

核技术利用建设项目

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司

放射性同位素示踪测井项目

(塔里木盆地塔里木油田勘探区块)

## 环境影响报告表

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司

二〇二二年九月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司  
放射性同位素示踪测井项目  
(塔里木盆地塔里木油田勘探区块)

## 环境影响报告表



建设单位名称：中国石油集团测井有限公司塔里木分公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：新疆库尔勒市经济技术开发区纪元路 32 号

邮政编码：841000 联系人：姜兆文

电子邮箱：1043751800@qq.com

联系电话：18999602165

打印编号: 1663149681000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	ih44ix		
建设项目名称	中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素示踪测井项目 (塔里木盆地塔里木油田勘探区块)		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	中国石油集团测井有限公司塔里木分公司		
统一社会信用代码	9165280177037616XX		
法定代表人 (签章)	吴寒		
主要负责人 (签字)	吴寒		
直接负责的主管人员 (签字)	姜兆文		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	乌鲁木齐众智安环工程咨询有限公司		
统一社会信用代码	91650100MA77WG2A94		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
曹义军	07356543506650309	BH011030	曹义军
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
曹义军	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH011030	曹义军

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	3
1.1 项目概况.....	3
1.2 项目地理位置与周边关系.....	6
1.3 原核技术利用许可情况.....	7
1.4 原有核技术利用项目和本项目的依托关系.....	7
1.5 原有核技术利用项目辐射管理现状分析.....	8
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封放射性物质.....	9
表 4 射线装置.....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	9
表 6 评价依据.....	11
表 7 保护目标与评价标准.....	12
7.1 评价范围.....	12
7.2 保护目标.....	12
7.3 评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	24
8.1 项目地理位置和场所位置.....	24
8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测方案.....	24
8.3 监测点位及结果.....	25
8.4 环境现状调查结果的评价.....	29
表 9 项目工程分析与源项.....	31
9.1 工程设备和工艺分析.....	31
9.2 污染源项分析.....	41
表 10 辐射安全与防护.....	44
10.1 项目安全设施.....	44
10.2 三废的治理.....	49
表 11 环境影响分析.....	51
11.1 建设阶段对环境的影响.....	51
11.2 运行阶段对环境的影响.....	51
11.3“三废”影响分析.....	58
11.4 事故影响分析.....	59
表 12 辐射安全管理.....	64
12.1 辐射安全与环境管理机构的设置.....	64
12.2 辐射安全管理规章制度.....	65
12.3 辐射监测.....	66
12.4 环保投资估算.....	69
12.5 环保措施竣工环境保护验收.....	69
12.4 辐射事故应急.....	70
表 13 结论与建议.....	74
13.1 结论.....	74
13.2 建议与承诺.....	76
辐射污染防治“三同时”措施一览表.....	78

附件一 环评委托书.....	错误！未定义书签。
附件二 辐射安全许可证.....	错误！未定义书签。
附件三 原有核技术利用项目环评及验收批复.....	错误！未定义书签。
附件四 检测报告.....	错误！未定义书签。
附件五 个人剂量检测报告.....	错误！未定义书签。
附件六 辐射安全与防护培训合格证书.....	错误！未定义书签。
附件七 辐射安全管理机构、应急预案、辐射安全管理规章制度.....	错误！未定义书签。
附件八 建设项目环境影响评价基础信息表.....	错误！未定义书签。

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素示踪测井项目 (塔里木盆地塔里木油田勘探区块)			
建设单位		中国石油集团测井有限公司塔里木分公司			
法人代表	吴寒	联系人	姜兆文	联系电话	18999602165
注册地址		新疆库尔勒市库尔勒经济技术开发区纪元路23号			
项目建设地点		塔里木盆地塔里木油田勘探区块测井现场 新疆巴州轮台县鸿源路008号轮台项目部内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	275	项目环保投资(万元)	33.5	投资比例(环投资/总投资)	12.2%
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 <sup>2</sup> )	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用 <input type="checkbox"/> ) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备PET用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	在野外进行放射性同位素示踪试验的			
	<b>1.1 项目概况</b>				
<b>1.1.1 建设单位概况</b>					
<p>中国石油集团测井有限公司是中央企业中国石油天然气集团公司下属的专业化工程技术服务单位,是以测井技术研发、测井仪器制造、测井资料处理解释和技术服务、新技术推广应用为主的专业化石油测井技术公司,发展的目标是打造具有国际竞争力的测井公司,总部设在西安。中国石油集团测井有限公司塔里木分公司(以下简称塔里木分公司)</p>					

前身是中国石油集团测井有限公司塔里木事业部，是中国石油测井有限公司所属正处级驻疆单位，塔里木分公司坐落于新疆库尔勒开发区纪元路 32 号，是以为塔里木油田提供放射性测井技术服务为主的技术、人才和资金密集型现代高新技术石油企业。

2017 年 12 月中国石油集团测井有限公司改革重组，根据中国石油集团测井有限公司文件《关于塔里木区域、冀东区域及国际市场资源整合的通知》（2018 年 5 月 3 日）的安排，将中国石油集团测井有限公司西南分公司、新疆分公司、大庆分公司、辽河分公司、天津分公司目前在塔里木区域运行的业务全部划归塔里木分公司。所有资产由塔里木分公司统一租赁、统一管理。

### 1.1.2 项目建设规模

因业务发展需要，塔里木分公司计划在塔里木盆地塔里木油田勘探区块每年开展约 400 口井的放射性同位素示踪测井工作。

本项目使用非密封放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ - $^{113\text{m}}\text{In}$  进行油（气）田吸水剖面测井作业，其中非密封放射性同位素  $^{131}\text{I}$  的日等效最大操作量为  $7.4\text{E}+6\text{Bq}$ ， $^{131}\text{Ba}$  为  $1.18\text{E}+6\text{Bq}$ ， $^{113}\text{Sn}$ - $^{113\text{m}}\text{In}$  中  $^{113}\text{Sn}$  的日等效最大操作量（贮存）为  $1.48\text{E}+6\text{Bq}$ ，在同位素库的最大日等效操作量为  $8.88\text{E}+6\text{Bq}$ ，故划定同位素库为丙级工作场所。 $^{113}\text{Sn}$ - $^{113\text{m}}\text{In}$  发生器贮存在同位素库内，但因  $^{113\text{m}}\text{In}$  的衰变时间短，需在测井现场进行分装并使用， $^{113\text{m}}\text{In}$  的日等效最大操作量为  $1.48\text{E}+7\text{Bq}$ ，故划定测井操作现场为丙级工作场所，详细用量见表 1-1。配套用于贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池）已于 2019 年 5 月履行了相关环评手续，编制了《中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素测井项目环境影响报告表》，取得了新疆生态环境厅《关于中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性测井项目环境影响报告表的批复》（新环审[2019]124 号），并于同年 11 月建设完成，故本项目不再对原有的集装箱式非密封放射性同位素库进行详细评价。

表 1-1 放射性同位素用量表

核素名称	I-131	Ba-131	Sn-113	In-113m
物理性状	液态	微球	液体	液体
单口井操作量	$3.7\text{E}+7\text{Bq}$ (1mCi)	$5.92\text{E}+7\text{Bq}$ (1.6mCi)	/	$7.4\text{E}+8\text{Bq}$ (20mCi)
日最大测井数	2	2	/	2
日最大操作量	$7.4\text{E}+7\text{Bq}$	$1.18\text{E}+8\text{Bq}$	$1.48\text{E}+9\text{Bq}$	$1.48\text{E}+9\text{Bq}$
年最大测井数	400	400	/	400

年用量	1.48E+10Bq	2.37E+10Bq	2.96E+11Bq	2.96E+11Bq
毒性组别及修正因子	中毒, 0.1	中毒, 0.1	中毒, 0.1	低毒, 0.01
操作方式及操作方式修正因子	简单操作, 1 (液体)	简单操作, 10 (表面污染水平较低的固体)	贮存, 100 (液体)	简单操作, 1 (液体)
日等效最大操作量	7.4E+6Bq	1.18E+6Bq	1.48E+6Bq	1.48E+7Bq
合计日等效最大操作量	8.88E+6Bq <sup>1)</sup>			1.48E+7Bq
工作场所等级	丙级 (同位素库)			丙级 (测井现场)

1) 注: 放射性同位素不同时使用, 企业每日测井最大工作量为 2 口。

本项目建设规模见表 1-2。

表 1-2 本项目建设规模一览表

序号	设施名称	位置	规模大小	数量	使用类型	备注
1	集装箱式非密封放射性同位素库	巴州轮台县红桥开发区的轮台项目部内	库长22.3m、宽6.3m、库外建有衰变池和蒸发池	1座	贮存、分装、回收暂存	已环评、已建、未验收
序号	非密封放射性物质	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	场所类别	作业范围及作业量	备注
1	I-131	7.4E+6	1.48E+10	丙级	塔里木盆地塔里木油田勘探区块 每年约400口井	已许可、未购买使用
2	Ba-131	1.18E+6	2.37E+10			
3	Sn-113	1.48E+6	2.96E+11			
4	In-113m	1.48E+7	2.96E+11	丙级		

### 1.1.3 目的和任务的由来

因业务发展需要, 塔里木分公司计划在塔里木盆地塔里木油田勘探区块每年开展约 400 口井的放射性同位素示踪测井工作。

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部令第 3 号) 中第 34 条规定“在野外进行放射性同位素示踪试验的单位, 应当在每次试验前编制环境影响报告表, 并经试验所在地省级环境保护部门商同级有关部门审查批准后方可进行”和《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) 中指出“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。”的要求, 塔里木分公司须在开展放射性同位素示踪测井项目前就塔里木盆地塔里木油田勘探区块作一次总体的环境影响评价。



根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目一丙级非密封放射性工作场所；在野外进行放射性同位素示踪试验的”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表。

为此，塔里木分公司委托我公司承担该项目的环境影响评价工作（委托书见附件一）在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

## 1.2 项目地理位置与周边关系

### 1.2.1 项目地理位置

塔里木分公司注册地址位于新疆库尔勒市库尔勒经济技术开发区纪元路 32 号，地理坐标为：。塔里木分公司的地理位置图见图 1-1。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。配套用于贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库位于巴州轮台县红桥开发区鸿源路与胡杨路交汇处塔里木分公司轮台项目部内，地理坐标为：，同位素库的地理位置图见图 1-2。

### 1.2.2 项目周边关系及建设现状

本项目使用非密封放射性同位素（ $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ ）进行油（气）田吸水剖面测井作业，主要的作业区域为塔里木盆地塔里木油田勘探区块内，每次作业的地点均不固定，测井作业现场一般地处沙漠戈壁，荒无人烟，周围无学校、医院等环境敏感点。

本项目配套贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池）已于 2019 年 5 月履行了相关环评手续（详见附件三），并于同年 11 月建设完成。

### 1.2.3 选址合理性分析

本项目属于使用非密封放射性物质和丙级非密封放射性物质工作场所的核技术利用建设项目，结合《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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 的范围和实施放射性物质野外示踪的项目应视周边情况以及可能潜在影响的范围确定评价范围。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。

确定测井现场和配套贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库周边 50m 范围内均无自然保护区、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。

### 1.3 原核技术利用许可情况

塔里木分公司通过延续取得了自治区生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（新环辐证[00075]），活动种类和范围包括：使用 II、III、IV、V 类放射源；使用 II 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至：2023 年 5 月 24 日。（见附件二）。

公司于 2012 年编制了《中国石油集团测井有限公司塔里木事业部放射性同位素应用项目辐射环境影响报告表》，取得了原自治区环保厅《关于中国石油集团测井有限公司塔里木事业部放射性同位素应用项目辐射环境影响报告表的批复》（新环核函（2013）26 号）；于 2016 年编制了《中国石油集团测井有限公司塔里木事业部放射性同位素应用项目竣工辐射环境保护验收监测表》，取得了原自治区环保厅《中国石油集团测井有限公司塔里木事业部放射性同位素应用项目竣工辐射环境保护验收意见的函》（新环函（2016）1797 号）；于 2019 年编制了《中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素测井项目环境影响报告表》，并取得新疆生态环境厅《关于中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性测井项目环境影响报告表的批复》（新环审[2019]124 号），针对该项目中的密封放射源暂存库于 2019 年进行了自主验收。（见附件三）。

### 1.4 原有核技术利用项目和本项目的依托关系

本项目使用非密封放射性同位素（ $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ ）在塔里木盆地塔里木油田勘探区块内进行油（气）田吸水剖面测井作业。

本项目用于贮存、分装的场所依托公司于 2019 年在轮台项目部建设完成的集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池），该场所于 2019 年在 5 月履行了相关环评手续，编制了《中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素测井项目环境影响报告表》，取得了新疆生态环境厅《关于中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性测井项目环境影响报告表的批复》（新环审[2019]124 号），并于同年 11 月建设完成（详见附件三）。

本项目不新增辐射工作人员，依托塔里木分公司原有密封放射源测井人员中的 8 名。

本项目投入使用后任沿用公司制订的原有的规章制度。

## 1.5 原有核技术利用项目辐射管理现状分析

### (1) 辐射防护管理机构

为加强辐射环境防护安全管理，塔里木分公司已成立辐射防护管理小组并配备专职辐射防护管理人员，明确职责，制定辐射事件应急处理措施。

### (2) 辐射安全管理制度建立和执行情况

塔里木分公司已制定有一套管理制度和操作规程，包括《辐射安全防护制度》、《放射设备操作规程》、《人员岗位职责》、《辐射人员培训制度》、《设备维护、维修制度》、《辐射工作监测方案》、《移动源库管理规定》等一系列规章制度，并严格按照规章制度执行，公司也制定了《中石油测井有限公司应急预案》和《塔里木分公司放射源失控事故专项应急预案》，截止目前未发生过辐射安全事故。

### (3) 辐射工作人员持证上岗情况

塔里木分公司原有辐射工作人员 202 人，均取得了辐射安全与防护培训合格证书（见附件六）。本项目拟依托原有辐射工作人员中的 8 人。

### (4) 个人剂量监测情况

塔里木分公司 202 名辐射工作人员均配备有个人剂量计，2022 年第一季度的个人剂量检测报告（见附件五）。辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立剂量健康档案并存档，个人剂量计每三个月送检一次，严格执行辐射监测计划，以保护工作人员和控制对周围环境的影响。

(5) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，公司每季度对核技术利用建设项目辐射工作场所进行控制区和监督区的划分，监测报告存档。

(6) 对于原有核技术利用项目和本项目投入使用后，公司应每年对本单位使用的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

**表 2 放射源**

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
/	/	/	/	/	/	/

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**

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
1	液态	使用	7.4E+7	7.4E+6	1.48E+10	示踪测井	简单操作	测井现场	暂存
31	固体（微球）	使用	1.18E+8	1.18E+6	2.37E+10	示踪测井	简单操作	测井现场	密封
13	液体（锡铟发生器）	使用	1.48E+9	1.48E+6	2.96E+11	生产 In-113m	贮存	测井现场	
3m	液体	使用	1.48E+9	1.48E+7	2.96E+11	示踪测井	简单操作	测井现场	现场完

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

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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
/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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		
									活度 (Bq)	贮存方式	数量
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	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
封装瓶	固体	Ba-131、I-131	/	2瓶 (0Bq)	48瓶 (0Bq)	/	暂存在集装箱式非密封放射性同位素库内	同位素厂家
锡铟发生器	固体	Sn-113	/	1个 (0Bq)	2个 (0Bq)	/		锡铟发生器厂

套、口罩	固体	Ba-131、I-131 、In-113m	/	2套 (0Bq)	800套 (0Bq)	/		存放10个半衰期 一般废物
废液	液体		/	19.5L (0Bq)	7800L (0Bq)	/	衰变池	存放10个半衰期 一般废液排

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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）；                  (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日实施）；                  (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）；                  (4) 《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）；                  (5) 《建设项目环境保护管理条例》（修订）（2017 年 7 月 16 日）                  (6) 《放射性同位素与射线装置放射防护条例》（国务院令 第 449 号，2019 年修改）；                  (7) 《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）；                  (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》第四次修正）；                  (9) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》（新疆维吾尔自治区人民政府令 第 192 号，2015 年）；                  (10) 《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）；                  (11) 《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）；                  (12) 《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）                  (13) 《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》（T/BSRS 052-2021）。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；                  (2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）；                  (3) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；                  (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；                  (5) 《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）；                  (6) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；                  (7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；                  (2) 《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查报告》（1989 年）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

## 7.1 评价范围

本项目属于使用非密封放射性物质和丙级非密封放射性物质工作场所的核技术利用建设项目，结合《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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 的范围和实施放射性物质野外示踪的项目应视周边情况以及可能潜在影响的范围确定评价范围。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，确定本项目的评价范围为测井现场和配套贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库周边 50m。

本项目使用非密封放射性同位素（ $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ ）进行油（气）田吸水剖面测井作业，主要的作业区域为塔里木盆地塔里木油田勘探区块内，每次作业的地点均不固定，测井作业现场一般地处沙漠戈壁，荒无人烟，周围无学校、医院等环境敏感点。评价范围详见图 7-1。

本项目配套贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池）位于巴州轮台县红桥开发区鸿源路与胡杨路交汇处塔里木分公司轮台项目部内东北角，其实体边界外 50m 评价范围内无建筑，北侧 50m 处为紧邻废弃厂房、东侧 65m 处为众兴驾校训练场，南侧 60m 处为库房，西侧 80m 处为车库。评价范围内（50m）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。评价范围详见图 7-2。

## 7.2 保护目标

### 7.2.1 测井现场

本项目使用非密封放射性同位素（ $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ ）进行油（气）田吸水剖面测井作业，主要的作业区域为塔里木盆地塔里木油田勘探区块内，每次作业的地点均不固定，测井作业现场一般地处沙漠戈壁，荒无人烟，由图 7-1 并结合本项目的评价范围以及项目对于控制区、监督区的要求（禁止任何人进入控制区，无关人员禁止进入监督区），确定本评价项目中评价范围内的保护目标主要是进行现场测井工作的辐射工作人员以及监督区边界的公众（班组其他人员）。

## 7.2.2 同位素库

由图 7-2 并结合本项目的评价范围，确定本评价项目中同位素库的保护目标是评价项目周围（50m 范围内）环境中活动的辐射工作人员和公众。

选取评价项目 50m 范围内有人员居留位置环境保护目标进行重点分析，以此来预测同位素库满载运行后对其他距离相对较远的环境保护目标造成影响。选取同位素库附近的环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 评价项目评价范围内保护目标关系表

序号	关注点	与评价项目关系	影响人口	年有效剂量约束值
1	废弃厂房	北侧50m	0人（公众，偶然居留）	0.1mSv/a
2	放射源暂存区外	区域外	5人（公众，偶然居留）	0.1mSv/a
3	放射源暂存区内	区域内	2名库管员（辐射工作人员，全居留）	5mSv/a
4	同位素操作人员	同位素库内	8人（辐射工作人员，全居留）	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



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 7-2)。应用这些控制水平时应注意:

表 7-2 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 <sup>2</sup> )		β 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )
		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 <sup>-1</sup>	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
手皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>

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<sup>2</sup> 地面取 1000cm<sup>2</sup>。

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) 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 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 7-4 和表 7-5。

**表 7-4 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 7-5 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、环评要求年管理剂量约束值

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。

## 3、《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中有关的额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、 $\gamma$ 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。

5.1.9 非密封放射性物质贮源库应与开瓶分装室相连接（或相邻）并有单独的出入口。墙壁、门窗的材料与结构要具有防盗与防火的作用。贮存非密封放射性物质的源坑（池）及非密封放射性物质贮源室地面应保持干燥、光滑无缝隙、地面与相邻墙宜采用圆滑式而非直角式连接、易去污、易冲洗。

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25 $\mu$ Sv/h，100cm处的周围剂量当量率不应超过2.5 $\mu$ Sv/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， $\alpha$ 放射性物质不应超过0.4Bq/cm<sup>2</sup>， $\beta$ 放射性物质不应超过4Bq/cm<sup>2</sup>。

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100 $\mu$ Sv/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25 $\mu$ Sv/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、 $\gamma$  射线及韧致辐射导致的周围剂量当量率之和不应大于表7-6的控制值。

表 7-6 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	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	$\leq 20\mu\text{Sv/h}$
车厢外表面 30cm 处	$\leq 100\mu\text{Sv/h}$	$\leq 200\mu\text{Sv/h}$
车厢外表面 200cm 处	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	$\leq 20\mu\text{Sv/h}$

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。

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

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

## 6 放射性废物的处置要求

6.1 退役放射源、放射性液体和固体废物应按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

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) 源库内贮原坑（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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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。

## 4、《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。

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

## 5.3 个人防护

5.3.1 辐射工作人员应熟练掌握安全与防护技能，取得相应资质。

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

5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施，做好个人防护工作。

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



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

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

## 6 辐射防护监测

### 6.1 一般要求

6.1.1 操作非密封源的单位应具备相应的辐射防护监测能力，配备合格的辐射防护人员及相关的设备，制定相应的辐射监测计划。

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

6.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，提出改进辐射防护工作的建议，并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存，保存时间应不少于个人停止放射工作后30年。

### 6.3 工作场所监测

6.3.1 应依据非密封源的特点和操作方式，做好工作场所监测，包括剂量率水平、空气中放射性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 7-7）。

表 7-7 工作场所常规监测的内容与周期

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

## 7 放射性废物管理

### 7.1 一般要求

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

7.1.2 应从源头控制、减少放射性废物的产生，防止污染扩散。

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

7.1.4 应做好废物产生、处理、处置(包括排放)的记录，建档保存。

### 7.3 放射性固体废物

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

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

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

## 9 非密封放射源的管理

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

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

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

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

9.5 存放非密封放射源的库房应采取安保措施，严防被盗、丢失。

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

**表 8 环境质量和辐射现状**

## **8.1 项目地理位置和场所位置**

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司注册地址位于新疆库尔勒市库尔勒经济技术开发区纪元路 32 号，塔里木分公司的地理位置图见图 1-1。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。配套用于贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库位于巴州轮台县红桥开发区鸿源路 008 号轮台项目部内，。

为掌握项目所在地辐射水平，本次评价委托新疆智检汇安环保科技有限公司对拟开展的类似测井现场和配套用于贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库及周边环境进行了辐射环境本底水平检测，检测报告（见附件四）。

## **8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测方案**

### **8.2.1 环境现状评价对象**

10 个类似测井现场、集装箱式非密封放射性同位素库及周边环境。

### **8.2.2 监测因子**

$\gamma$  周围剂量当量率， $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染。

### **8.2.3 监测方案**

- 1、监测单位：新疆智检汇安环保科技有限公司
- 2、监测日期：2022 年 7 月 9 日~2022 年 7 月 11 日
- 3、监测方式：现场监测
- 4、监测依据：《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）  
《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》（HJ61-2021）  
《表面污染测定第 1 部分： $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 发射体》GB/T14056.1-2008  
《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021
- 5、天气环境条件：天气：晴；温度：29℃~33℃；相对湿度：15%RH~22%RH
- 6、监测报告编号：ZJHA2022057 号
- 7、监测设备：

仪器名称	仪器型号	仪器编号	检定/校准证书	检定/校准有效期
环境监测X-γ辐射空气吸收剂量率仪	FH40G FHZ672E-10	030320 11199	DLj12022-04976	2022.05.21-2023.05.20
α、β表面污染仪	PAM-170C	1700523	检定字第202204006744号	2022.04.29-2023.04.28

### 8.2.4 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发的标准，监测人员经考核合格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、后检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验；
- 5、由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- 6、报告严格实行三级审核制度，经校对、审核，最后审定。

## 8.3 监测点位及结果

### 8.3.1 辐射环境现状监测布点

非密封放射性同位素库及周边环境、测井现场 10 个井位环境本底辐射水平监测结果见表 8-1、表 8-2。

表 8-1 辐射环境现状 γ 周围剂量当量率监测布点及结果一览表

检测条件	位置：巴州轮台县红桥开发区塔里木分公司轮台项目部非密封放射性同位素库及周边环境本底检测		
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
1	距同位素库西侧 80m(车库外) 处	107±3	室外
2	距同位素库南侧 60m(库房外) 处	108±1	室外
3	距同位素库东侧 65m(驾校训练场地) 处	106±5	室外
4	距同位素库北侧 50m(废弃厂房外) 处	103±2	室外
5	同位素库门口处	114±4	室外
6	同位素库内洗手台南侧	114±2	室内

序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
----	--------	--------------	----

7	同位素库内自动清洗机南侧	115±2	室内
8	同位素库内分装通风箱内	115±3	室内
9	同位素库内手动操作台北侧	113±2	室内
10	同位素库内废物回收箱北侧 1	116±3	室内
11	同位素库内废物回收箱北侧 2	115±2	室内
12	同位素库内废物回收桶北侧	113±2	室内
13	同位素库内非密封放射源贮存箱上表面 30cm	114±3	室内
14	同位素库内清洁区地面 1	111±1	室内
15	同位素库内清洁区地面 2	113±5	室内
16	同位素库内淋浴间地面 1	115±3	室内
17	同位素库内淋浴间地面 2	115±2	室内
18	同位素库内三级衰变池上表面 30cm 处 1	115±4	室内
19	同位素库内三级衰变池上表面 30cm 处 2	105±3	室外
20	同位素库内三级衰变池上表面 30cm 处 3	103±2	室外
21	同位素库内蒸发池上表面 30cm 处	103±2	室外
22	距同位素库南侧墙体外表面 30cm 处 1	104±6	室外
23	距同位素库南侧墙体外表面 30cm 处 2	105±4	室外
24	距同位素库南侧门口处	106±3	室外
25	距同位素库西侧墙体外表面 30cm 处	104±4	室外
26	距同位素库北侧墙体外表面 30cm 处 1	102±2	室外
27	距同位素库北侧墙体外表面 30cm 处 2	106±3	室外
28	距同位素库东侧墙体外表面 30cm 处	105±3	室外
检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
1	井口	106±2	室外
2	距井口东侧 5m 处	103±4	室外
3	距井口南侧 5m 处	106±2	室外
4	距井口西侧 5m 处	103±3	室外
5	距井口北侧 5m 处	104±4	室外

检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
6	井口	104±3	室外
7	距井口东侧 5m 处	106±4	室外
8	距井口南侧 5m 处	107±3	室外
9	距井口西侧 5m 处	111±3	室外
10	距井口北侧 5m 处	106±3	室外
检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
11	井口	114±3	室外
12	距井口东侧 5m 处	114±2	室外
13	距井口南侧 5m 处	115±2	室外
14	距井口西侧 5m 处	115±3	室外
15	距井口北侧 5m 处	113±2	室外
检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
16	井口	116±3	室外
17	距井口东侧 5m 处	115±2	室外
18	距井口南侧 5m 处	113±2	室外
19	距井口西侧 5m 处	114±3	室外
20	距井口北侧 5m 处	111±1	室外
检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
21	井口	95±3	室外
22	距井口东侧 5m 处	97±3	室外
23	距井口南侧 5m 处	93±3	室外
24	距井口西侧 5m 处	98±3	室外
25	距井口北侧 5m 处	100±3	室外

检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
26	井口	98±3	室外
27	距井口东侧 5m 处	95±3	室外
28	距井口南侧 5m 处	99±6	室外
29	距井口西侧 5m 处	100±5	室外
30	距井口北侧 5m 处	98±3	室外
检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
31	井口	92±4	室外
32	距井口东侧 5m 处	100±5	室外
33	距井口南侧 5m 处	97±4	室外
34	距井口西侧 5m 处	97±4	室外
35	距井口北侧 5m 处	98±4	室外
检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
36	井口	97±6	室外
37	距井口东侧 5m 处	99±4	室外
38	距井口南侧 5m 处	98±4	室外
39	距井口西侧 5m 处	98±4	室外
40	距井口北侧 5m 处	97±5	室外
检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
41	井口	95±4	室外
42	距井口东侧 5m 处	95±2	室外
43	距井口南侧 5m 处	99±3	室外
44	距井口西侧 5m 处	97±3	室外
45	距井口北侧 5m 处	94±3	室外

检测条件			
序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
46	井口	99±4	室外
47	距井口东侧 5m 处	97±4	室外
48	距井口南侧 5m 处	99±5	室外
49	距井口西侧 5m 处	96±4	室外
50	距井口北侧 5m 处	100±5	室外

注：测量结果未扣除仪器宇宙射线响应值

表 8-2 辐射环境现状 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染监测布点及结果一览表

检测条件				
序号	测点位置描述	检测结果		备注
		$\alpha$ (Bq/cm <sup>2</sup> )	$\beta$ (Bq/cm <sup>2</sup> )	
1	同位素库门口处	未检出	0.01	室外
2	同位素库内洗手台南侧	未检出	0.02	室内
3	同位素库内分装通风箱内	未检出	0.03	室内
4	同位素库内地面	未检出	0.02	室内
5	同位素库内清洁区地面	未检出	0.01	室内

### 8.3.2 辐射环境现状监测布点

集装箱式非密封放射性同位素库及周边环境、测井现场 10 个井位环境本底辐射水平监测布点见图 8-1、图 8-2、图 8-3、图 8-4、图 8-5。

## 8.4 环境现状调查结果的评价

由监测结果可知，位于巴州轮台县红桥开发区塔里木分公司轮台项目部的非密封放射性同位素库 $\gamma$ 周围剂量当量率水平为111~116nGy/h，周围敏感点 $\gamma$ 周围剂量当量率水平为102~108nGy/h，由《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查报告》可知，巴州室外天然贯穿辐射剂量率为76.2~218.1nGy/h，巴州室内天然贯穿辐射剂量率为109.6~215.nGy/h。位于阿克苏地区2个井位钻孔及四周5米处 $\gamma$ 周围剂量当量率水平为103~109nGy/h，位于巴州地区2个井位钻孔及四周5米处 $\gamma$ 周围剂量当量率水平为111~116nGy/h，位于喀什地区2个井位钻孔及四周5米处 $\gamma$ 周围剂量当量率水平为93~100nGy/h，位于和田地区2个井位钻孔及四周5米处 $\gamma$ 周围剂量当量率水平为92~



100nGy/h，位于柯尔克孜自治州2个井位钻孔及四周5米处 $\gamma$ 周围剂量当量率水平为94~100nGy/h；由《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查报告》可知，阿克苏地区室外天然贯穿辐射剂量率为53.6~153.7nGy/h，巴州室外天然贯穿辐射剂量率为76.2~218.1nGy/h，喀什地区室外天然贯穿辐射剂量率为53.4~403.5nGy/h，和田地区室外天然贯穿辐射剂量率为81.3~137.0nGy/h，克州室外天然贯穿辐射剂量率为72.9~281.1nGy/h。

非密封放射性同位素库 $\alpha$ 表面污染水平为未检出， $\beta$ 表面污染水平为0.01-0.03Bq/cm<sup>2</sup>，检测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002中附录 B11 中放射性表面沾污控制水平。

综上所述，拟建项目及其四周的 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率属于当地本底水平。

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 同位素库

本项目配套用于贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池）已于 2019 年 5 月履行了相关环评手续，编制了《中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素测井项目环境影响报告表》，取得了新疆生态环境厅《关于中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性测井项目环境影响报告表的批复》（新环审[2019]124 号），并于同年 11 月建设完成。本次评价仅对关键要素进行简要阐述。

#### 9.1.1.1 同位素库结构、布局及功能

本项目配套用于贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库是由郑州双辐同位素应用技术有限公司按照 GBZ118 设计制造，集装箱尺寸为 12000mm\*2500mm\*2500mm，同位素库内分为清洁区(包括办公室、登记区)、低活性区(包括更衣、淋浴)和高活性区(包括开瓶分装室、贮源库与废物贮存设施等)等三个区域，在同位素库的正面左侧设人员进出门，右侧设同位素、设备进出门，低活区与高活区用门进行隔开，详见平面布局图 9-1。

#### 9.1.1.2 通风装置

##### (1) 同位素库通风装置

同位素库内配有核级过滤通风装置，通风装置的转速 2450r/min，风量每小时 400 立方米的离心式风机，每小时换气 3 次以上。高活区侧面分布一台，保证气流方向：由低活区流向高活区；每次工作之前先通风 10~15min，每次分装结束后再通风 20~25min。核级过滤器滤芯工作半年更换一次。

##### (2) TFX-F1 手动同位素分装通风橱

同位素的固、液分装都在 TFX-F1 手动同位素分装通风橱内进行，尺寸约为 2035mm\*590mm\*1560mm，总体是一个铅钢结构的密闭系统，表面材质为不锈钢板，其主要防护面铅当量为 10mmPb，其余面防护当量为 5mmPb；配有过滤器系统负压通风，无粉尘危害，正面配备有 ZF2 型高铅铅玻璃观察窗，尺寸为 500mm\*300mm，铅当量为 10mmPb，操作人员在取料瓶及分装过程中透过铅玻璃窗观察操作；正面有四套手套孔，操作人员在取料瓶及分装过程中都可以透过铅玻

璃观察通过手套孔进行操作；

#### ①同位素取料系统

其组成为：滑道、推车，取料手套孔。打开通风防护橱右侧门，将同位素罐盖稍微松动后放置在滑道上，推至滑道规定位置；此时同位素罐正对“手套孔”，然后操作员通过手套孔即可开铅罐盖取出装有同位素的料瓶。

#### ②同位素分装系统

其组成为：测量器具、微型铅室、专用分装小铅罐，释放器固定架。当装有同位素的瓶转移至分装箱后，操作员通过手套孔打开瓶盖，用量杯取所需量同位素；再用漏斗即可分装，此装置可满足把同位素直接分装到释放器和分装到专用小铅罐两种功能，使用者可根据工作要求进行分装。分装完毕后，将剩余同位素料置入微型铅室保存，漏斗量杯放置在固定位置，然后将分装好的释放器或将专用小铅罐从通风防护橱的左侧门取出即可完成整个流程。

#### ③负压过滤系统

其组成为：负压管道、负压机、核级过滤器。在同位素分装过程中会产生一定量放射性粉尘，此时必须把整个系统控制在负压状态，才能把悬浮在空气中的放射性粉尘吸走，过滤掉。以免工作人员吸入肺脏，天长日久导致深远的危害并造成环境污染。

#### ④观察系统

其组成为：铅玻璃。操作人员在取料瓶及分装过程中都必须透过铅玻璃窗观察操作。

#### ⑤分装基本原理

同位素出厂时是按毫升数给出总量，故分装前根据测井前定出的每支仪器需要的活度，参考同位素出厂时的活度、毫升数、比重，计算出每支仪器所需要的同位素体积，从而将对每支测井仪器需要的活度分装转换成了体积（毫升）的分装，便于后续操作。

#### 同位素固体分装系统：

其组成结构：测量器具，固体分装平台，铅罐，释放器固定夹具。

打开通风防护橱右侧门，将同位素罐盖稍微松动后放置在分装平台附近，将释放器放在夹具上；此时过铅玻璃找到铅罐位置，然后操作员通过手套孔即可开铅罐

盖取出装有同位素钷-131 的料瓶。

操作员把量杯放置测量器具上，通过手套孔打开料瓶，取出所需量同位素钷-131；通过漏斗放进释放器即可实现分装。分装完毕后，将剩余同位素料放回铅罐，然后将分装好的释放器从通风防护橱的左侧门取出即可完成整个流程。（为了更好的防护可将装有同位素钷-131 的释放器装入释放器防护套筒）

同位素液体分装系统：

该系统由：灌装设备，测量器具等组成。打开通风防护橱右侧门，将同位素罐盖稍微松动后放置在指定位置，将释放器放在夹具上；此时同位素罐正对“手套孔”，然后操作员通过手套孔即可开铅罐盖取出装有同位素钷-131 的料瓶。把灌装设备的取料管放进去，出料管放进释放器，操作灌装机就可以完成分装。使用之前先用量具校准，确保灌装量的准确性。

#### ⑥通风方式

由于测井用放射性同位素属于固体颗粒状，分装过程会产生放射性微尘。处理不当时工作人员吸入会造成内照射，危害操作人员健康，并污染环境。

通风设施由负压管道、负压机、核级过滤器组成。通风橱内保持 200Pa 负压，且设置过滤装置，核级过滤器过滤抽风使排出空气达标。该设置满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）对分装室内通风橱的要求。核级过滤器每 3 年更换一次，暂存于贮源库，由同位素供货单位回收。

#### 9.1.1.3 ZCFH-1 型同位素暂存箱

同位素暂存箱采用铅钢密闭结构，表面为不锈钢材质，尺寸为 845mm\*445mm\*470mm，防护当量为 10mmPb；同位素的出厂包装带有铅罐，当同位素运至实验室后可将带有铅罐的同位素放置于暂存箱内，同位素暂存箱配有双锁，箱子底部与实验室地面连接固定。

#### 9.1.1.4 FWFH-08 型放射性废物贮存箱

放射性废物贮存箱 FWFH-08：尺寸为 435mm\*435mm\*505mm，防护当量：5mmPb；采用铅钢密闭结构，表面为不锈钢材质，主要贮存固体放射性污染物。

#### 9.1.1.5 FWFH-08 型放射性废物贮存筒

放射性废物贮存筒 FWFH-08：尺寸约为 $\phi$ 315mm\*610mm，防护当量：5mmPb；采用铅钢密闭结构，表面为不锈钢材质，主要贮存固体放射性污染物。

### 9.1.1.6 ZFX-C 型同位素释放器清洗装置

#### (1) 装置简介

ZFX-C 型同位素释放器清洗装置是用来自动清洗释放器中的同位素和油污残留的装置，解决了以前操作者用手直接清洗同位素对身体带来的危害问题。本系统采用微电脑控制，变频调压，自动化高压喷射水循环清洗系统，配有放射性剂量监测仪。在主要工作面上有铅钢防护，用不锈钢材料制作，具有设计结构合理，技术先进，配套齐全，操作简单，使用安全，清洗效率高，洗洁度高等优点。

#### (2) 基本结构

ZFX-C 型同位素释放器清洗系统：是自动清洗测井后残留有放射性同位素释放器的装置。采用超声波清洗，微电脑控制、变频调压、自动化高压喷射水循环。配备放射性剂量监测仪。在主要工作面有铅钢防护设施，防止工作人员在现场操作时受超剂量辐射损害。系统采用不锈钢材料制作。

①微电脑编程控制系统，控制清洗中的工艺流程，变频调速控制清洗中水的流量、压力、清洗中各项指令在控制面板上按按钮发出。

②加热高压注水系统，配备液位传感器、电磁闸阀、加热器、温控器、时间继电器、水箱、水泵、集成分配器等。水温加热最高可达到 70℃。

③超声波清洗装置：由超声波发生器和震子（换能器）组成。由超声波发生器发出与震子匹配的高频电流，震子（换能器）装高频电流转换成高频机械振荡能量，并将能量传播到介质——清洗液中，强力的超声波在清洗液中以疏密相间的形式向被洗物件辐射。产生“空化”现象，即在清洗液中“气泡”形式，产生破裂现象。当“空化”在达到被洗物体表面破裂的瞬间，产生远超过 1000 个大气压力的冲击力，致使物体的面、孔、隙中的污垢被分散、破裂及剥落，使物体达到净化清洁。

④释放器清洗箱：配备清洗箱、空心旋转轴、固定架等。释放器由内冲洗系统和外冲洗系统两部分组成，内冲洗系统由高压注水喷头插入释放器进料口，对释放器内腔高压喷洗。外部清洗由数个装在槽壁上的高压喷头向工件圆心方向喷洗和匀速漂洗。

⑤放射性防护系统：在清洗箱的前后面板上装有铅板防护层，防止操作人员受额外辐射。

⑥水箱底部二号水箱：实现双重作用。第一：加大清洗喷淋时间。二号水箱水

在沉淀后通过滤网过滤，启动二号水泵把水抽到集成阀，循环使用对释放器继续喷淋清洗。第二：打开底阀排除该水箱底部沉淀污物。

⑦释放器固定架：卡环式固定环可以紧固不同直径的释放器，卡环与释放器接触为钢珠点状接触，减少释放器与卡环的接触面，加大清洗度。

该系统设备移动方便，在设备的下部装有四个万向滚动轮，方便设备移位。设备位置确定后，丝杠地盘落地就位，车轮悬空，进行设备平行度调整固定。

⑧每次可冲洗数量：2-10 只释放器。该系统用水量少，每清洗一次，10 只释放器用水量约 0.1m<sup>3</sup>。

### (3) 操作流程

①清洗前，打开清洗槽门，将要清洗的释放器放在卡槽内，用卡扣卡牢固定，并将内清洗喷头对准释放器进料口，关闭清洗槽门。

②第一步完成后，按以下步骤进行操作：

接通电源，开机复位（也可随时复位）；

在控制面板上按“SET”键设置温度参数，温度范围可在 10 ~60 °C之间设置，所需温度的高低根据实际需要设定；

按“RESET”键，设置清洗时间（设置范围 1~15 分钟），“TMER+”和“TMER-”键是增加和缩短时间。按“OK”键确认；

所需参数设置完成后，按“OK”键确认，清洗机自动开始进水，水满后加热开始，到所设置温度后加热停止，自动开始清洗，共清洗两次，其工作程度自动完成；

清洗结束后自动排水，待清洗机完全停止工作，打开清洗槽门取出释放器。

### 9.1.2 衰变池和蒸发池

蒸发池、衰变池设计方案按照废水综合排放标准 GB8978 设计。放射性废水的设计排放流程是放射性废水流进衰变池经过大于十个半衰期后流进蒸发池，通过太阳蒸发。放射性废水排放必须达到十个半衰期后才允许排放，即用于收贮释放器清洗过程产生的废水，贮存量大于十个半衰期所产生的废水贮存需求，且本项目衰变池、蒸发池均做了防渗漏处理。三级衰变池顶板上分别留口，用于衰变池清污，清污时可用抽水泵将衰变池中的水从一级抽到二级，二级抽到一级，或从三级抽到一级，再用长柄清污工具将衰变池底部的沉淀物打捞清理（污物放于放射性废物箱或者放射性废物桶，经环保部门检测合格后，才能按照普通废物进行处理或按放射

性废物上交环保部门)，废水流经一级到二级再到三级，废水排到蒸发池，通过太阳蒸发蒸发掉。自动清洗设备的废水以及洗手池废水流进一级衰变池，淋浴污水流进蒸发池。

衰变池：三级衰变池尺寸分别为 435mm\*435mm\*505mm，容量分别为 3.8 立方米，三级共 11.4 立方米。

蒸发池：蒸发池尺寸为 3000mm\*4000mm\*1400mm，蒸发池面积为 12 平方米，容积为 16.8 立方米。

### 9.1.3 放射性同位素特性

#### 1、<sup>131</sup>I 特性

<sup>131</sup>I 物理半衰期为 8.04d，衰变方式为β衰变，能衰变出多条β射线，其中分支比最大的为 89.2%，能量为 606.3keV，还能释放出多条γ射线，其中分支比最大的为 81.1%，能量为 364.5keV。衰变纲图见图 9-3。

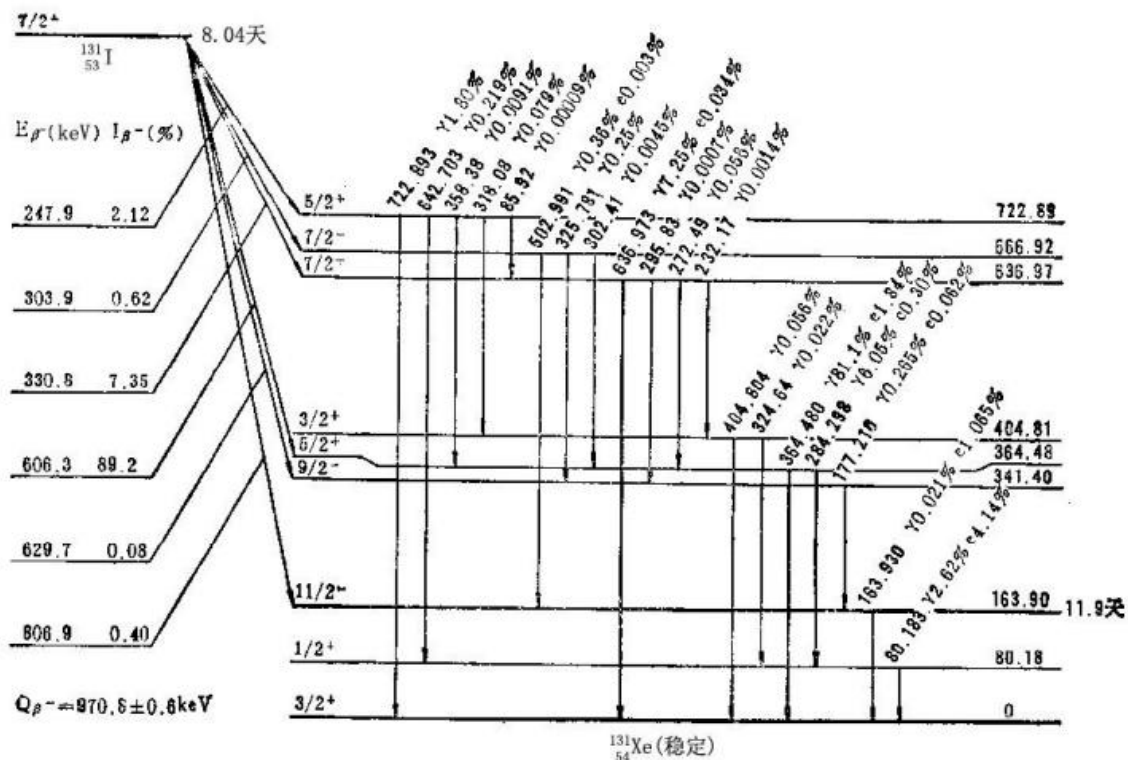


图 9-3 <sup>131</sup>I 衰变纲图

#### 2、<sup>131</sup>Ba 特性

<sup>131</sup>Ba 物理半衰期为 11.7d，衰变方式：EC=100%，释放出多种能量的γ射线，γ射线的能量主要有：496.3keV(46.8%)、123.8keV(28.97%)、216.1keV(19.66%)。衰

变纲图见图 9-4。

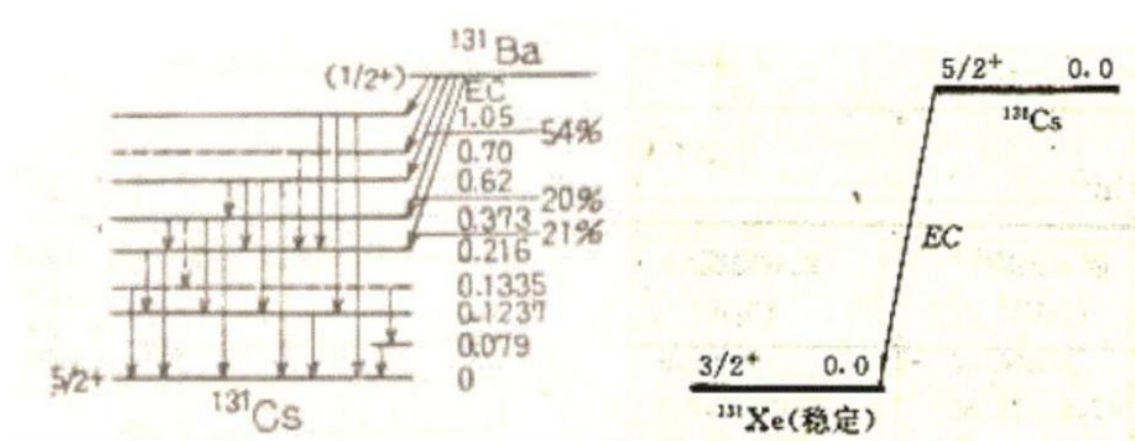


图 9-4  $^{131}\text{Ba}$ 衰变纲图

### 3、锡铟同位素发生器结构和特性

锡铟发生器的整套装置由五部分组成：吸附了 $^{113}\text{Sn}$ 的色谱柱（即 $^{113}\text{Sn}$ - $^{113\text{m}}\text{In}$ ）、内、外屏蔽铅罐、支承架、淋洗装置及收集瓶、外壳及其他附件。发生器的结构如图9-5所示。

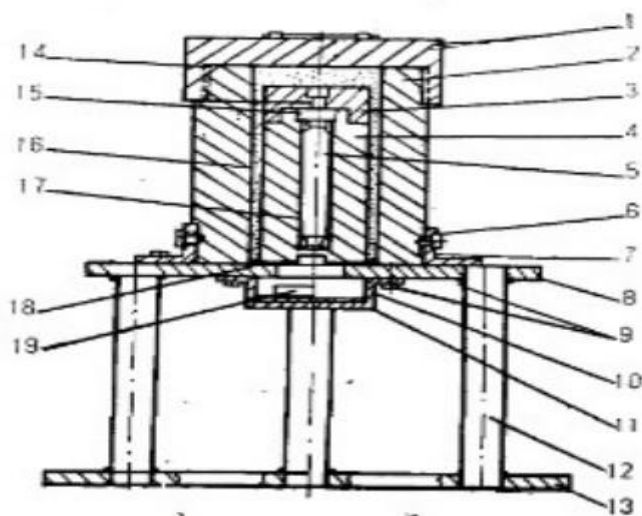


图 9-5 锡-铟发生器装置图

其中：1. 外铅罐上盖；2. 外层铅罐；3. 内铅罐上盖；4. 内铅罐；5. 内放吸附 $^{113}\text{Sn}$ 的玻璃柱；6. 固定螺钉；7. 固定角铁；8. 上法兰盘；9. 螺钉；10. 托盘；11. 铅衬底；12. 支柱；13. 下法兰盘；14. 橡皮O圈；15. 橡皮垫圈；16. 多孔泡沫塑料；17. 聚乙烯套；18. 橡皮垫圈；19. 储存洗脱液导出管的托盘小门。

锡铟发生器的母体的 $^{113}\text{Sn}$ 物理半衰期为11.7d，而洗脱液 $^{113\text{m}}\text{InCl}_3$ 的物理半衰期为1.658h（半衰期为99.8min），衰变方式：I.T=100%，释放出 $\gamma$ 射线，其中能量为392.7keV占64%。



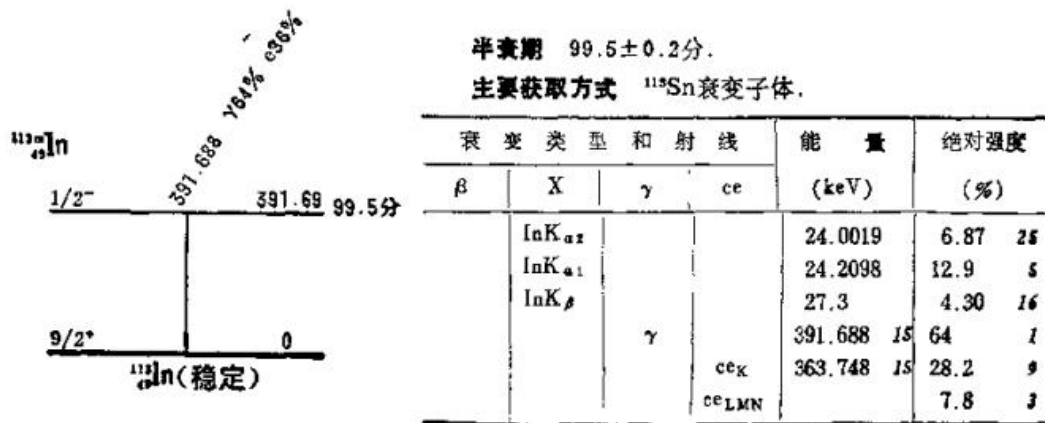
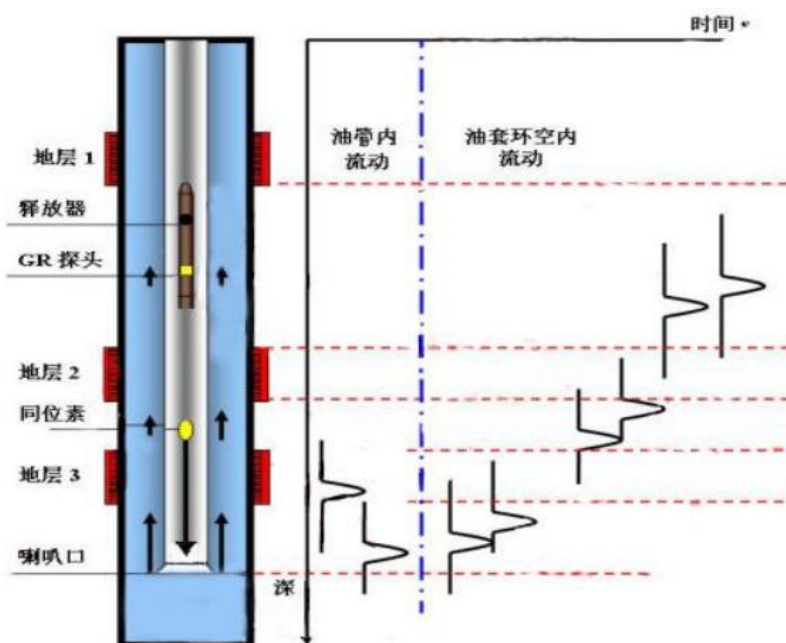


图 9-6  $^{113\text{m}}\text{In}$ 衰变纲图

### 9.1.4 放射性同位素测井原理

石油开采是依靠地下油层的压力将石油采出，随着石油被逐渐采出，油层压力下降，石油不易采出。为此，目前我国绝大部分油田采用分层段注水的方法来保持地下油层压力不下降。注水时，需要及时了解注水油井中每个层位绝对注水量和相对注水量，这些量需要通过测定注水剖面曲线来获取。利用同位素释放器携带放射性示踪剂，测井时在油层上部释放，井内注水形成活化悬浮液，载体颗粒直径大于地层孔隙直径，吸水层吸水时，微球载体滤积在井壁上，地层的吸水量与滤积在该段地层对应的井壁上的同位素载体量和载体的放射性强度三者之间成正比关系，通过对比同位素载体在地层滤积前后所测得的伽玛曲线，计算对应射孔层位上曲线叠合异常面积的大小，采用面积法解释各层的相对吸水量，从而可以确定注入井的分层相对吸水量（吸水剖面）。



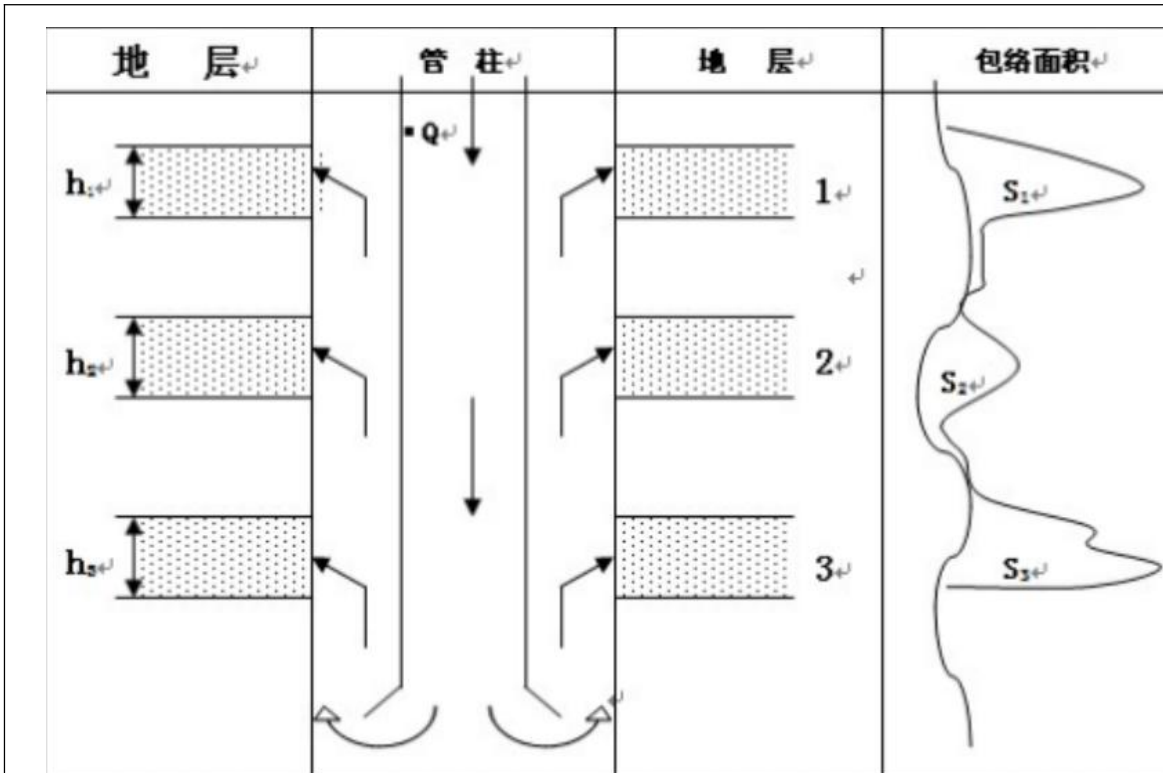


图 9-7 放射性同位素测井原理示意图

在注入水没有外流情况下，油层越均质，注水利用率越高，则见示踪剂时间越晚。反之，短时间内见到示踪剂，说明注入水沿高渗层窜流，储层非均质性强，开发效果差。

如图 9-7，图中 1、2、3 三个层均为注水层，深度校齐后，将测量自然伽玛曲线与同位素曲线叠合，并使其在非目的层段重合，在三个注水层位分别求出这两条曲线的包络面积，采用面积法解释各层的相对吸水量，从而可以确定注入井的分层相对吸水量（吸水剖面）。

### 9.1.5 放射性同位素测井工艺流程

工艺流程简述如下：

(1) 塔里木分公司接收测井委托任务（测井施工通知）后，根据测井井场具体布置情况及钻井数据制定测井计划书。测井计划书含本次测井任务的人员安排、测井时间安排、测井队人员职责及测井现场辐射防护方案和辐射事故应急预案等内容。

(2) 测井作业队接收到测井任务后，进行测前准备（包括：地面仪器检查、井下仪器检查、单井资料的准备、各种专用工具及车辆状况的准备和安全讲话。

(3) 测井作业队达到同位素库，领取锡铯发生器或领取  $^{131}\text{Ba}$  或  $^{131}\text{I}$  示踪剂并

在同位素库内分装至释放器内。本项目放射性核素封装于释放器后，放置在释放器防护套筒内，再将释放器防护套筒放置在运输车辆左后方屏蔽厚度 3mmPb 的铅运输箱内，运往测井现场。

(4) 在放射性同位素入场前，测井作业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) 开展测井工作前，放射性同位素操作人员需佩戴防护用品，做好准备工作。

(6) 放射性同位素操作人员在现场对锡铟发生器进行淋洗工作，用以获得  $^{113m}\text{In}$ ，并装入释放器内。

(7) 测井队放射性同位素操作人员将装有放射性同位素  $^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$  或  $^{113m}\text{In}$  的释放器安装于测井仪器底部。

(8) 释放器安装完毕后，被污染的手套、口罩等放入污物回收箱。

(9) 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。

(10) 将装有放射性同位素  $^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$  或  $^{113m}\text{In}$  的释放器同测井仪一起送入井下指定位置。

(11) 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  $^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$  或  $^{113m}\text{In}$  释放。

(12) 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。

测量完成后将释放器与探测仪器一起提出井口，卸下释放器，即完成一个测井过程，测井完毕后，将释放器运回源库实验室清洗。

(13) 测井结束将释放器提升至井口卸下，由放射性工作人员进行擦拭清理并装入专用密封袋中，擦拭棉纱放入污物回收箱。

(14) 测井过程中产生的空释放器、放射性废物（被污染的手套、口罩等），一并带回轮台项目部同位素库进行暂存处置。

(15) 测井结束后职业人员离开测井现场前，需对井场及相关区域、职业人员裸露皮肤、工作服和个人防护用品的辐射剂量当量率和表面沾污情况进行监测，确

保测井结束后井场、职业人员及其个人防护用品的辐射水平为辐射环境本底值。

(16) 将释放器运回轮台项目部同位素库进行清洗，清洗后放置在同位素库内待下次测井使用。

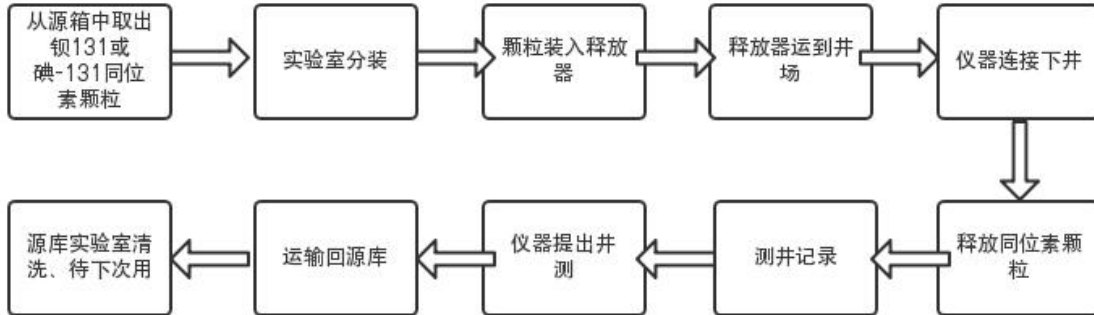


图 9-8  $^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$ 同位素测井工艺流程

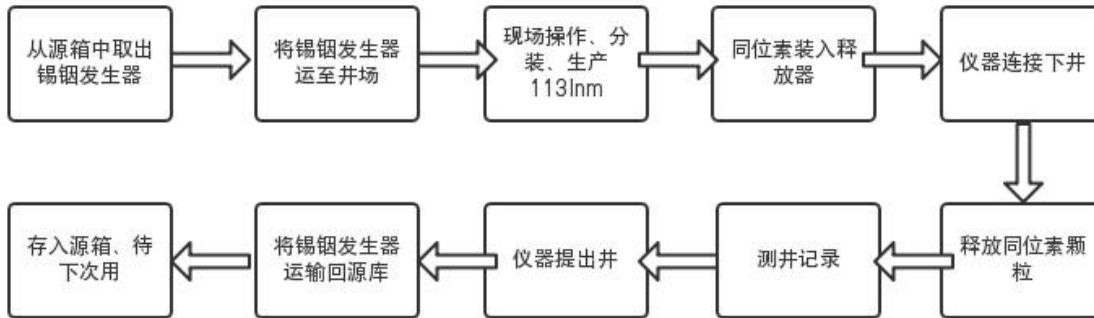


图 9-9 锡钷发生器测井工艺流程图

#### 9.1.4 放射性同位素测井工艺流程产污环节及污染因子

根据放射性同位素示踪测井工艺流程，测井各个环节产生的污染因子见表 9-1。

表9-1 放射性同位素示踪测井产污环节及污染因子

序号	生产环节	污染源	污染因子	影响对象	影响程度
1	放射源暂存区存放	$^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$	$\gamma$ 射线	库管人员、暂存区周围	轻微
2	同位素库分装	$^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$	$\beta$ 、 $\gamma$ 射线	操作人员、分装场所	较大
3	搬运	$^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$	$\gamma$ 射线	搬运工人	较大
4	运输	$^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$	$\gamma$ 射线	驾驶员、随车人员	轻微
5	井场安装	$^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$	$\beta$ 、 $\gamma$ 射线	安装人员、井场周围	较大
6	测井	$^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$	$\gamma$ 射线	测井人员	轻微

## 9.2 污染源项分析

### 9.2.1 正常工况

#### (1) $\gamma$ 射线

本项目测井用放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$  在衰变过程中会释放的 $\gamma$ 射线，由于 $\gamma$ 射线具有较强的穿透性，在整个操作过程中将对工作人员产生辐射影响。

#### (2) $\beta$ 表面污染

由于操作非密封放射性物质  $^{131}\text{I}$ （液态）、 $^{131}\text{Ba}$ （固态）和  $^{113\text{m}}\text{In}$ （液态），正常情况下在暂存、领取、分装和归还等操作过程中，不会对工作场所造成 $\beta$ 表面污染。

#### (3) 放射性固体废物

主要来自放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$  测井现场用的废手套、口罩和使用过的同位素分装瓶和废旧锡钼发生器。

其中废手套、口罩等放射性活度较低但也应受控，统一收集后运至同位素库留存 10 个半衰期后当做一般固体废物进行处置。

同位素分装瓶和废旧锡钼发生器统一暂存在同位素库内，后续均有供货厂商回收处置。

#### (4) 放射性废液

主要来自于对释放器的冲洗，冲洗废液排放至蒸发池，待 10 个半衰期后可作为一般废物处理。

#### (5) 废气

同位素库在存放非密封放射性物质时， $^{131}\text{I}$  和  $^{131}\text{Ba}$  衰变释放的 $\gamma$ 射线电离空气，产生少量  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ 。

#### (6) 地下水

放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$  在油井示踪对深层（油层）地下水产生直接污染，随着时间而衰变，影响逐渐减小。

#### (7) 废旧同位素

由于放射性核素衰变而使其活度不能达到测井作业需求，产生废旧同位素，暂存在同位素库内，后续统一由供货厂家回收处置。

### 9.2.2 事故工况

结合本项目油井示踪测井全过程运行的实际情况分析，该项目在运行过程中发

生机率较大和产生影响较严重的事故主要有以下几种：

- (1) 放射性同位素丢失事故；
- (2) 放射性同位素在使用过程中的撒漏事故；
- (3) 由于操作失误使作业人员受到超剂量照射事故；
- (4) 放射性同位素示踪剂的井水由井口回喷污染井场环境事故；
- (5) 放射性同位素运输过程中的交通事故。

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司严格落实安全管理制度，按照相关操作规程进行作业，可有效避免事故工况的发生

**表 10 辐射安全与防护**

## **10.1 项目安全设施**

### **10.1.1 辐射工作场所的分区管理**

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。控制区和监督区的划分要求如下：

**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。

#### **10.1.1.1 同位素库的分区管理**

根据现场调查，塔里木分公司轮台项目部放射源暂存库内的集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池）为独立构筑物，周围已设置围栏，围栏内无人居住，未堆放易燃、易爆等其他危险物品，符合《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中相关要求。

根据现场调查并结合，塔里木分公司轮台项目部放射源暂存库内已划分了控制区和监督区；其中 1 号撬式密封源库和 2 号撬式密封源库划分为控制区，围栏内、撬式源库外的区域划为监督区。

结合本项目平面布置情况，本项目集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池）所在区域内为控制区，其余区域按监督区进行管理。本项目控制区和监督区划分见图 10-1。

#### **10.1.1.2 测井现场的分区管理**

根据《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中规定：“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”。

经公式计算（详见环境影响分析章节），裸源情况下，距 1.6mCi  $^{131}\text{Ba}$  放射源 1.131m 处的辐射剂量当量率为 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ ；距 1mCi  $^{131}\text{I}$  放射源 0.876m 处的辐射剂量当量率为 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ ；距 20mCi  $^{113\text{m}}\text{In}$  放射源 3.124m 处的辐射剂量当量率为 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ ；为方便管理并考虑测井操作实际，本次评价将井口操作区为中心周围 5m 范围内划定为控制区；以井场围墙（若无围墙可取以井口为中心周围 50m 范围）为边界，控制边界外至井场围墙内划定为监督区。若井场场地受限，测井队可根据井场平面布置情况调整控制区和监督区边界，原则上要求控制区边界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。测井现场工作场所分区见图 10-2。

### 10.1.3 辐射安全与防护措施

#### 10.1.3.1 同位素库辐射安全与防护措施

##### ① 双人双锁

同位素库屏蔽门拟设置双锁，满足乙级防盗安全级别，钥匙拟由两人分别保管。其中至少有 2 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。只有两名人员在场时，才可以打开屏蔽门上的双锁，进入同位素库。

##### ② 监控设施

放射源暂存区内已布设 3 台摄像机，同位素库内布设 2 台摄像机，确保同位素库内、库外全部在监控范围内，保证监控无死角。视频摄像机采用高清摄像机，能够实现值班室和监控中心对暂存库的 24 小时实时监控；监控系统应具备录像、存储和回放功能，视频资料应至少要保留 28 天。

##### ③ 警示标志

防护门张贴电离辐射警示标志，按照 GB18871-2002 的规范制作，标志的单边尺寸不小于 50cm。

##### ④ 排风设施

同位素库中部设置有通风橱，用于开瓶、分装等操作，通风橱内可保持负压，通风橱操作口半开时，操作口处风速大于 1 m/s，其排气口处设有过滤装置（活性炭）。

除此之外，同位素库内东侧设置有排风设备，确保气流方向从低活性区至高活性区，排风管道出口高出同位素库，并在排气口处设有过滤装置（活性炭）。

##### ⑤ 固定式辐射监测系统和辐射监测设施

同位素库内设置有固定式辐射监测仪，以及时发现辐射超标等现象。



塔里木分公司为辐射工作人员配备了个人剂量计和人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。

#### ⑥电子打卡系统

塔里木分公司拟在放射源存放期间拟指定专人负责、专人值守，值守人员的配备为 2 人。并拟设打卡系统，在值守人员进行值守和巡查时进行打卡，打卡记录会上传至值班室电脑进行保存，保存时间应不少于 30 天。

#### ⑦废物和废液收集措施

同位素库内配备有三个废物回收箱和两个废物回收桶，用于存放操作非密封放射性物质而产生的口罩、手套等固体废物。三个废物回收箱和两个废物回收桶均含有 5mmPb 的防护屏蔽材料。

同位素库外设置有三个衰变池和一个蒸发池，用于存放清洗释放器产生的废液。三个衰变池和一个蒸发池均进行了防渗处理。

#### ⑧台账及出入库

在同位素库正式投入使用后，将建立同位素出入库台账。根据公司的台账及出入库制度，同位素在每次出入库时都要进行活度领用登记和源容器表面剂量率的检测。

#### ⑨释放器防护套筒

同位素库拟配备两根用于含源释放器的取、还和运输期间使用的释放器防护套筒，尺寸为  $\phi 80\text{mm} \times 800\text{mm}$ ，含有 3mmPb 防护材料，主要为减小人员辐射剂量。

#### ⑩其他防护措施

同位素库内配备有紧急报警装置。放射源暂存库内拟设一套灭火器材，可以实现放射源暂存库发生火灾且消防人员未到达现场时可以自行处理灾情或阻止灾情蔓延。除此之外，公司拟配备 1 套应急用电设备，用于停电后保证对同位素库安保系统的供电，实现其安保系统能够 24 小时不间断地保证同位素库的安全。

图 10-3 同位素库辐射安全防护措施示意图

### 10.1.3.2 测井现场辐射安全与防护措施

#### 1、释放器固有防护措施

同位素释放器由供电电路板、同位素仓、导流活塞等组成，材料为不锈钢。用途：携带核素示踪剂下井。本项目拟使用的释放器长度约 73cm，放射性同位素位于释放

器的同位素仓内。释放器结构见图 10-4，本项目使用释放器见图 10-5。

## 2、辐射安全防护设施设备

(1) 塔里木分公司已为测井队工作人员配备铅衣、铅手套，拟配备个人剂量计等辐射安全个人防护用品。

(2) 塔里木分公司拟为测井队配备 X- $\gamma$  剂量率检测仪、表面沾污仪用于测井现场辐射剂量检测。

### 10.1.3.3 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，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核”、“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案”等。

#### 1、放射性同位素测井过程中应采取的辐射安全管理措施

(1) 非密封放射性物质放射性测井现场应设置控制区，原则上要求测井现场控制区边界的周围剂量当量率不应超过 2.5 $\mu$ Sv/h。测井现场进行分区管理，以井口操作区为中心，周围 5m 范围内设置为作业控制区，边界设置警戒线，并设置电离辐射警告标志，专人警戒，除测井工作人员外其他无关人员严禁入内。以控制区边界外至井场围墙（若无围墙可取以井口为中心周围 50m 范围为边界）内区域划定为监督区。

(2) 由专人负责放射性同位素台账的管理工作。

(3) 禁止在放射性工作场所吃、喝和吸烟，以避免食入、吸入  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  造成内照射。

(4) 本项目测井中释放放射性同位素采用井下释放方式，根据测井需要将装有放射性同位素的释放器随同测井仪一起送入井下 200m~3000m 深度处，由井上控制在井下释放放射性同位素；禁止使用直接向井口倾倒示踪剂的方法。

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

(6) 测井作业人员在测井安装释放器时，佩戴口罩，站在上风向进行操作，避免吸入  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  造成内照射。

(7) 释放器出井后应置于密封袋中，带回同位素库进行清洗回收处理。

(8) 未用或剩余放射性示踪剂（或连同释放器）以及放射性废物带回同位素库进行处置。

(9) 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进行测井。

(10) 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。

(11) 现场测井操作人员，必须穿戴符合要求的铅服、口罩和手套等个人防护用品，并要做到统一保管和处理。

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

## 2、其他辐射环境管理措施

(1) 塔里木分公司为保证放射性测井辐射防护措施的落实和放射性同位素操作的安全，保证操作人员的辐射剂量满足个人剂量限值的要求，已按照国家标准和法律法规的要求，建立健全相关辐射安全管理制度及《放射性事故应急处理预案》。

(2) 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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），塔里木分公司拟组织新从事辐射活动的人员，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后方可上岗。

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

(4) 放射性工作人员上岗前应先进行身体检查，体检合格后方能上岗，上岗后要根据国家标准的相关规定定期体检，建立健康档案。

(5) 公司应为放射性工作人员配备个人剂量计，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测 1 次，做到定期送检，专人专戴，建立个人剂量档案。

(6) 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。

塔里木分公司在采取以上措施后，可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）和《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）的相关要求。

## 10.2 三废的治理

### 10.2.1 废气

本项目  $^{131}\text{Ba}$  或  $^{131}\text{I}$  的开瓶、分装操作均在轮台项目部同位素库的通风橱内进行，通风橱内可保持负压，通风橱操作口半开时，操作口处风速大于 1 m/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。

操作锡铟发生器用于生产  $^{113\text{m}}\text{In}$  的过程位于测井现场，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。

同位素库内东侧设置有排风设备，确保气流方向从低活性区至高活性区，排风管道出口高出同位素库，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。

$^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  衰变主要产生 $\gamma$ 射线电离空气产生少量  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ 。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。

### 10.2.2 放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要来自放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$  测井现场用的废手套、口罩和使用过的同位素分装瓶和废旧锡铟发生器。

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。每口井约产生 0.1kg 的放射性固体废物，本项目累计年最大测井工作量为 400 口，全年最多产生固体放射性废物约 40kg。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、棉纱等带回轮台项目部同位素库进行处置，可以实现放射性固体废物的有效处理。同位素库内设置有三个废物回收箱（每个尺寸为 435mm\*435mm\*505mm）和两个废物回收桶（每个尺寸为  $\phi 315\text{mm}*610\text{mm}$ ），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 个半衰期后当

做一般固体废物进行处置。

同位素分装瓶（空）和废旧锡钢发生器统一暂存在同位素库内，后续均有供货厂商回收处置。

### 10.2.3 放射性废水

本项目测井产生空释放器带回轮台项目部同位素库进行清洗处理，每次清洗约产生 10L 废水，本项目累计年最大测井工作量为 400 口，则产生放射性废液约 4000L。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。考虑到通风橱的清洗（1 年 4 次，每次 10L）和同位素库的清洗（1 年 4 次，每次 20L），全年共产生放射性废液约 5200L（即 5.2m<sup>3</sup>）。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 7800L（即 7.8m<sup>3</sup>）。

本项目共设置有三个衰变池和一个蒸发池，单个衰变池规格为 2100mm\*1000mm\*1900mm，单个衰变池的有效容积 3.8m<sup>3</sup>，三个衰变池总容积 11.4m<sup>3</sup>，根据半衰期最长的核素 <sup>131</sup>Ba（11.5d）估算，本项目衰变池容积完全满足衰变时间最长的核素 <sup>131</sup>Ba 十个半衰期（115 天）后排放的要求。因此本项目衰变池设计合理。

除此之外，本项目还配备有一个蒸发池，其规格为 3000mm\*4000mm\*1400mm，蒸发池的面积为 12m<sup>2</sup>，容积为 16.8m<sup>3</sup>。

衰变池十个半衰期排水量约为 2.6m<sup>3</sup>，淋浴用水月排水量约为 0.2m<sup>3</sup>，十个半衰期淋浴用水量为 0.8m<sup>3</sup>，合计排水量 3.6m<sup>3</sup>，考虑到其他特殊情况影响，引入安全系数取 1.5，蒸发池合计安全贮存量为 5.4m<sup>3</sup>。

根据库尔勒属暖温带大陆性干旱气候，总日照数 2990 小时，无霜期平均 210 天，年平均气温 11.4℃，最低为 -28℃，年平均降水量 58.6 毫米，年最大蒸发为 2788.2 毫米，主导风向东北风，因此月平均净蒸发量为 227 毫米，本项目蒸发池表面积为 12m<sup>2</sup>，则该蒸发池月蒸发量为 2.7m<sup>3</sup> 水量，考虑到其他特殊情况影响，引入安全系数取 1.2，十个半衰期安全蒸发量为 8m<sup>3</sup>，安全蒸发量大于安全排水量 5.4m<sup>3</sup>，因此本项目蒸发池设计合理。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目配套用于贮存、分装的集装箱式非密封放射性同位素库和三级衰变池（含蒸发池）已于 2019 年 5 月履行了相关环评手续，编制了《中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素测井项目环境影响报告表》，取得了新疆生态环境厅《关于中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性测井项目环境影响报告表的批复》（新环审[2019]124 号），并于同年 11 月建设完成。

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

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 放射性同位素的分装、储存与运输环境影响分析

塔里木分公司计划在塔里木盆地塔里木油田勘探区块开展放射性同位素示踪测井作业，每天测井最大工作量为 2 口，年累计测井最大工作量不超过 400 口，根据该公司年测井的任务情况，分别按最大投放量计， $^{131}\text{Ba}$  累计年最大用量不超过  $2.368 \times 10^{10}\text{Bq}(640\text{mCi})$ ， $^{131}\text{I}$  累计年最大用量不超过  $1.48 \times 10^{10}\text{Bq}(400\text{mCi})$ ， $^{113\text{m}}\text{In}$  累计年最大用量不超过  $2.96 \times 10^{10}\text{Bq}(800\text{mCi})$ 。

#### 1、放射性同位素的储存

塔里木分公司按照测井任务，按需从同位素供应厂家购买放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ （微球）、 $^{131}\text{I}$ （液体）或锡铟发生器（固体），贮存在轮台项目部同位素库中非密封放射源贮存箱中。

#### 2、放射性同位素的分装

放射性核素  $^{131}\text{Ba}$ （微球）、 $^{131}\text{I}$ （液体）的分装在同位素库内的分装通风箱内进行；放射性核素  $^{113\text{m}}\text{In}$ （液体）的分装是在测井现场对锡铟发生器进行淋洗操作而获得。

#### 3、放射性同位素的运输

放射性核素  $^{131}\text{Ba}$ （微球）、 $^{131}\text{I}$ （液体）在同位素库内的分装通风箱内分装完成后装入释放器内，释放器装入释放器防护套筒，再将含释放器的释放器防护套筒放置在运输车辆左后方的铅运输箱内，运往测井现场。

而锡铟发生器则直接由同位素库中非密封放射源贮存箱取出后，放置在运输车辆

左后方的铅运输箱内，运往测井现场。

塔里木分公司配备的运输车辆为测井车兼用。测井车右后方加装有铅防护运输铅箱，含  $^{131}\text{Ba}$  或  $^{131}\text{I}$  的释放器或锡铟发生器均存放在此进行运输。

### 11.2.2 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）。塔里木分公司在塔里木盆地塔里木油田勘探区块开展放射性同位素示踪测井，根据油田区块的层系划分，塔里木盆地已开发油气田 30 个，主要分布在塔北隆起、塔中隆起、库车坳陷和西南坳陷，形成了轮南、东河-牙哈-英买力、塔中、库车及塔西南五个油气田群，纵向上有 12 套含油层系自下而上分别是震旦、寒武、奥陶、志留、石炭、泥盆、三叠、侏罗、白垩、古近系、新近系、第四系。测井位置位于井下 4000m~6000m 深度。

整个非密封放射性同位素测井过程的产污工艺流程包括：同位素的分装、释放器搬运、释放器安装、释放器下井以及释放器拆卸。

#### 1、同位素的分装、释放器搬运、安装、下井和拆卸过程辐射环境影响分析

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

测井过程剂量当量率水平预测根据《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰著）， $\gamma$  放射源裸源状态的剂量当量指数率按下式进行计算：

$\gamma$  射线：距点源其他距离处的  $\gamma$  有效剂量率可按照以下公式计算：

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

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

$$H = \sum W_R \dot{D} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

式中： $\dot{X}_r$ ——距放射源  $r$  m 处的照射量率，R/h；

$\dot{X}_1$ ——距放射源 1m 处的照射量率，R/h；

对于  $^{131}\text{I}$ 、 $^{131}\text{Ba}$  和  $^{113m}\text{In}$  均为放射  $\gamma$  源， $\dot{X}_1 = A\tau$ ，其中  $A$  为放射源的放射性活度（Ci）， $\tau$  为放射性核素的照射量率常数。由《辐射防护手册》（第一分册辐射源与屏

蔽)中表 1.11 查得:

$^{131}\text{Ba}$  照射量率常数取  $0.229\text{R} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{Ci}$ ,  $^{131}\text{I}$  照射量率常数取  $0.22\text{R} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{Ci}$ ,  
 $^{113\text{m}}\text{In}$  照射量率常数取  $0.14\text{R} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{Ci}$ 。

$r$ ——计算点与源的距离, m;

$\dot{D}$ —— $\gamma$  辐射空气吸收剂量率, Gy/h。

$\sum W_R$ ——辐射权重因子,  $\gamma$  射线取为 1;

$H$ —— $\gamma$  辐射剂量当量率, Sv/h。

由此计算的放射源裸露状态下, 放射源周围的辐射剂量水平见表 11-1。

表 11-1 裸源情况下不同距离处的  $\gamma$  辐射剂量率当量率估算

距离	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
	$^{131}\text{Ba}$ (1.6mCi)	$^{131}\text{I}$ (1mCi)	$^{113\text{m}}\text{In}$ (20mCi)
0.05m	1279.4688	768.2400	9777.6000
0.1m	319.8672	192.0600	2444.4000
0.5m	12.7947	7.6824	97.7760
<b>0.7m</b>	<b>6.5280</b>	<b>3.9196</b>	<b>49.8857</b>
<b>0.876m</b>	4.1683	<b>2.5000</b>	31.8540
1m	3.1987	1.9206	24.4440
<b>1.131m</b>	<b>2.5000</b>	1.5015	19.1094
1.5m	1.4216	0.8536	10.8640
2m	0.7997	0.4802	6.1110
3m	0.3554	0.2134	2.7160
<b>3.127m</b>	0.3287	0.1972	<b>2.5003</b>
4m	0.1999	0.1200	1.5278
5m	0.1279	0.0768	0.9778
10m	0.0320	0.0192	0.2444
15m	0.0142	0.0085	0.1086
20m	0.0080	0.0048	0.0611
25m	0.0051	0.0031	0.0391
30m	0.0036	0.0021	0.0272
35m	0.0026	0.0016	0.0200
40m	0.0020	0.0012	0.0153
45m	0.0016	0.0009	0.0121
50m	0.0013	0.0008	0.0098

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 11-1 可见, 测井过程中距离 1.6mCi  $^{131}\text{Ba}$  放射源 0.7m 处的辐射剂量当量率为  $6.5280\mu\text{Sv/h}$ ;



距离 1mCi  $^{131}\text{I}$  放射源 0.7m 处辐射剂量当量率为 3.9196 $\mu\text{Sv/h}$ ，距离 20mCi  $^{113\text{m}}\text{In}$  放射源 0.7m 处辐射剂量当量率为 49.8857 $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据表 11-1 的计算结果，当距 1.6mCi  $^{131}\text{Ba}$  放射源处的辐射剂量当量率达到 2.50 $\mu\text{Sv/h}$  时的距离为 1.131m；距 1mCi  $^{131}\text{I}$  放射源处的辐射剂量当量率达到 2.50 $\mu\text{Sv/h}$  时的距离为 0.876m；距 20mCi  $^{113\text{m}}\text{In}$  放射源处的辐射剂量当量率达到 2.50 $\mu\text{Sv/h}$  时的距离为 3.127m。

为方便管理并考虑测井操作实际，本次评价将井口操作区为中心周围 5m 范围内划定为控制区；以井场围墙（若无围墙可取以井口为中心周围 50m 范围）为边界，控制边界外井场围墙内划定为监督区；若井场场地受限，测井队可根据井场平面布置情况调整控制区和监督区边界；原则上要求控制区边界周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，以满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中相关要求。

### 11.2.3 个人年附加有效剂量估算

由于释放器拆卸过程中，放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  已在井下完成释放，对外环境影响很小，因此整个测井过程产生辐射影响的主要环节是：同位素的分装（淋洗）、释放器在搬运、安装和下井过程中放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  衰变主要产生的  $\gamma$  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，同位素分装（锡铟发生器淋洗）至释放器内，用时约 3min；操作人员搬运释放器到井口，用时约 3min；将释放器安装到测井仪器及测井完毕拆卸释放器用时均需约 3min，仪器下井(包括下放与上提)过程中，非密封放射源距离测井工作人员距离随时间推移增大，主要考虑释放器距井口深度 10m 范围内对井口产生辐射影响，本次评价下井时间按 2min 计。操作时工作人员穿戴专用工作服、外套铅衣并佩戴口罩等防护用品。

#### 1、职业人员年附加有效剂量分析

##### (1) 估算模式

在整个测井过程中，分装（淋洗）、安装、拆卸释放器时，操作人员均穿着铅衣进行操作，铅衣的厚度为 0.5mm。由《辐射防护手册》（第三分册 辐射安全）中表 2.12 可知， $^{131}\text{Ba}$  发出的  $\gamma$  射线的主要能量最大值为 496.3keV，本次评价  $\gamma$  射线的能量取 500keV，对  $^{131}\text{Ba}$   $\gamma$  射线铅的半值层厚度约为 5.6mm； $^{131}\text{I}$  发出的  $\gamma$  射线的主要射线能量值为 364.5keV，本次评价  $\gamma$  射线的能量按 200keV 与 500keV 对应铅的半值层厚度进行插值法计算，则对  $^{131}\text{I}$   $\gamma$  射线铅的半值层厚度约为 3.9mm； $^{113\text{m}}\text{In}$  发出的  $\gamma$  射线的主

要能量最大值为 392.7keV，本次评价  $\gamma$  射线的能量取 400keV，对  $^{113m}\text{In}$   $\gamma$  射线铅的半值层厚度约为 4.7mm。

①  $\gamma$  辐射剂量当量率估算公式

$\gamma$

$$H = \sum W_R \dot{D} \dots \dots \dots \text{ (式 11-3)}$$

$$D = \dot{D} \times K^{-1} = \dot{D} \times 2^{-\frac{dp}{HVT}} \dots \dots \text{ (式 11-4)}$$

式中：

$dp$ —屏蔽层厚度，mm；

HVT—半值层厚度，mm；

$\dot{D}$ — $\gamma$  辐射空气吸收剂量率，Gy/h；

$\sum W_R$ —辐射权重因子， $\gamma$  射线取为 1；

$H$ — $\gamma$  辐射剂量当量率，Sv/h。

②年附加有效剂量估算公式

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

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

式中：

$H_\gamma$ — $\gamma$  辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

$D_\gamma$ — $\gamma$  辐射剂量率，nGy/h；

$T$ —一年工作时间，h；

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

(2) 估算结果

塔里木分公司在塔里木盆地塔里木油田勘探区块开展放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  测井，企业年累计测井最大工作量不超过 400 口，鉴于三种放射性同位素使用情况的不确定性， $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  累计测井年最大工作量均有可能达到 400 口/年，故本次评价以最不利情况考虑， $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  累计测井年最大工作量为 400 口/年时，估算职业人员年附加有效剂量。根据表 11-1 预测结果，使用放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$

或  $^{113m}\text{In}$  测井过程中职业人员受照射剂量见表 11-2。

表11-2 测井过程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 ( $\text{mSv/a}$ )	
$\text{Ba-131}$	分装	180	400	20	6.136	0.123	0.573
	释放器搬运	180	400	20	6.136	0.123	
	释放器装卸	360	400	40	6.136	0.245	
	释放器下井	120	400	13.3	6.136	0.082	
$\text{I-131}$	分装	180	400	20	3.586	0.072	0.335
	释放器搬运	180	400	20	3.586	0.072	
	释放器装卸	360	400	40	3.586	0.143	
	释放器下井	120	400	13.3	3.586	0.048	
$\text{In-113m}$	淋洗	180	400	20	46.34	0.927	4.325
	释放器搬运	180	400	20	46.34	0.927	
	释放器装卸	360	400	40	46.34	1.854	
	释放器下井	120	400	13.3	46.34	0.618	

注：①测井用非密封放射源在搬运和装卸过程中，在释放器的同位素仓中暂存，根据厂家提供资料，本项目拟使用的释放器长度约 73cm，本次评价均以距非密封放射源 0.7m（放射源裸露状态）来确定剂量率；②释放器下井过程中，非密封放射源距离测井工作人员距离随时间推移增大，本次评价按最不利情况均取 0.7m 处核算剂量率；③测井时，放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  不同时使用，同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  示踪测井最大工作量均有可能达到 400 口/年。④操作人员居留位置剂量当量率在表 11-1 计算的该位置的辐射剂量率的基础上，考虑操作人员铅衣的防护作用，利用公式 11-4 和公式 11-5 计算得到。⑤释放器下井考虑释放器下放及上提整个井下测井过程。

本项目使用的释放器中放射性同位素的量较少，活度较小，测井队拟配备 6~7 人，单次测井辐射操作人员 2 人。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  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  不同时使用，同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  示踪测井累计最大工作量为 400 口/年，根据辐射剂量估算结果，职业人员在使用同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113m}\text{In}$  示踪测井时年附加有效剂量分别为 0.573mSv、0.335mSv 和 4.325mSv。可见，职业人员在使用同位素测井过程中，所接受的年附加有效剂量最大值为 4.325mSv。低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本次环评提出的年剂量约束值（5mSv）的要求。

## 2、公众年附加有效剂量分析

塔里木分公司测井过程中在井口操作区周围 5m 范围内划定为控制区，控制区四周设置电离辐射警告标志，设警戒线并配专人巡视；以井场围墙（若无围墙可取以井口为中心周围 50m 范围）为边界，控制边界外井场围墙内划定为监督区。放射性同位素

$^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  测井过程中，现场可能会有其他工作人员驻留，根据表 11-1 预测结果，在控制区边界处辐射剂量率分别为  $0.1279\mu\text{Sv/h}$ 、 $0.0768\mu\text{Sv/h}$  和  $0.9778\mu\text{Sv/h}$ ，测井队其他工作人员接受的年附加有效剂量最大值为  $0.036\text{mSv}$ ；根据表 11-1，距非密封放射源（放射源裸露状态）50m 处辐射剂量率分别为  $0.0013\mu\text{Sv/h}$ 、 $0.0008\mu\text{Sv/h}$  和  $0.0098\mu\text{Sv/h}$ ，以最不利情况考虑，可估算出本项目在使用同位素测井过程中，其他公众人员所接受的年附加有效剂量最大值为  $3.59\times 10^{-4}\text{mSv}$ 。本项目公众人员年附加有效剂量均低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的限值要求和本次环评提出的年剂量约束值（ $0.1\text{mSv}$ ）。

#### 11.2.4 放射性同位素测井对地下水环境影响分析

在一个油田开发到后期时，需钻一批注水井，通过注水井给井下油层注水，维持油层压力使油井产量保持稳定。为了了解注水井注水地层状况，就需要进行测吸水剖面。目前，吸水剖面主要用放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ （微球）、 $^{131}\text{I}$ （液体）或  $^{113\text{m}}\text{In}$ （液体）作为示踪剂进行注水剖面测井，以得到地层吸水剖面的有关参数，为石油生产提供技术资料。本项目采用示踪剂井下释放器的方式，测井所用的放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ （微球）、 $^{131}\text{I}$ （液体）或  $^{113\text{m}}\text{In}$ （液体）为一次性消耗源。

##### 1、对地下水的累积影响

非密封放射源测井每次测井释放量较小（ $^{131}\text{Ba}$  约  $5.92\times 10^7\text{Bq}$ ， $^{131}\text{I}$  约  $3.7\times 10^7\text{Bq}$ ， $^{113\text{m}}\text{In}$  约  $7.4\times 10^8\text{Bq}$ ），半衰期短（ $^{131}\text{Ba}$  半衰期为 11.50d； $^{131}\text{I}$  半衰期为 8.04d， $^{113\text{m}}\text{In}$  半衰期为 99.8min），10 个半衰期后， $^{131}\text{Ba}$  活度仅剩余  $5.78\times 10^4\text{Bq}$ ， $^{131}\text{I}$  活度仅剩余  $3.61\times 10^4\text{Bq}$ ， $^{113\text{m}}\text{In}$  活度仅剩余  $7.24\times 10^5\text{Bq}$ ，基本不存在累积影响。注水井主要分布在戈壁荒漠，其分布较为分散；各油区油层开采层位不尽相同，其配套建设的注水井深度也不同，不存在多个注水井内放射性核素叠加影响。

##### 2、对浅层地下水的影响

塔里木盆地已开发油气田 30 个，主要分布在塔北隆起、塔中隆起、库车坳陷和西南坳陷，形成了轮南、东河-牙哈-英买力、塔中、库车及塔西南五个油气田群，纵向上有 12 套含油层系自下而上分别是震旦、寒武、奥陶、志留、石炭、泥盆、三叠、侏罗、白垩、古近系、新近系、第四系。含油气层系多，分布相对集中，油气藏埋藏深度大，以深层、超深层油气藏为主，油藏一般属于正常温度、压力系统，气藏多属于异常高压系统。原油性质较好，地层水矿化度高，气藏流体性质复杂，局部含硫，组分变化

范围宽，凝析油含蜡量高。油井和注水井均采用套管形式，且多为纵管井；在进行放射性同位素测井过程中，释放器由套管内下放至井下 4000m~6000m 深度采集数据，不存在放射性同位素撒漏对浅层地下水造成不良影响的情况。

可见，非密封放射源测井基本不会对地下水环境产生污染。

## 11.3“三废”影响分析

### 11.3.1 放射性废物影响分析

放射性废物主要为测井过程中的废手套、口罩、棉纱等放射性废物以及使用后的空分装瓶、报废的锡铟发生器。

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。每口井约产生 0.1kg 的放射性固体废物，本项目累计年最大测井工作量为 400 口，全年最多产生固体放射性废物约 40kg。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、棉纱等带回轮台项目部同位素库进行处置，可以实现放射性固体废物的有效处理。同位素库内设置有三个废物回收箱（每个尺寸为 435mm\*435mm\*505mm）和两个废物回收桶（每个尺寸为  $\phi$  315mm\*610mm），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 个半衰期后当做一般固体废物进行处置。

同位素分装瓶（空）和废旧锡铟发生器统一暂存在同位素库内，后续均有供货厂商回收处置。

### 11.3.2 废气环境影响分析

本项目  $^{131}\text{Ba}$  或  $^{131}\text{I}$  的开瓶、分装操作均在轮台项目部同位素库的通风橱内进行，通风橱内可保持负压，通风橱操作口半开时，操作口处风速大于 1 m/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。

操作锡铟发生器用于生产  $^{113\text{m}}\text{In}$  的过程位于测井现场，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。

同位素库内东侧设置有排风设备，确保气流方向从低活性区至高活性区，排风管道出口高出同位素库，并在排气口处设置有过滤装置（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。

$^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  衰变主要产生 $\gamma$ 射线电离空气产生少量  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ 。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。

### 11.3.3 放射性废水环境影响分析

本项目测井产生空释放器带回轮台项目部同位素库进行清洗处理，每次清洗约产生 10L 废水，本项目累计年最大测井工作量为 400 口，则产生放射性废液约 4000L。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。考虑到通风橱的清洗（1 年 4 次，每次 10L）和同位素库的清洗（1 年 4 次，每次 20L），全年共产生放射性废液约 5200L（即  $5.2\text{m}^3$ ）。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 7800L（即  $7.8\text{m}^3$ ）。

本项目共设置有三个衰变池和一个蒸发池，单个衰变池规格为  $2100\text{mm} \times 1000\text{mm} \times 1900\text{mm}$ ，单个衰变池的有效容积  $3.8\text{m}^3$ ，三个衰变池总容积  $11.4\text{m}^3$ ，根据半衰期最长的核素  $^{131}\text{Ba}$ （11.5d）估算，本项目衰变池容积完全满足衰变时间最长的核素  $^{131}\text{Ba}$  十个半衰期（115 天）后排放的要求。因此本项目衰变池设计合理。

除此之外，本项目还配备有一个蒸发池，其规格为  $3000\text{mm} \times 4000\text{mm} \times 1400\text{mm}$ ，蒸发池的面积为  $12\text{m}^2$ ，容积为  $16.8\text{m}^3$ 。

衰变池十个半衰期排水量约为  $2.6\text{m}^3$ ，淋浴用水月排水量约为  $0.2\text{m}^3$ ，十个半衰期淋浴用水量为  $0.8\text{m}^3$ ，合计排水量  $3.6\text{m}^3$ ，考虑到其他特殊情况影响，引入安全系数取 1.5，蒸发池合计安全贮存量为  $5.4\text{m}^3$ 。

根据轮台属暖温带大陆性干旱气候，总日照数 2990 小时，无霜期平均 210 天，年平均气温  $11.4^\circ\text{C}$ ，最低为  $-16^\circ\text{C}$ ，年平均降水量 58.6 毫米，年最大蒸发为 2788.2 毫米，主导风向东北风，因此月平均净蒸发量为 227 毫米，本项目蒸发池表面积为  $12\text{m}^2$ ，则该蒸发池月蒸发量为  $2.7\text{m}^3$  水量，考虑到其他特殊情况影响，引入安全系数取 1.2，十个半衰期安全蒸发量为  $8\text{m}^3$ ，安全蒸发量大于安全排水量  $5.4\text{m}^3$ ，因此本项目蒸发池设计合理。

## 11.4 事故影响分析

### 11.4.1 事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）第四十

条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-3。

**表11-3辐射事故等级划分表**

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

### 11.4.2 辐射事故识别

本项目的主要环境风险因子为  $\gamma$  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  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  发生事故的主要类型为：

- 1、同位素库内的  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  铅罐或锡铟发生器发生丢失被盗事故；
- 2、在分装箱分装放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  过程中的撒漏事故；
- 3、在现场使用锡铟发生器进行淋洗  $^{113\text{m}}\text{In}$  过程中的撒漏事故；
- 4、装有同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  的释放器丢失事故，导致公众超剂量照射；
- 5、装有放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  的释放器在操作过程中的撒漏事故；
- 6、含有放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  的井水由井口回喷，污染井场环境事故。
- 7、测井作业人员在整个测井过程中，吸入  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  造成内照射事故。

由于单次测井放射性同位素用量最大为 20mCi，发生以上事故时，可能导致职业人员或公众超剂量照射，属于一般辐射事故。

### 11.4.3 辐射事故影响分析

- 1、同位素库内的  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  铅罐或锡铟发生器丢失事故影响分析

由于公众对于放射源认识不足，可能存在临时贮存  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  铅罐或锡铟发生器被拾取或偷盗后，铅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《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰著）， $\gamma$  放射源裸源状态的剂量当

量指数率按以下方式进行计算：

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

表11-4 裸源情况下不同距离处的  $\gamma$  辐射剂量率估算单位:mSv/h

距离/源强	0.05m	0.1m	0.5m	1m	1.5m	2m	3m	4m	5m
$^{131}\text{Ba}$ (50mCi)	39.98	9.997	0.400	0.100	0.0438	0.025	0.0125	0.0063	0.0031
$^{131}\text{I}$ (50mCi)	38.41	9.605	0.385	0.095	0.045	0.025	0.010	0.005	0.005

注：根据厂家提供的资料，锡铯发生器整体由一铅罐屏蔽，外表面可达到本底水平，故未进行计算。

距放射源 5cm 处， $^{131}\text{Ba}$  和  $^{131}\text{I}$  最大辐射剂量率为 39.98mSv/h 和 38.41mSv/h，经计算如果  $^{131}\text{Ba}$  和  $^{131}\text{I}$  裸露事故持续发生 0.025h (1.50min) 和 0.026h (1.56min)，将造成公众受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中“实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值：a) 年有效剂量，1mSv”规定的剂量限值。

## 2、释放器丢失事故影响分析

测井的放射性同位素源属于非密封放射性物质，测井用非密封放射性物质暂存于释放器的防护舱内，但由于其开放型的特性和野外作业等诸多因素，可能存在保管不善，发生释放器丢失、被盗，造成公众超剂量辐射事故。根据《油气田测井放射防护要求》(GBZ 118-2020) 中：“距非密封放射性物质防护容器外表面 5cm 处的周围剂量当量率不应超过 25 $\mu\text{Sv/h}$ ”。

## 3、释放器丢失后裸源事故影响分析

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

根据《辐射防护导论》(原子能出版社，方杰著)， $\gamma$  放射源裸源状态的剂量当量指数率按以下方式进行计算：

$\gamma$  射线：距点源其他距离处的  $\gamma$  有效剂量率可按照公式 11-1~11-3 计算。由此计算的放射源裸露状态下，放射源周围的剂量水平见表 11-5。

表11-5 裸源情况下不同距离处的  $\gamma$  辐射剂量率估算 单位:mSv/h

距离/源强	0.05m	0.1m	0.5m	1m	1.5m	2m	3m	4m	5m
$^{131}\text{Ba}$ (1.6mCi)	1.2795	0.3199	0.0128	0.0032	0.0014	0.0008	0.0004	0.0002	0.0001
$^{131}\text{I}$ (1mCi)	0.7682	0.1921	0.0077	0.0019	0.0009	0.0005	0.0002	0.0001	0.0001
$^{113\text{m}}\text{In}$ (20mCi)	9.7776	2.4444	0.0978	0.0244	0.0109	0.0061	0.0027	0.0015	0.0010

距放射源 5cm 处， $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  最大辐射剂量率为 1.2795mSv/h、0.7682mSv/h



和 9.7776mSv/h, 经计算如果  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  裸露事故持续发生 0.78h、1.30h 和 0.11h, 将造成公众受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中“实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值: a) 年有效剂量, 1mSv”规定的剂量限值。

#### 4、释放器操作过程撒漏或井口回喷事故影响分析

测井过程中, 由于释放器操作人员未按操作规程开展工作, 导致放射性同位素撒漏造成工作场所地面、仪器设备等受同位素粉末污染; 由于井口封堵不严或井管压力过大导致含放射性同位素的井水回喷事故, 造成工作场所大面积受污染。根据表 11-5 计算结果, 距放射源 5cm 处 (裸源状态下),  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  最大辐射剂量率为 1.2795mSv/h、0.7682mSv/h 和 9.7776mSv/h, 经计算如果  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  撒漏等事故持续发生 39.08h、65.09h 和 5.11h, 将造成工作人员受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中“应对任何工作人员的照射水平进行控制, 使之不超过下述限值: 任何一年中的有效剂量, 50mSv”规定剂量限值。

#### 11.4.4 风险防范措施

由于放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  测井存在发生事故的风险, 所以必须制定相应的风险防范措施。

(1) 公司应制定严格的释放器 (含  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和锡铟发生器) 管理制度, 加强同位素的管理, 应及时进行接收登记, 尤其是释放器运抵测井现场后, 安排专人看管, 防止释放器处于无人监控的状态。

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

(4) 制定并严格执行放射性同位素测井安全操作规程, 防止事故发生。

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

#### 11.4.5 风险应急措施

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

#### 1、处理原则

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

#### 2、应急处理措施

##### (1) 放射性同位素洒漏应急处理措施

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

②对井场周围进行 $\gamma$ 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清污人员对源撒漏现场进行必要的清污处置后，脱去表面污染的衣物置于衰变罐内，方可离开；

⑤污染区经去污后，经监测达到清洁解控水平后，方可开放；

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

##### (2) 含放射性同位素的井水由井口回喷事故应急处理措施

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

②对于小范围污染，可采取人工铲除地表污染土壤的办法清除。

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

表 12 辐射安全管理

## 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，塔里木分公司已经成立了辐射防护管理机构（见附件七），明确了辐射安全管理领导小组职责及各相关责任人职责，并且给出了相关小组成员的联系方式。辐射安全管理领导小组的主要任务是确保探伤机的使用安全，避免或减少辐射事故的发生，统筹辐射安全实践安全管理。

#### 1、辐射安全与防护管理领导小组职责如下：

（1）负责人为本单位辐射防护管理的第一责任人，本单位负责人授权辐射防护管理领导小组组长代表负责人全面负责辐射防护管理工作，承担分管领导责任；

（2）负责对放射源和射线装置安全防护工作和环境保护工作实施统一监督管理；

（3）负责辐射防护管理队伍的建设；

（4）负责指导各小组成员及相应管理者实施辐射防护的日常监督管理；

（5）组织制定并实施辐射事故应急预案；配合上级部门开展辐射事故的应急响应、调查处理和定级定性工作。

#### 2、管理机构负责人职责

（1）认真宣传贯彻放射防护法规、标准，组织培训放射工作人员。

（2）组织或实施放射工作场所日常巡测、个人剂量监测和改进防护设施。

（3）对从事同位素测井人员进行专业技术和放射防护教育，并定期考核。

（4）组织实施放射工作人员的健康检查和医学监护。

（5）协助上级主管部门调查和处理放射事故。

#### 3、测井队长岗位职责

（1）负责设备的安全管理，组织设备安全检查，对查出的隐患问题落实整改；及时制止、纠正、处罚现场作业不安全行为。

(2) 负责本队安全检查工作，每周组织一次全面安全检查，并及时落实隐患整改措施。

(3) 负责制订、修订本队有关安全生产管理制度，并检查执行情况。

(4) 负责编制本队安全技术、措施计划和隐患整改方案，及时上报和检查落实。

(5) 做好职工的安全思想、安全技术教育工作，负责新工人入队和上岗前的安全培训教育。

(6) 负责安排并检查本队安全活动，经常组织练兵活动。

(7) 按照安全技术规范、标准的要求，负责本队井控装备、灭火器材、防护和急救器具的管理；提出改进意见和建议。

(8) 参加本队事故的调查处理，负责统计分析，按时上报。

(9) 健全完善安全管理基础资料，做到齐全、准确、规格化。

(10) 发生事故时组织抢险和保护现场，按规定及时上报事故，配合调查处理。

### **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。

塔里木分公司拟为本项目调配原辐射测井工作人员中的 8 名，该 8 名辐射工作人员均已通过辐射防护培训考核。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。

在项目运行过程中，公司应加强源库管理人员和同位素测井等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，塔里木分公司制定了相关辐射安全管理规章制度，为保证辐射工作人员和周围公众人员的健康，塔里木分公司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) 根据塔里木分公司提供的资料，目前塔里木分公司的制定的辐射安全管理规章制度有：《辐射安全防护制度》、《放射设备操作规程》、《人员岗位职责》、《辐射人员培训制度》、《设备维护、维修制度》、《辐射工作监测方案》、《移动源库管理规定》和《放射性同位素管理制度》等一系列规章制度，（详情见附件七）。

(2) 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必须有辐射警告标志。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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，塔里木分公司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，塔里木分公司应对本项目的辐射安全和防护进行年度评估。

本项目中国石油集团测井有限公司塔里木分公司已经制定了相对健全的制度，明确了开展核技术利用项目的管理组织及相关职责，规定了现场测井的流程，按要求配置了辐射防护用品，并制订有辐射安全培训和个人剂量监测的制度等。塔里木分公司应在今后工作中，确保各项制度落实的基础上，不断总结经验，根据单位实际情况，对各项制度加以完善补充。

### **12.3 辐射监测**

为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《油

气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）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

按照相关要求塔里木分公司应为每个测井队配备 1 台 X- $\gamma$  剂量率检测仪和 1 台表面沾污仪；为每位放射性工作人员配备有个人剂量报警仪、个人剂量计，配备铅衣等个人防护用品。

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

### 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《油气田测井放射防护要求》（GBZ118-2020）中的相关规定，根据塔里木分公司测井作业特点，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 12-1。

表12-1 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	同位素测井 日常监测	$\gamma$ 剂量率 $\beta$ 表面沾污	同位素库操作前、后的工作场所
			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
			源库管理人员与操作人员交接时 1 次
			现场测井前、后各监测 1 次
			连接释放器监测 1 次
			拆卸释放器监测 1 次
			测井过程中监测 1 次

### 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）中的相关规定，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，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。

塔里木分公司将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 12-2。

表12-2 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	同位素测井 年度监测	$\gamma$ 剂量率 $\beta$ 表面沾污	贮源箱屏蔽效果，源库屏蔽墙外
			放射性核素的容器及其外包装
			同位素库操作前、后的工作场所
			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
			源库管理人员与操作人员交接时 1 次
			运源车内、外各监测 1 次
			现场测井前、后各监测 1 次
			连接释放器监测 1 次
			拆卸释放器监测 1 次
			测井过程中监测 1 次

塔里木分公司将每年的监测情况汇总至公司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

塔里木分公司应定期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（监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并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，并对职业照射个人监测档案终生保存。

塔里木分公司公司按要求对辐射工作人员开展了个人剂量监测，2022 年第一季度的个人剂量检测报告（见附件五）。

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办法》（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，中国石油集团测井有限公司塔里木分公司将为辐射工作人员拟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，塔里木分公司应当一一落实。

## 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 12-3。

本项目总投资 275 万元，环保设施（措施）投资 33.5 万元，占总投资的 12.2%。

表12-3 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	同位素库	1 座	/	已建成
	衰变池	3 个	/	已建成
	蒸发池	1 个	/	已建成
防护安全设施	运输车内铅防护箱	2 个（3mmPb）	5.0	
	释放器防护套管	2 个（3mmPb）	2.0	
	铅衣	2 套（0.5mmPb）	4.0	
	铅帽	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	铅围脖	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	铅眼镜	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	铅手套	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	个人剂量报警仪	2 个	3.5	
	安全警戒线	2 盘	0.5	
	警示标志	若干	1.0	
监测	X-γ剂量率检测仪	2 台	5.0	
	表面沾污仪	2 台	7.0	
	个人剂量计	与人员配套	0.5	
培训	辐射工作人员	辐射安全与防护知识培训/考核	3.0	
合计			33.5	

## 12.5 环保措施竣工环境保护验收

评价项目竣工 3 个月内，中国石油集团测井有限公司塔里木分公司应当按照《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。塔里木分公司应当如实查验、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。塔里木分公司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，塔里木分公司对受委托的技术机构编制的验收监测报告结论负责。塔里木分公司在验收过程中，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，塔里木分公司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 12-4。

表 12-4 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	在同位素库和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、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 2mSv
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《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《放射性同位素管理制度》、《放射性同位素负责人岗位制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《放射性事故应急处理预案》等规章制度
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、放射性废物回收及运输协议

## 12.4 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。

根据上级主管部门的要求，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都提出了要求，详见表 12-5。

**表 12-5 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）	4 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，为了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，塔里木分公司已制定了《中石油测井有限公司应急预案》和《塔里木分公司放射源失控事故专项应急预案》（见附件七），并建立了应急处理机构，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作。

塔里木分公司明确了应急处理领导小组的职责：

- （1）审批公司辐射事故应急预案；
- （2）指挥和协调辐射事故应急组织体系中各部门应急准备和相应行动，指挥辐射事故应急工作小组进行应急工作；
- （3）负责发布辐射事故的信息；

(4) 负责与公安部门和生态环境主管部门等的接口工作，上报辐射事故具体情况；

(5) 负责组织评价辐射事故应急演练，提出改进和意见，并监督和跟踪改进情况。

(6) 负责辐射事故应急保障工作。

(7) 定期组织对射线场所、设备和人员进行放射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报公司领导并落实整改措施；

(8) 发生人员超剂量照射事故时，应启动预案；

(9) 负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

(10) 放射事故中人员受照射时，要通过个人剂量计或其他工具、方法迅速估算受照射人员的受照射剂量；

(11) 组织控制区内人员的撤离工作，记录受照射人员的停留位置和停留时间估算受照射人员的辐射剂量，对可能超标准剂量的，应迅速安置受照人员就医，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

应急能力的保持和保障：

(1) 培训和演习

①培训：对公司所有参与辐射应急事故应急准备的人员进行培训和定期再培训。

②演习：每年举行一次应急演练，应急演练的类型应覆盖全面，以检验、改善和强化应急准备和应急响应能力。

(2) 应急工作保障

辐射事故应急领导小组和辐射事故应急工作小组应当按照职责分工进行应急准备，强化日常工作，为处理核应急事故（时间）提供可靠的保障。

(3) 人员保障

辐射应急事故领导小组和辐射事故应急工作小组应保持一支与应急职责相适应的快速反应的应急队伍。

(4) 物资保障

辐射事故应急小组负责应急装备保障工作，配备必要的个人防护、监测、鉴定、检验等设备、器材，配备必要的交通、通信工具。

(5) 经费保障

辐射事故应急处置工作和日常工作经费由辐射事故应急小组提出经费支出, 预算报财务部审批后执行。应急处置专项资金主要用于突发辐射事故防控准备, 包括预防预警系统的建立、应急技术装备添置、应急救援行动处置、人员培训及日常开支等。

应急电话:

生态环境主管部门: 12369

公安部门: 110

卫生机构: 120

应急处理领导小组: 13809927251

综上, 可以得出塔里木分公司在《塔里木分公司放射源失控事故专项应急预案》中给出了塔里木分公司可能涉及到的事故类型和应急事故处理程序, 在事故工况下可以有效处理事故, 防止事故的进一步扩散, 将事故处理在可控的范围内。中国石油集团测井有限公司塔里木分公司建立的应急处理措施从人员, 物资和经费三个方面保证辐射事故应急措施的良好运行。该制度可满足要求。

表 13 结论与建议

## 13.1 结论

### 13.1.1 项目概况

项目名称：中国石油集团测井有限公司塔里木分公司放射性同位素示踪测井项目（塔里木盆地塔里木油田勘探区块）

建设单位：中国石油集团测井有限公司塔里木分公司

建设性质：新建

建设内容：利用放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  在塔里木盆地塔里木油田勘探区块开展示踪测井活动，每次仅使用一种放射性同位素， $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  不混合使用。企业同位素示踪测井年最大工作量为 400 口，每天最大测井数量为 2 口。根据该公司年测井的任务情况，分别按最大投放量计， $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  日等效最大操作量分别为  $1.18 \times 10^6\text{Bq}$ 、 $7.4 \times 10^6\text{Bq}$  和  $1.48 \times 10^7\text{Bq}$ ， $^{131}\text{Ba}$  累计年最大用量不超过  $2.37 \times 10^{10}\text{Bq}(640\text{mCi})$ ， $^{131}\text{I}$  累计年最大用量不超过  $1.48 \times 10^{10}\text{Bq}(400\text{mCi})$ ， $^{131}\text{I}$  累计年最大用量不超过  $2.96 \times 10^{11}\text{Bq}(2\text{Ci})$ 。本项目放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113\text{m}}\text{In}$  使用的工作场所均属丙级非密封放射性物质工作场所。所用的放射性同位素储存、分装、放射性废物回收等依托公司轮台项目部集装箱式非密封放射性同位素库承担。

本项目总投资 275 万元，其中环保投资 33.5 万元，占总投资 12.2%。

### 13.1.2 实践正当性结论

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司在塔里木盆地塔里木油田勘探区块开展放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  示踪测井，主要用于测量注水井内的注水层位及注水量，为制定采油方案提供科学依据。其所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《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 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，中国石油集团测井有限公司塔里木分公司根据《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）对集装箱式非密封同位素库和测井现场进行了选址分析，通过

对集装箱式非密封同位素库和测井现场的辐射安全设施和措施进行分析，证明放射性同位素示踪测井项目满足《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）等相关标准的要求。

#### 13.1.4 辐射安全管理结论

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，拥有专业的辐射工作人员和安全管理人員，并明确了职责分工，建立了较完善辐射防护和辐射安全管理制度，制定了辐射事故应急预案等。项目开展后，如果有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；辐射工作人员应该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。

#### 13.1.5 环境影响分析结论

##### （1）职业人员年附加有效剂量

本项目使用的放射性同位素的量较少，活度较小，测井队拟配备3~4人，单次测井辐射操作人员2人一组；假设放射性同位素测井过程中，同位素的分装、释放器的搬运、装卸和下井由每组成员中的同一个人完成。根据辐射剂量估算结果，职业人员在使用同位素测井过程中，所承受的年附加有效剂量最大值为4.325mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本次环评提出的年剂量约束值5mSv/a的要求。

##### （2）公众剂量分析

根据辐射剂量估算结果，可估算出本项目在使用同位素测井过程中，公众人员所接受的年附加有效剂量最大值为0.036mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的限值要求和本次环评提出的年剂量约束值0.1mSv/a的要求。

##### （3）对地下水环境影响分析

放射性同位素测井过程中，释放器由套管内下放至井底采集数据，不存在放射性同位素撒漏对浅层地下水造成不良影响的情况； $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$ 或 $^{113\text{m}}\text{In}$ 释放的目的层均为地下200m~3000m含水层，一般不对此含水层进行开采，且每次测井释放量较小，半衰期短，基本不存在累积影响，对地下水环境的影响是可接受的。

#### (4) 放射性废物影响分析

测井作业过程中每年产生的约 48 个空分装瓶和 2 个报废的锡铟发生器统一暂存在同位素库内，后续均有供货厂商回收处置，产生的 40kg 放射性固体废物（手套、口罩、棉纱等）集中暂存在同位素库内，待存放 10 个半衰期后当做一般固体废物进行处置。

#### (5) 废气环境影响分析

本项目  $^{131}\text{Ba}$  或  $^{131}\text{I}$  的开瓶、分装操作均在轮台项目部同位素库的通风橱内进行，通风橱内可保持负压，并在排气口处设置有过滤装置（活性炭），淋洗锡铟发生器用于生产  $^{113\text{m}}\text{In}$  的过程位于测井现场，由于测井地点均为开阔的场所，扩散条件较好，上述产生的放射性废气对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

#### (6) 废水环境影响分析

本项目清洗和淋浴产生的放射性废水集中存在轮台项目部同位素库旁的衰变池和蒸发池内，通过本项目评价的相关资料分析可知，本项目配套的三级衰变池和蒸发池完全满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）中规定的排放要求。

### 13.1.6 环境影响可行性结论

中国石油集团测井有限公司塔里木分公司在塔里木盆地塔里木油田勘探区块开展放射性同位素  $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  或  $^{113\text{m}}\text{In}$  示踪测井，主要用于测量注水井内的注水层位及注水量，为制定采油方案提供科学依据，其带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合辐射防护实践的正当性要求，项目建设的目的是可行的。公司对该项目采取了辐射防护措施，使辐射影响达到了尽可能低的水平。

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

## 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) 为辐射工作人员配备个人剂量计，辐射工作人员均佩戴个人剂量计上岗，并定期送检。

(3) 公司应建立健全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，尤其是加强放射性同位素使用和出、入库的登记记录。

(4) 释放器操作人员应在测井前适当进行演练，以减少操作时间，从而减少受照时间。

(5) 落实对辐射工作人员的培训，对于已取得辐射安全与防护培训合格证的人员，按照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。

### **13.2.2 承诺**

(1) 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。

(2) 定期检查集装箱式非密封放射性同位素库的安全装置和监控设备，定期按照要求检查和维修释放器，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。

(3) 项目建成后，按要求及时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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。



### 辐射污染防治“三同时”措施一览表

类别	环保设施/措施	数量/规格	投资金额（万元）	备注
基础设施	同位素库	1 座	/	已建成
	衰变池	3 个	/	已建成
	蒸发池	1 个	/	已建成
防护安全设施	运输车内铅防护箱	2 个（3mmPb）	5.0	
	释放器防护套管	2 个（3mmPb）	2.0	
	铅衣	2 套（0.5mmPb）	4.0	
	铅帽	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	铅围脖	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	铅眼镜	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	铅手套	2 套（0.5mmPb）	0.5	
	个人剂量报警仪	2 个	3.5	
	安全警戒线	2 盘	0.5	
	警示标志	若干	1.0	
监测	X-γ剂量率检测仪	2 台	5.0	
	表面沾污仪	2 台	7.0	
	个人剂量计	与人员配套	0.5	
培训	辐射工作人员	辐射安全与防护知识培训/考核	3.0	
辐射安全管理	辐射安全管理机构：成立辐射安全管理领导小组 辐射安全管理制度：制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急预案等		--	
	委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。辐射工作人员均要求佩戴个人剂量计。（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。个人剂量档案终生保存）		每年投入	
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。		每年投入	
合计			33.5	