剂量估算

11.3.1 职业人员年附加有效剂量估算

本项目拟配备 6 名辐射工作人员，安排 2 组人员负责放射源交接、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。

放射源交接、搬运、仪器校验、测井仪器装卸源环节由 2 组辐射工作人员承担，辐射工作人员年附加有效剂量估算结果见表 11.3-1。

表11.3-1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结果

序号	环节	各环节所致人员 年附加剂量 mSv	人员总附加 剂量 mSv	分组情 况	辐射工作人员 年附加剂量 mSv
1	放射源贮存过程	1.50E-03	9.34	2 组， 每组 2 人	4.67
2	放射源运输过程	0.41			
3	测井仪器校验过程	0.27			
4	放射源安装过程	3.90			
5	放射源测井过程	0.47			
6	放射源拆卸过程	3.90			
7	放射源返回运输过程	0.39			
8	放射源入库贮存过程	1.50E-03			

由表 11.3-1 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 4.67mSv。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。

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 4.67mSv，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 and 《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）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

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，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 55m），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 11.3-2、表 11.3-2。

表11.3-2校验过程、测井仪器装卸源过程所致测井司机年附加有效剂量估算结果

环节	放射源	出厂活度 Bq	距离 R _m	人员操作 位剂量率 μSv/h	驻留 时间 min	居留 因子	附加有效 剂量 mSv	备注
2 次 校验 环节	²⁴¹ Am-Be 校验源	1.85E+10	55	8.07E-05	200	1	2.69E-07	γ 射线
			55	5.78E-04	200	1	1.93E-06	中子
	¹³⁷ Cs 校 验源	6.29E+08	55	1.60E-03	200	1	5.33E-06	γ 射线
测井	²⁴¹ Am-Be	7.40E+11	55	2.55E-03	50	1	2.13E-06	γ 射线

仪器装卸源环节	测井源		55	1.03E-02	50	1	8.58E-06	中子
	¹³⁷ Cs 测井源	9.25E+10	55	8.48E-04	50	1	7.07E-07	γ 射线
合计							1.89E-05	—

表 11.3-2 校验过程、测井仪器装卸源过程所致控制区边界外其他公众年附加有效剂量估算结果

环节	放射源	出厂活度 Bq	距离 R _m	人员操作位剂量率 μSv/h	驻留时间 min	居留因子	附加有效剂量 mSv	备注
2 次校验环节	²⁴¹ Am-Be 校验源	1.85E+10	55	8.07E-05	200	1/16	1.68E-08	γ 射线
			55	5.78E-04	200	1/16	1.20E-07	中子
	¹³⁷ Cs 校验源	6.29E+08	55	1.60E-03	200	1/16	3.33E-07	γ 射线
测井仪器装卸源环节	²⁴¹ Am-Be 测井源	7.40E+11	55	2.55E-03	50	1/16	1.33E-07	γ 射线
			55	1.03E-02	50	1/16	5.36E-07	中子
	¹³⁷ Cs 测井源	9.25E+10	55	8.48E-04	50	1/16	4.42E-08	γ 射线
合计							1.18E-06	—

根据表 11.3-2、表 11.3-3 计算结果可知，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 1.89E-05mSv、1.18E-06mSv，低于年剂量约束值 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 放射性同位素分装过程环境影响分析

(1) 计算公式

将贮存在铅罐内的放射性同位素视为“点状辐射源”，参考《放射防护实用手册》（赵兰才、张丹枫）中 γ 射线屏蔽计算公式（公式 11.4-1）计算经屏蔽材料屏蔽后关注点 r 米处的 γ 辐射剂量率：

$$H = \frac{A \times \Gamma}{r^2} \times \left(\frac{1}{10}\right)^{X/TVL} \dots\dots\dots \text{（公式 11.4-1）}$$

式中：H—距离放射源 r 米处的剂量率，μSv/h；

A—源活度，MBq；

Γ—周围剂量当率常数；参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录

H 查得 ^{131}I 的周围剂量当率常数为 $0.0595\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ，参考《外照射慢性放射病剂量估算规范》（GB/T16149-2012）附录 A， ^{131}Ba 的周围剂量当率常数为 $0.0708\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ （按照 Sv/Gy 为 1 的关系）；

r—放射源到计算点距离，m；

X—铅屏蔽体厚度，mm；

TVL—半值层厚度， $\text{TVT}=3.32\text{HVT}$ ，查《辐射防护手册》， ^{131}I 的半值层约为 3.5mmPb ， ^{131}Ba 的半值层约为 5mmPb 。

（2）非密封放射性物质防护容器外表面辐射剂量率环境影响分析

本项目使用非密封放射性物质贮存容器采用铅钢密闭结构，采用上开口方式，表面为不锈钢材质，同位素的出厂包装带有铅罐，铅罐铅当量拟不低于 50mmPb 。

根据建设单位提供的资料， ^{131}I 、 ^{131}Ba 单次购买的最大用量为最大贮存量均为 3330.0MBq （ 90mCi ），建设单位已与中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司协商操作非密封放射性同位素时间，确保当日仅建设单位操作非密封放射性同位素，建设单位操作非密封放射性同位素期间，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及其他单位均不操作非密封放射性同位素。根据公式 11.4-1 计算，防护容器（铅罐）外表面 5cm 处、100cm 处剂量率估算见表 11.4-1。

表11.4-1放射性同位素剂量率计算结果

存储状态	核素名称	活度 (Bq)	距 5cm 处计算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	距 100cm 处计算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
置于防护容器 (铅罐) 内	^{131}I	$3.33\text{E}+09$	0.99	0.009
	^{131}Ba	$3.33\text{E}+09$	22.9	0.21

由表 11.4-1 可见，出厂时，防护容器（铅罐）外表面 5cm 处、100cm 处满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）“距容器外表面 5cm 处的周围剂量当量率不超过 $25\mu\text{Sv/h}$ ，1m 处的周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

本项目对测井用 ^{131}I 、 ^{131}Ba 进行分装。分别计算非密封放射性同位素位于源罐内和取出 1mCi ^{131}I 、 ^{131}Ba 置于分装柜内的剂量率，放射性同位素置于分装柜内时，分装柜铅当量为 10mmPb ，根据公式 11.4-1 计算分装柜外表面 30cm 处（平均距源 0.6m）的剂量率。计算结果见表 11.4-2。

表 11.4-2放射性同位素置于分装柜内时的剂量率计算结果

存储状态	核素名称	计算结果 (μSv/h)	备注
源罐置于分装柜内	¹³¹ I	3.78E-03	无
1mCi 裸源置于分装柜内	¹³¹ I	0.84	无
源罐置于分装柜内	¹³¹ Ba	0.16	无
1mCi 裸源置于分装柜内	¹³¹ Ba	1.82	无

根据表 11.4-2，放射性同位素在分装状态下，满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中“手套箱或通风橱（柜）应设有屏蔽结构，以保证柜体外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h”的要求。

11.4.2 非密封放射性同位素运输过程环境影响分析

本项目对测井用 ¹³¹I、¹³¹Ba 进行分装，运输过程中，放射性同位素拟置于含有 10mmPb 中进行运输，根据公式 11.4-1 估算得出运源车外表面 30cm、2m 以及驾驶员位置处最大剂量率，估算结果见表 11.4-3。

表 11.4-3 放射性同位素运输过程中周围剂量当量率估算结果

关注点	距离	放射性核素	活度	周围剂量当量率 (μSv/h)
驾驶员位置	4m	¹³¹ I	3.7E+07Bq	0.02
运源车外表面	30cm	¹³¹ I	3.7E+07Bq	3.37
运源车外表面	2m	¹³¹ I	3.7E+07Bq	0.08
驾驶员位置	4m	¹³¹ Ba	3.7E+07Bq	0.04
运源车外表面	30cm	¹³¹ Ba	3.7E+07Bq	7.27
运源车外表面	2m	¹³¹ Ba	3.7E+07Bq	0.16

注：估算结果未考虑其他屏蔽材料衰减。

根据表 11.4-3 估算结果可知，本项目非密封放射性同位素运输过程中运源车外周围剂量当量率满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）的“运源车应采取相应的屏蔽防护措施，使车辆外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 0.1mSv/h，距运源车外表面 2m 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，驾驶员位置周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。”限值要求。

11.4.3 非密封放射性同位素测井过程环境影响分析

油田新投注、转注的注水井，或者增加、改变注水层位的情况下，正常注水 3 个月后开展放射性同位素示踪测井。同一口井可进行单次测量或定期测量（一般间隔 1~2 年）。建设单位开展放射性同位素示踪测井，测井位置位于井下 4000m~6000m 深度。

同位素的分装、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，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。测井过程剂量当量率水平预测根据公式 11.4-1 进行估算，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 11.4-4。

表 11.4-4 裸源情况下不同距离处的 γ 辐射剂量率当量率估算结果

距离 (m)	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
	^{131}Ba (1mCi)	^{131}I (1mCi)
0.1	261.960	220.150
0.232	48.670	40.902
0.5	10.478	8.806
0.685	5.583	4.692
0.7	5.346	4.493
0.770	4.418	3.713
0.876	3.414	2.869
0.939	2.971	2.497
1.024	2.498	2.100
1.409	1.320	1.109
2	0.655	0.550
3	0.291	0.245
5	0.105	0.088
10	0.026	0.022
15	0.012	0.010
20	0.007	0.006
25	0.004	0.004
30	0.003	0.002
35	0.002	0.002
40	0.002	0.001
45	0.001	0.001
50	0.001	0.001

在整个测井过程中，非密封放射性同位素除分装过程之外均在释放器的同位素仓内暂存；根据厂家提供资料，本项目拟使用的释放器操作工具长度约 73cm。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最近距离按 0.7m。根据表 11.4-3 可见，测井过程中距离 1mCi ^{131}Ba 放射源 0.7m 处的辐射剂量当量率为 5.346 $\mu\text{Sv/h}$ ；测井过程中距离 1mCi ^{131}I 放射源 0.7m 处的辐射剂量当量率为 4.493 $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据表 11.4-4 的计算结果，距 1mCi ^{131}Ba 放射源处的辐射剂量当量率达到 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ 时的距离约为 1.024m；距 1mCi ^{131}I 放射源处的辐射剂量当量率达到 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ 时的距离约为 0.939m。

为方便管理并考虑测井操作实际，将井口操作区中心周围 2m 范围内划定为控

制区；以井口为中心周围 50m 范围内划定为监督区；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周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，以满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中相关要求。

11.4.4 个人年附加有效剂量估算

（1）职业人员年附加有效剂量分析

由于释放器拆卸过程中，放射性同位素 ^{131}Ba 或 ^{131}I 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 ^{131}Ba 或 ^{131}I 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 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。

年附加有效剂量估算公式

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：

$$H_{\gamma} = D_{\gamma} \times T \times 1 \times 10^{-3} \text{ (mSv)} \cdots \text{ (公式 11.4-2)}$$

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，μGy/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。

根据公式 11.4-2 计算，本项目职业人员受照射剂量见表 11.4-5。

表11.4-5职业人员受照射剂量估算表

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 ($\mu\text{Sv/h}$)	职业人员年受照射剂量 (mSv/a)	
^{131}I	释放器搬运	60	100	1.67	4.493	0.112	0.16
	释放器装卸	600	100	16.67	4.493	0.224	
	释放器下井	600	100	16.67	4.493	0.075	
^{131}Ba	释放器搬运	60	100	1.67	5.346	0.214	0.19
	释放器装卸	600	100	16.67	5.346	0.428	
	释放器下井	600	100	16.67	5.346	0.143	

本项目使用的释放器中放射性同位素的量较少，活度较小，辐射工作人员分为2组开展测井工作；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 100 口/年，根据辐射剂量估算结果，职业人员在使用同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 示踪测井时年附加有效剂量分别为 0.16mSv、0.19mSv；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 0.19mSv，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环评提出的职业人员年剂量约束值（5mSv）。同时也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中职业照射限值和本环评提出的年剂量约束值（5mSv）的要求。在测井过程中，放射性同位素 ^{131}I 和 ^{131}Ba 产生的 γ 射线对辐射工作人员的影响较小。

（2）公众年附加有效剂量分析

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，50m 处为井场范围，在 50m 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 ^{131}Ba 源 50 米处的辐射剂量当量率为 $8.00\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，距离 ^{131}I 源 50 米处的辐射剂量当量率为 $7.68\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，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 ^{131}Ba 源 50 米处的外照射剂量为 $2.13\text{E-}07\text{mSv}$ ，距离 ^{131}I 源 50 米处的外照射剂量为 $2.05\text{E-}07\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安

全与防护》（HJ1325-2023）中职业照射限值，也低于本评价提出的 0.10mSv/a 的年剂量管理约束值。

11.5 累加受照剂量分析

综上所述，辐射工作人员操作密封放射源测井受照剂量最大为 4.67mSv，与操作非密封放射性同位素测井受照剂量最大 0.19mSv 进行累加，本项目辐射工作人员综合受照剂量为 4.86mSv，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）。同时也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中职业照射限值和本次环评提出的年剂量约束值（5mSv）的要求。

环评要求：增加放射性测井辐射工作人员 4 名，施行轮岗制度，减少辐射工作人员受照时间并使辐射工作人员年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中职业照射限值和本次环评提出的年剂量约束值（5mSv）的要求。

本项目公众人员受密封放射源测井工作照射剂量为 2.00E-05mSv，受非密封放射性同位素测井照射剂量为 2.05E-07mSv，对两者进行累加总受照剂量为 2.00E-05mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中职业照射限值，也低于本评价提出的 0.1mSv/a 的年剂量管理约束值。

11.6 “三废”影响分析

11.6.1 放射性固体废物影响分析

放射性固体废物主要为操作放射性同位素过程中的废手套、口罩、棉纱等放射性废物以及使用后的空分装瓶以及分装柜通风口、衰变池更换下来的活性炭过滤装置。

操作放射性同位素过程中，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。结合中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司本单位年最大测井数 30 口，每口井约产生 0.2kg 的

放射性固体废物，全年最多产生固体放射性废物约 26kg。本项目拟将含放射性的废物（手套、口罩、棉纱）集中收集，测井过程中使用的废手套、口罩、棉纱等带回源库进行处置，可以实现放射性固体废物的有效处理。中石化西北放射源库内设有三个废物回收箱和两个废物回收桶，且均含有 5mmPb 屏蔽防护，完全满足放射性固体废物的贮存，待存放 10 个半衰期后按一般固体废物进行处置，经过衰变后排放的放射性固体废物不会对周围环境产生影响。

同位素分装瓶（空）暂存在源库内，由供货厂商回收处置。

11.6.2 废气环境影响分析

本项目 ^{131}I 、 ^{131}Ba 的开瓶、分装操作在源库分装柜内进行，分装箱内可保持负压，分装箱操作口半开时，操作口处风速大于 1m/s，其排气口处设置有过滤装置（活性炭），对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

源库内设置有排风装置，确保气流方向从低活性区至高活性区，并在排气口处设有过滤装置（活性炭），确保排出的废气对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

^{131}Ba 、 ^{131}I 衰变主要产生 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。

11.6.3 放射性废液环境影响分析

本项目产生的清洗废水属于《原环境保护部 工业和信息化部 国家国防科技工业局 关于发布<放射性废物分类>的公告》（公告 2017 年第 65 号）中“极短寿命放射性废物”，可通过贮存衰变的方式达到解控水平，实施解控。

本项目放射性废液暂存和衰变依托建设单位租用的中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库设置的衰变池进行处理，衰变池衰变容积和贮存能力能够满足要求，经衰变池贮存衰变后排放的达到解控水平的放射性废液不会对环境产生不利影响。

11.7 事故影响分析

11.7.1 放射源测井事故影响分析

(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 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 11.7-1。

表11.7-1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

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 11.7-2。

表 11.7-2 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	γ 射线	放射源丢失、被	公众、	造成职业人员、公	一般辐射事故

V类放射源		盗、卡源、跌落、失控	职业人员	公众超剂量照射	
-------	--	------------	------	---------	--

11.7.2 辐射事故识别

(1) 放射源丢失、被盗事故影响分析

测井用密封放射源可能存在保管不善，发生放射源丢失、被盗，造成公众超剂量辐射事故。根据该项目表 11.2-2 类比的源罐表面 5cm 处周围剂量当量率， $^{241}\text{Am-Be}$ （活度 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ）源罐外表面 5cm 处周围剂量率为 $576\mu\text{Sv/h}$ ， ^{137}Cs （活度 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ ）源罐外表面 5cm 处周围剂量率为 $114\mu\text{Sv/h}$ ，如果公众近距离接触 $^{241}\text{Am-Be}$ 放射源、 ^{137}Cs 放射源（放射源位于源罐中），如果事故持续发生 1.8h、8.8h，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《放射性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。

(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 $^{241}\text{Am-Be}$ （活度 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ）1m 处最大剂量当量率为 0.802mSv/h ，经计算如果事故持续发生 1.25h，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 1mSv/a 的剂量限值；距测井源 ^{137}Cs （活度 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ ）1m 处最大剂量当量率为 7.12mSv/h ，经计算如果事故持续发生 8.43min，将造成公众受到超过 1mSv/a 的剂量限值。

(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 $^{241}\text{Am-Be}$ （活度 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ）1m 处最大剂量当量率为 0.802mSv/h ，经计算如果事故持续发生 4.99h，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 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ ）1m 处最大剂量当量率为 7.12mSv/h，经计算如果事故持续发生 0.57h，将造成职业人员受到超过 4mSv/a 调查水平剂量限值。

11.7.3 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，测井车防护舱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。

11.7.4 事故应急

事故应急要求

（1）建设单位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）建设单位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。

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。

11.8 放射性核素测井示踪事故影响分析

11.8.1 事故风险因素分析

(1) 辐射事故识别

本项目的主要环境风险因子为 γ 射线和 β 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}Ba 、 ^{131}I 发生事故的主要类型为：

- 1) 源库内 ^{131}Ba 、 ^{131}I 铅罐发生丢失被盗事故；
- 4) 在运输过程中发生车辆侧翻导致放射性同位素 ^{131}Ba 、 ^{131}I 撒漏；
- 5) 装有同位素 ^{131}Ba 、 ^{131}I 释放器丢失事故，导致公众超剂量照射；

- 6) 装有放射性同位素 ^{131}Ba 、 ^{131}I 释放器在操作过程中的撒漏事故；
- 7) 含有放射性同位素 ^{131}Ba 、 ^{131}I 的井水由井口回喷，污染井场环境事故；
- 8) 测井作业人员在整个测井过程中，吸入 ^{131}Ba 、 ^{131}I 造成内照射事故；
- 9) 装有放射性同位素的释放器未能在井下正常释放，或者释放器淋洗误操作导致超剂量照射。

11.8.2 辐射事故影响分析

(1) 源库内含 ^{131}Ba 、 ^{131}I 源罐丢失事故影响分析

由于公众对于放射源认识不足，可能存在临时贮存含 ^{131}Ba 、 ^{131}I 源罐被拾取或偷盗后，源罐遭到破坏或同位素被取出，造成公众超剂量辐射事故。

γ 射线：距点源其他距离处的 γ 有效剂量率可按照公式 11.4-1 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 11.8-1。

表11.8-1裸源情况下不同距离处的 γ 辐射剂量率估算单位:mSv/h

源强 \ 距离	0.05m	0.1m	0.5m	1m	1.5m	2m	3m	4m	5m
^{131}Ba (90mCi)	83.8	21.0	0.84	0.21	0.09	0.05	0.02	0.01	0.01
^{131}I (90mCi)	79.2	19.8	0.79	0.20	0.09	0.05	0.02	0.01	0.01
注：距辐射源 3、4、5m 处的剂量率估算值为保守近似取值。									

距放射源 5cm 处， ^{131}Ba 和 ^{131}I 最大辐射剂量率为 83.8mSv/h 和 79.3mSv/h，经计算如果 ^{131}Ba 和 ^{131}I 裸露事故持续发生 0.001h（约 4s）和 0.001h（约 4s），将造成公众受到超过《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中“公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a”规定的剂量限值。

(2) 放射性同位素丢失或运输过程事故导致泄漏后裸源事故影响分析

由于公众对于放射源认识不足，可能存在放射性同位素被拾取或偷盗后，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。

距点源其他距离处的 γ 有效剂量率可按照公式 11.4-1 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 11.8-2。

表11.8-2裸源情况下不同距离处的 γ 辐射剂量率估算（单位:μSv/h）

源强 \ 距离	0.05m	0.1m	0.5m	1m	1.5m	2m	3m	4m	5m
^{131}Ba (1mCi)	1047.8	261.9	10.5	2.62	1.16	0.66	0.29	0.16	0.11
^{131}I (1mCi)	880.1	220.2	8.81	2.20	0.98	0.55	0.24	0.14	0.09

距放射源 5cm 处， ^{131}Ba 、 ^{131}I 最大辐射剂量率为 1047.8 $\mu\text{Sv/h}$ 、880.1 $\mu\text{Sv/h}$ ，经计算如果 ^{131}Ba 、 ^{131}I 裸露事故持续发生 0.10h、0.11h，将造成公众受到超过《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中“公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a”规定的剂量限值。

（3）测井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 11.4-3 计算结果，距放射源 5cm 处（裸源状态下）， ^{131}Ba 、 ^{131}I 最大辐射剂量率为 1047.8 $\mu\text{Sv/h}$ 、880.1 $\mu\text{Sv/h}$ ，经计算如果 ^{131}Ba 、 ^{131}I 撒漏等事故持续发生 4.77h、5.68h，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）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中“职业照射的剂量约束值为 5mSv/a”规定剂量限值。

11.8.3 风险防范措施

对于放射性同位素 ^{131}Ba 、 ^{131}I 贮存和分装过程可能发生事故的风险，公司必须制定相应的风险防范措施：

（1）制定放射性同位素管理制度，安排专人看管，定时巡查，确保源库内的放射性同位素安全可控；

（2）制定严格的放射性同位素出入库管理制度，加强同位素的管理，应及时进行出入库登记，防止同位素处于无人监控的状态；

（3）制定并严格执行放射性同位素分装操作规程，防止事故发生；

（4）制定放射性同位素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地处置。

（5）制定应急预案，明确过量淋洗事故的处置流程，指定应急联系人并定期演练并配备铅屏蔽容器、防污染工具包（手套、吸水材料、去污剂）、便携式辐射检测仪等。

11.8.4 风险应急措施

公司拟对放射性同位素贮存和分装过程中可能发生的事故风险采取相应的防范措施，避免事故的发生。一旦防范措施失控，拟立即启动辐射事故应急预案。辐射事故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对事故现场周围进行 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清污人员对放射性同位素撒漏现场进行必要的清污处置后，脱去表面污染的衣服置于衰变罐内，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对放射性同位素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、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。

（本页以下空白）

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

12.1.1 机构设置

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》（环境保护部 2008 第 3 号令）的相关规定，使用 I、II、III 类放射源，I、II 类射线装置的工作场所，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。

为做好辐射防护管理工作，建设单位拟成立辐射安全与环境保护管理领导小组，管理领导小组主要职责拟包含以下内容：

（1）负责对辐射安全和环境保护工作实施统一监督管理，确保辐射活动符合国家相关法律法规和标准；

（2）负责环境影响评价报告的申报，协助相关部门进行验收；负责辐射工作许可证的申报及协助审核；

（3）监督辐射污染的防治工作，负责辐照设备的日常监督管理，以及辐射污染的治理整改和纠纷处理；

（4）制定辐射环境污染事故应急预案，组织开展应急响应工作，配合有关部门进行事故调查处理和定级定性；

（5）负责辐射安全和管理队伍的建设，组织相关人员进行辐射防护知识培训和考核；

（6）制定辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、使用登记和台账管理制度等，并监督执行；

（7）组织辐射环境监测和个人剂量监测，负责职业健康管理和人员体检；

（8）负责放射性同位素和射线装置的购置审批、备案，以及辐射安全许可证的申领和变更。

12.1.2 人员的配备与培训

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 6 名放射源及非密封放射性同位素测井辐射工作人员。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，应当经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后方可上岗，建设单位拟安排 6 名辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核。

在项目运行过程中，公司应加强辐射工作人员的辐射安全教育，按要求定期组织辐射工作人员进行再培训和考核。运行过程中如果增加新的辐射工作人员，需要组织工作人员参加辐射安全与防护培训并持证上岗，确保所有辐射工作人员培训合格后上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

为保障核技术利用项目正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的要求，拟制定相关辐射安全管理规章制度，制度主要包括：《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》《辐射事故应急措施》《台账管理制度》《个人剂量监测制度》《职业健康检查管理制度》等。

为保证辐射工作人员和周围公众人员的健康，建设单位必须严格按照国家法律法规执行，并加强对核技术利用项目的日常管理。

（1）在本项目正式运行前，各项规章制度必须齐全；辐射工作场所和源库均有辐射警告标志。

（2）明确操作人员的资质条件要求，操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪（带剂量显示功能），避免事故发生。

（3）加强安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应立即整改；安全隐患有

可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应立即停止辐射作业，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（4）为确保辐射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行辐射防护职责，避免事故发生，建设单位应保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，建设单位应对本项目的辐射安全和防护进行年度评估。

12.3 辐射监测

为保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置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）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）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

按照相关要求建设单位拟配备 1 台 X- γ 剂量率检测仪、1 台中子周围剂量当量率仪和 1 台表面污染仪；为辐射工作人员配备个人剂量报警仪、个人剂量计，配备铅衣等个人防护用品。

（2）日常监测计划

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中的相关规定，根据公司测井作业特点，制定日常辐射环境监测计划。监测内容、监测点位布设及监测频次见表 12.3-1。

表12.3-1日常辐射环境监测计划表

序号	工作场所	监测项目	监测频次
1	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	含源测井仪操作及存放时
2	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	每次测井工作完成后
3	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
4	放射性测井仪校准区域控制区边	中子周围剂量当量率、 γ	刻度时

	界外	周围剂量当量率	
--	----	---------	--

(3) 年度监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令 2011 年）的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的监测机构进行监测。

建设单位拟严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对辐射工作场所进行监测。其中对于本评价项目辐射工作场所的年度监测内容、监测点位布设及监测频次见表 12.3-2。

表12.3-2年度辐射环境监测计划表

序号	工作场所	监测项目	监测频次
1	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	1 年/次
2	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	1 年/次
3	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	1 年/次
4	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、 γ 周围剂量当量率	1 年/次

建设单位拟将每年监测情况汇总至放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报工作中，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(4) 辐射工作人员的个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令 2011 年）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128—2019）和《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55 号）要求，生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。项目建成后，新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司将为辐射工作人员配备符合标准的个人剂量计和辐射剂量报

警仪上岗，个人剂量计拟每季度送检，并建立个人剂量档案，终身保存，建设单位应当一一落实。

建设单位拟委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量计进行监测，并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，并对职业照射个人监测档案终生保存。

(5) 办理辐射安全许可证的环境管理要求

①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。

②辐射工作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。

③使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。

④放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

⑤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。

⑥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。

⑦有完善的辐射事故应急措施。

⑧产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。

12.4 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要求》中的相关规定，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 12.4-1。

本项目总投资 3000 万元，环保设施（措施）投资 61.7 万元，占总投资的 2.06%。

表12.4-1项目环保投资估算表

类别	环保设施/措施	数量/规格	投资金额（万元）	备注
基础设施	租用放射源库	1 座	30	无
防护安全	铅衣	4 套（0.5mmPb）	0.8	无

设施	铅帽	4 套（0.5mmPb）	0.4	无
	铅围脖	4 套（0.5mmPb）	0.6	无
	铅眼镜	4 套（0.5mmPb）	0.4	无
	铅手套	4 套（0.5mmPb）	0.8	无
	个人剂量报警仪	6 个	3	无
	安全警戒线	2 盘	0.1	无
	警示标志	若干	0.1	无
监测	X-γ 剂量率检测仪	1 台	2	无
	中子剂量当量率仪	1 台	4	无
	表面沾污仪	1 台	2	无
	个人剂量计	与人员配套	0.3	无
培训	辐射工作人员	辐射安全与防护知识培训/考核	0.2	无
其他	环评	测井现场	6	无
	验收		6	无
	日常监测		5	无
合计			61.7	无

12.5 环保措施竣工环境保护验收

评价项目竣工 3 个月内，新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）的规定，对配套建设的环境保护设施进行验收。应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。如验收过程中需进行整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。不具备编制验收监测报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制，建设单位对受委托的技术机构编制的验收监测报告结论负责。在验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环保设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公示验收报告。项目经验收合格，方可投入生产或使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或使用。本项目竣工环境保护验收清单（建议）见表 12.5-1。

表12.5-1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	以建设单位正式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	工作场所设立电离辐射警告标志	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）
4	监测仪器	测井队均配备相应的监测仪器	含表面沾污仪、X-γ 剂量率检测仪、中子剂量当量率仪、个人剂量

			计、个人剂量报警仪等
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
6	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
8	制度建设	按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求进行制订相应的制度	制定《操作规程》《岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护制度》《放射性同位素使用登记制度》《人员培训计划》《监测方案》《辐射事故应急措施》《台账管理制度》《个人剂量监测制度》、《职业健康检查管理制度》等规章制度
9	建设项目依托可行性	包括同位素存储、分装、运输、放射性废物回收等全过程管理	与有资质单位签订同位素存储、分装、放射性废物回收协议
10	辐射安全许可证申请情况	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》申请并取得辐射安全许可证	建设单位取得辐射安全许可证后，按照许可种类和范围开展放射性测井活动
11	对辐射安全许可证许可放射源和非密封放射性物质开展验收工作	按照《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）开展验收监测	编制竣工环境保护验收监测表，完成自主验收工作，并进行竣工环境保护验收公示备案工作

12.6 辐射事故应急

为规范和强化应对突发辐射事故的应急处置能力，提高工作人员对辐射事故应急防范的意识，将辐射事故造成的损失和污染后果降低到最小程度，最大限度地保障辐射工作人员与公众的安全，做到对辐射事故早发现、速报告、快处理，建立快速反应机制。

依据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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）等相关法律法规中对于辐射事故应急预案应包含的内容提出要求，详见表 12.6-1。

表12.6-1辐射事故应急预案应包含的主要内容

序号	文件名称	具体条文	条文规定内容
1	《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院449号令）	第四十一条	（一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故调查、报告和处理程序

2	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）	第四十三条	（一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故的调查、报告和处理程序；（五）辐射事故信息公开、公众宣传方案
3	《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》（T/BSRS052-2021）	辐射事故应急预案的格式和内容	应急预案应是核技术利用单位独立、完整、正式的文件，要求文字精练、重点突出，合理采用图表来表达所要说明的问题。应急预案主要包含以下部分：总则、可能发生的辐射事故及分级、应急组织机构及职责、概况及报警信息、应急响应、应急状态终止和恢复措施、应急能力维持、附件。 应急预案封面页和批准页应主要包括单位名称、应急预案名称、版本号、颁布和施行日期、审批签名和日期等内容。其中批准人应是核技术利用单位主要负责人。

对照上述要求，为有效处理项目运行过程中可能产生的辐射安全事故，最大限度地控制事故危害，建设单位拟制定《放射源与非密封放射性同位素辐射事故应急预案》，拟建立应急处理机构，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作。

应急预案职责拟包含以下内容：

（1）统一指挥应急响应，决定启动或终止应急预案，协调政府、公安、卫健等部门；

（2）负责现场警戒、封锁、交通管制，防止事故扩大，配合公安部门调查；

（3）提供辐射监测、污染评估、事故分析、处置建议，协助制定应急措施；

（4）组织受照人员医学检查与救治，联系定点医院，建立伤员救治通道；

（5）负责事故区域及周边的辐射剂量、空气、水体、土壤等污染监测，及时上报数据；

（6）保障应急物资（如防护服、剂量仪、屏蔽材料）供应，协调外部支援；

（7）负责事故信息收集、上报、对外通报，配合政府发布权威信息，防止谣言传播。

环评建议：建设单位应按照 T/BSRS052-2021《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》制定辐射事故应急预案。

（本页以下空白）

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司新建放射性测井项目

建设单位：新疆嘉合元亨石油工程技术有限公司

建设性质：新建

建设内容：公司拟开展放射性测井工作，拟使用 1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ (II类)、1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ (IV类)、1 枚 ^{137}Cs (IV类)、1 枚 ^{137}Cs (V类) 开展中子和 γ 测井，中子和 γ 测井年最大工作量为 100 口。拟使用 ^{131}I 和 ^{131}Ba 放射性同位素开展放射性示踪测井，其中源库（贮存和分装场所）属乙级非密封放射性物质工作场所，测井现场属丙级非密封放射性物质工作场所，放射性示踪测井年最大工作量为 100 口。

本项目总投资 3000 万元，其中环保投资 61.7 万元，占总投资 2.06%。

13.1.2 实践正当性结论

建设单位拟开展放射性测井项目，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，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

建设单位拟开展放射性测井项目，属于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）》中规定的鼓励类第七项“石油天然气”中第 4 条“油气勘探开发技术与应用”。因此，本项目符合国家有关产业政策。

13.1.4 放射源和非密封放射性同位素贮存依托可行性分析

本项目依托已建成中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库贮存放射源和非密封放射性同位素，源库已履行环境影响评价和竣工环境保护验收手续。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，且放射源库贮存能力能够达到贮存要求，放射源库三废处理能力能够达到标准要求，放射源和非密封放射性同位素贮存依托西北放射源库可行。

13.1.5 辐射安全与防护分析结论

通过对本项目评价的相关资料分析可知，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/T10.1-2016）对建设单位开展放射性测井项目进行选址分析，通过对布局、辐射安全设施和措施进行分析，证明新建放射性测井项目满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）、《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）等相关标准的要求。

13.1.6 辐射安全管理结论

建设单位拟设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并明确职责分工，拟建立完善的辐射防护和辐射安全管理制度，拟制定辐射事故应急预案等。项目开展后，新增的辐射工作人员应该在生态环境部辐射安全和防护培训平台参加培训并考核合格后上岗；辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计，并且每季度送检，可满足核技术利用项目对辐射安全管理的要求。

13.1.7 环境影响分析结论

（1）工作场所辐射环境现状

（1）中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库辐射水平检测结果符合《放射性测井辐射安全与防护》HJ1325-2023 标准要求。

（2）根据《新疆维吾尔自治区生态环境状况公报（2024 年）》的结论可知：测井现场环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

（2）职业人员年附加有效剂量

辐射工作人员操作密封放射源测井受照剂量最大为 4.67mSv，与操作非密封放射性同位素测井受照剂量最大 0.19mSv 进行累加，本项目辐射工作人员综合受照剂量为 4.86mSv，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环评提出的职业人员年剂量约束值（5mSv）。同时也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中职业照射限值和本环评提出的年剂量约束值（5mSv）的要求。

（3）公众年附加有效剂量

根据辐射剂量估算结果，本项目公众人员受密封放射源测井工作照射剂量为

2.00E-05mSv, 受非密封放射性同位素测井照射剂量为 2.05E-07mSv, 对两者进行累加总受照剂量为 2.00E-05mSv, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023) 中职业照射限值, 也低于本评价提出的 0.1mSv/a 的年剂量管理约束值。

(4) 固体废物影响分析

放射性同位素示踪测井过程中, 释放器操作人员佩戴手套和口罩; 测井结束后擦拭废释放器的棉纱可能会受到污染成为放射性固体废物。结合中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司本单位年最大测井数 30 口, 每口井约产生 0.2kg 的放射性固体废物, 全年最多产生固体放射性废物约 26kg。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运回中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司西北放射源库内处置。

(5) 废气环境影响分析

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对周围环境的影响较小。。

本项目分装 ^{131}I 和 ^{131}Ba 产生放射性废气, 分装柜设置有通风设施, 放射性废气通过排风装置将废气排放至室外; ^{131}I 和 ^{131}Ba 密封于释放器内, 不会产生放射性废气。 ^{131}I 和 ^{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, 因此其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境的影响较小。

(6) 废液环境影响分析

本项目放射性废液暂存和衰变依托建设单位租用的中石化经纬有限公司华北测控公司新疆分公司源库设置的衰变池进行处理, 衰变池衰变容积和贮存能力能够满足要求, 经衰变池贮存衰变后排放的达到解控水平的放射性废液不会对环境产生不利影响。

13.1.8 环境影响可行性结论

建设单位拟开展放射性测井工作, 拟使用 1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ (II类)、1 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ (IV类)、1 枚 ^{137}Cs (IV类)、1 枚 ^{137}Cs (V类) 开展中子和 γ 测井, 中子和 γ 测井

年最大工作量为 100 口。拟使用 ^{131}I 和 ^{131}Ba 放射性同位素开展放射性示踪测井，其中中石化西北放射源库（贮存和分装场所）属乙级非密封放射性物质工作场所，测井现场属丙级非密封放射性物质工作场所，放射性示踪测井年最大工作量为 100 口。本项目为开展放射性测井工作提供基础性保障工程，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。公司对该项目采取辐射防护措施，使辐射影响达到尽可能低的水平。

建设单位在严格执行国家相关法律法规和标准要求的前提下，建立健全各项规章制度，加强运行管理；在切实落实本报告表中提出污染防治措施和建议后，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 建议与承诺

13.2.1 建议

- （1）落实本报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求。
- （2）制定完善的辐射防护管理规章制度，制定辐射事故应急预案并定期演练，增强应急处理能力。
- （3）建立健全测井工作过程中放射性同位素的购买、运输以及使用日常的台账管理制度，加强放射性同位素使用和出、入库的登记记录。
- （4）放射性同位素操作人员应熟练掌握测井技术规范，以减少操作时间，从而减少辐射受照时间。
- （5）落实对辐射工作人员的培训，新增辐射工作人员应按要求每五年需参加生态环境部组织的国家核技术利用辐射安全与防护培训考核。
- （6）在原计划配备 6 名辐射工作人员基础上，增加 4 名测井辐射工作人员，施行轮岗制度，减少辐射工作人员受照时间，确保辐射工作人员年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）“一般情况下，职业照射的剂量约束值为 5mSv/a”的剂量限值要求。

13.2.2 承诺

- （1）新购各类放射源进行屏蔽防护设计，非密封放射性同位素贮存、分装均在

具有屏蔽防护条件的场所开展，使其表面周围剂量当量率能够满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）相关要求。

（2）运源车应采取相应的屏蔽防护措施，使车辆外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 0.1mSv/h，距运源车外表面 2m 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，驾驶员位置周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

（3）严格落实辐射工作场所各项辐射防护措施，并严格执行已制定的各项辐射安全管理制度。

（4）定期检查放射性同位素测井相关各项辐射安全防护措施和设施，定期按照要求检查和维修放射源，定期进行日常自行监测和年度监测，发现问题及时解决，杜绝在没有安全防护和技术支持的情况下对释放器自行维修，以防止辐射事故发生。

（5）项目建成后，及时办理辐射安全许可证相关手续，并按要求组织竣工环境保护验收工作，验收通过后方可正式投入使用。

（6）定期组织辐射事故应急处理相关培训及演练，配备相应的应急用品与个人防护用品。

（7）按要求每年向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。

（8）辐射工作人员通过培训后上岗，并按照规定每五年参加辐射安全与防护培训考核。

（9）按要求为辐射工作人员开展个人剂量监测，发现人员受照剂量超过国家标准要求的情况，辐射工作人员应立即脱离辐射工作岗位。

（10）按要求定期为辐射工作人员开展上岗前、上岗期间和离岗时的职业健康检查，建立职业健康监护档案并妥善保存。

（本页以下空白）

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：公章

年 月 日

审批意见：

经办人：公章

年 月 日