

核技术利用建设项目

新疆智隆优创石油技术服务有限公司新
建使用中子发生器项目环境影响报告表

新疆智隆优创石油技术服务有限公司

2018年6月

核技术利用建设项目

新疆智隆优创石油技术服务有限公司新建使用 中子发生器项目环境影响报告表

建设单位名称：新疆智隆优创石油技术服务有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：龚清洲

通讯地址：新疆阿克苏地区拜城县解放路 51 号资源大厦二楼

邮政编码： 842300

联系人：齐建民

电子邮箱：289005580@qq.com

联系电话：13709957114

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新疆智隆优创石油技术有限公司新建使用中子发生器项目			
建设单位		新疆智隆优创石油技术有限公司			
法人代表	龚清洲	联系人	齐建民	联系电话	13709957114
注册地址		新疆阿克苏地区拜城县解放路 51 号资源大厦二楼			
项目建设地点		新疆库尔勒市开发区康盛路东一巷 26 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	300	项目环保投资(万元)	21	投资比例(环保投资/总投资)	7%
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"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input 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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input 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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位简介</p> <p>新疆智隆优创石油技术有限公司由长江大学和石油大学的知名专家联合创办，主要从事石油勘探开发测井试井及其它工程技术服务。经过公司员工的不懈开拓努力，形成了一套完备的技术创新、组织创新和市场创新机制。公司科研带头人为业内知名教授和专家，享有国家政府补贴。公司一贯秉承“敬业、创新、团结、图强”的企业精神为客户提供优质服务，深受用户好评。</p> <p>公司主要在塔里木油田开展测井、试井技术服务。现有基础员工 10 人，其中高级工</p>				

工程师 1 人，专科以上以上学历 3 人。下设测井队和试井队，装备有综合测井仪器车和工程车共 2 辆，地面系统有哈里伯顿 UNILOG2000 生产测井系统、便携式测井系统以及进口便携式 SONDEX 数控测井系统；主要测井用井下仪器包括 SONDEX 1-7/16"175℃三参数、七参数测井仪、φ26mm 七参数组合测井仪、1-11/16"、1-11/16"、工程测井系列用于套管检测的多臂井径仪 24 臂、36 臂、40 臂、60 臂井径、电磁探伤套管检测、噪声测井仪、井下电视等。试井作业所使用的 SRO-0018 直读电子压力计、RTM 存储电子压力计、DDI 存储电子压力计等其他测井服务所需装备。试井队拥有单桥试井车、拖翘车共 4 部，主要在各作业区开展流温流压、压恢压降及油气井清蜡等技术服务。公司能提供生产测井、试井等方面成套技术服务。2016 年 8 月，我公司在中石化塔河油田 TK201 井成功进行了电磁探伤及 24 臂测试，取得了优质套检资料。

新疆智隆优创石油技术服务有限公司位于新疆阿克苏地区拜城县解放路 51 号资源大厦二楼，地理位置坐标：北纬 41°47'36.38"，东经 81°51'09.35"。本项目库房及项目办公地点在新疆库尔勒市开发区康盛路东一巷 26 号，地理位置示意图见图 1-1，地理位置坐标：北纬 41°40'21.97"，东经 86°13'05.44"。

1.1.2 建设项目概况

新疆智隆优创石油技术服务有限公司拟使用的中子发生器测井仪是把装有氚靶和探测器的下井仪器放入井内，由氚靶发射的快中子按球状向外发射，在穿过井孔介质进入岩层的过程中，高能中子与物质的原子核相互作用而减速、扩散和被吸收其能量不断损失或减弱。利用中子与钻井周围岩石和井内介质作用，研究钻井剖面，寻找有用矿藏及研究油井工程质量的一种矿场地球物理方法。用于测量岩层吸水情况及地层含水饱和度的监测，为油田开发提供准确数据。

本评价项目中拟使用的一套中子发生器测井是利用中子发生器作为脉冲中子源发射 14MeV 快中子对地层进行测量。作业地点为新疆塔里木油田测井井场，其作业场所均为荒漠戈壁，不涉及敏感区域，测井作业场所占地面积每口井约 500m²；测井现场中子发生器贮存于测井车储源箱内，测井车停放在测井现场划定的控制区内，派专人 24 小时现场值班，并在附近明显位置粘贴电离辐射警告标志及警戒线隔离带。测井完成后，中子发生器由专用测井车运输至中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库储存。本项目应用的中子发生器由具备相应资质的供货商负责销售、运输，将中子发生器（含氚靶部分）

运送到暂存库（轮南十三井放射源库），中子发生器其余部分（包括磁性定位器、探测器、传输电路部分）贮存在公司的库房内，本项目库房及办公地点为租用库尔勒开发区大朴石油技术服务有限公司的房屋。

本项目辐射工作人员共 4 人，组成一支生产测井队轮流完成测井作业。

1.1.3 评价目的

（1）通过对中子发生器测井过程中辐射影响进行分析，对测井现场周围环境可能产生的不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽可能低的水平”；

（2）满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为环境保护主管部门对该项目进行辐射环境管理提供科学依据。

1.1.4 任务的由来

新疆智隆优创石油技术服务有限公司为了满足油田测井工作的需要，计划购置一套中子发生器（SWLF-B 型中子氧化活化水流测井仪，内置 1 枚 V 类氚源）；暂存场所依托中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库（该源库已履行环保手续，符合放射性物质贮存相关要求），公司仅从事中子发生器由暂存库运至作业现场和井位上的测井工序。根据国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部令第 3 号）和《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年 4 月 28 日修订）的有关规定要求，该中子发生器测井项目需编制环境影响报告表。

因此，新疆智隆优创石油技术服务有限公司委托核工业二三 0 研究所对本项目进行辐射环境影响评价工作。本报告仅针对该公司中子发生器测井进行环境影响评价，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），编制完成本项目的环境影响报告表。

1.2 项目周边保护目标和评价范围

1.2.1 周边保护目标

环境保护目标为中子发生器应用过程中周围环境及管理人员、操作人员及周围公众人员。

中子发生器测井时现场作业场所周围环境活动的辐射工作人员、以及作业现场警戒

线以外的其他非辐射工作人员和公众成员。

1.2.2 评价范围

本项目使用的中子发生器用于油田测井，由于测井的井位均位于野外，各井位均相距一定距离，且布局分散，测井作业具有流动性，一般情况下半径 50m 范围内设为评价范围，在井口周围 30m 范围内设置为监督区，在井口周围 10m 范围内设置为控制区。

综上所述，本项目评价范围为测井井口周围半径 50m。

1.3 原核技术利用许可和落实情况

1.3.1 已许可情况

新疆智隆优创石油技术服务有限公司原来未开展过核技术利用项目。

1.3.2 规章制度落实情况

1.3.2.1 辐射安全管理制度

新疆智隆优创石油技术服务有限公司制定了《关于成立辐射安全管理领导小组的通知》、《放射源辐射防护安全保卫制度》、《放射性仪器操作规程》、《放射性仪器维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《个人剂量管理和健康管理规定》、《辐射事故应急预案》、《辐射人员管理档案》等，并严格按照规章制度执行。

1.3.2.2 辐射安全管理机构

为了加强对辐射安全和防护管理工作，新疆智隆优创石油技术服务有限公司设置了辐射安全与环境保护小组作为专门管理机构（见附件2），并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作。机构设置和人员构成具体情况如下：

表1-1 辐射安全与环境保护小组成员

联系人	姓名	齐建民	电话	0996-2232926	
	手机	13709957114	传真	/	
序号	人员类别	姓名	性别	工作部门	工作部门
1	组长	齐建民	男	机关	机关
2	副组长	龚清州	男	机关	机关
3	专 干	陈纪华	男	机关	机关
4	组员	陈明生	男	测井小队	测井小队
5	组员	尚丁	男	测井小队	测井小队

1.3.2.3辐射工作人员培训

新疆智隆优创石油技术服务有限公司所有从事辐射工作人员，在上岗前必须接受环保部门认可培训机构组织的辐射防护与安全培训，并考试合格上岗。每4年参加复训，并制定了辐射工作人员培训计划。目前，公司共有4人从事辐射工作。

1.3.2.4辐射事故应急预案

新疆智隆优创石油技术服务有限公司对使用V类放射源；根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的要求，对可能发生的辐射事故，已经制定了本单位的应急预案。

1.3.2.5监测仪器和防护用品

新疆智隆优创石油技术服务有限公司现有个人剂量仪和辐射防护用品：现有一台伽马探测器，铅衣2件、铅防护眼镜4副、铅橡胶手套2双、铅围裙2件、个人剂量计2个，具体情况见表1-2。

表 1-2 原有辐射防护检测仪器和辐射防护用品一览表

辐射防护检测仪器			
仪器名称	型号	购置日期	数量
伽马探测器	RAE II	2017.9	1台
辐射防护用品			
名称	数量	名称	数量
铅衣	2件	铅眼镜	4副
铅手套	2件	个人剂量计	2个
铅围裙	2件	/	/

1.4 中子发生器（含氚靶部分）贮存单位简介

新疆智隆优创石油技术服务有限公司应用的中子发生器属II类射线装置，中子发生器内含有V类的³H气态密封放射源。公司将应用的中子发生器（含氚靶部分）委托储存于中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库，并与该公司签订了放射性同位素暂存协议。（安全生产管理协议见附件3）

中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库，位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市轮台县轮南镇北约13km的塔里木沙漠边缘地带。其地理位置示意图见图1-2。

源贮存区主要贮存油田探测使用的中子源和 γ 源，源贮存区设置圆形贮存坑76个，库坑为地上式，坑顶标高1.5m，深度为1.5m。按照放射源屏蔽容器的大小，将库坑分为两种规格：库坑内部直径 $\Phi 700\text{mm}$ 库坑36个，用于贮存 γ 源；库坑内部直径 $\Phi 1000\text{mm}$ 库坑40个，用于贮存中子源。新疆智隆优创石油技术有限公司将应用的中子发生器（含氚靶部分）贮存在中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库备用坑中；中子发生器其余部分贮存在公司的库房内，库房将有专人专管，设置双人双锁，并建立台账制度。

《中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库原地扩建工程项目环境影响报告表》的批复（新环核函[2011]363号）和《中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库扩建工程项目竣工验收监测表》的批复（新环核函[2011]1222号）见附件5。

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	³ H	6.29×10 ¹¹ Bq×1	V	石油测井使用	石油测井	野外	轮南十三井放射源库	购买具有正当生产销售资质厂家的放射源

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
1	中子发生器	II	1	SWLF-B 型	80	400	1.5×10^8 n	测量注水井内岩层吸水流速和流量	野外	6.29×10^{11} Bq	轮南十三井放射源库	1 枚	准备购入

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废氚靶	固态	^3H	$6.29 \times 10^{11} \text{ Bq}$	/	/	/	委托暂存在轮南十三井放射源库	中子发生器厂家回收

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

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

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》2015 年 1 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年 10 月；</p> <p>(5) 《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，2005 年 12 月；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》2018 年 4 月 28 日修订；</p> <p>(7) 《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》，环保部令第 3 号；2008 年 12 月 6 日发布。</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部第 18 号令；</p> <p>(9) 《关于发布射线装置分类办法的公告》，国家环境保护总局公告 2017 年 12 月；</p> <p>(10) 《放射源分类办法》，国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号；</p> <p>(11) 《放射性物品分类和名录》5 环境保护部公告 2010 年第 31 号；</p> <p>(12) 《核辐射环境质量评价一般规定》GB11215-89；</p> <p>(13) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》(政府令第 192 号，2015 年)；</p> <p>(14) 《放射性物品运输安全管理条例》(国务院令第 526 号，2010 年)；</p> <p>(15) 《关于做好放射性废物(源)收贮工作的通知》(国家环保部，环办辐射函[2017]609 号，2017 年 4 月 21 日)；</p> <p>(16) 《产业结构调整指导目录(2011 年本)(2013 年修正)》。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)；</p> <p>(4) 《放射性物质安全运输规程》(GB11806-2004)；</p> <p>(5) 《放射性废物分类》(GB9133-1995)；</p> <p>(6) 《石油放射性测井辐射防护安全规程》(SY5131-2008)；</p> <p>(7) 《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007)；</p>

	(8)《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》。
其他	(1) 项目委托书，见附件 1； (2) 新疆智隆优创石油技术有限公司提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围：

本项目使用的中子发生器进行中子氧活化水流测井作业。由于进行测井的井位均位于野外，各井位均相距一定距离，且布局分散，测井作业具有流动性。本项目中子发生器在使用时，根据其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，井口周围半径 50m 范围内作为评价范围，半径 30m 范围内设为监督区，半径 10m 范围内设置为控制区。

7.2 保护目标：

中子发生器测井过程中从源库取出、运输、入库贮存中子发生器（含氚靶部分）过程操作人员及周围公众人员。中子发生器测井时作业现场辐射工作人员、以及作业现场警戒线以外的其他非辐射工作人员和公众人员。

7.3 评价标准：

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

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。

B1 剂量限值（标准的附录 B）

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；本项目取其四分之一即 5mSv 作为约束值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为管理限值。

7.3.2 《油（气）田测井用密封型放射源卫生防护标准》（GBZ142-2002）

室外操作放射源时，须在空气比释动能率为 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 处的边界上设置警告标志(或采取警告措施)，防止无关人员进入边界以内的操作区域。

使用运源车载运放射源时应采取相应的安全防护措施。未采取足够安全防护措施的运源车，不得进入人口密集区和在公共停车场停留。运源车内外的空气比释动能率不得大于表 7-4 的控制值。

表 7-4 运源车内外的空气比释动能率控制值

监测位置	运源车空气比释动能率($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)	
	专用	兼用
驾驶员座椅	2.5	20 ¹⁾
车厢外表面	25	200
车厢外 2m 处	2.5	20

注:在对驾驶员的年个人剂量得到严格控制的情况下，空气比释动能率可以适当放宽。但不得超过其 2 倍。

7.3.2 《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T5419-2007)

产品工作时的辐射防护屏蔽介质可以是大于 1m 左右厚度的混凝土墙,或 2m 以上厚度的水层。在现场测井时，可以将仪器下到井深 10m 以下发射中子。

在没有辐射屏蔽条件的情况下，应将距产品不小于 30m 的区域划为安全防护区，设置明显标志，设专人警戒，确保区内无人，方可发射中子。

中子发生器内含有放射性物质氚，产品报废后使用单位不得自行处置，应按中华人民共和国国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，返回生产单位或交有相应资质的放射性废物集中贮存单位处理。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目建设地点在新疆库尔勒市开发区康盛路东一巷 26 号。公司应用的中子发生器测井为流动式，不在某一固定地点长期作业，因此辐射环境现状以作业地辐射环境监测值为准。新疆智隆优创石油技术有限公司中子发生器测井主要是塔里木油田区域。

8.2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

本项目使用的中子发生器测井的井位均位于野外，各井位均相距一定距离，且布局分散，测井作业具有流动性。本项目测井的工作场所在塔里木油田区域。因此本项目选择与其工作场所在相同区域、周围工作条件相似、作业地理位置相似的塔里木油田塔指轮南测井井口周围（巴州轮南塔指井口坐标：北纬 41°29'15.32"，东经 84°13'25.87"），作为本项目中子发生器测井应用场所的本底环境。监测因子是工作场所周围本底环境 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率和中子剂量当量率检测。

依据《辐射环境监测技术规范》（HJT61-2001）、《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》（GBZ118-2002），本项目工作场所周围本底环境布点如下：

中子发生器工作场所（模拟现场）东西长 25m，南北宽 20m，分别在测井场四周警戒线边布置测点；井口处 10m×10m 区域每隔 5m 进行了网格布点；运输中子发生器的测井车四周按标准进行了布点。以上监测点位共 24 个，检测内容包括：X、 γ 辐射致空气吸收剂量率和中子剂量当量率。

8.3.描述监测方案、质量保证措施、监测结果等内容

8.3.1 监测方案

为了掌握项目运行之前的辐射环境本底状况，按照 HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》的要求，对新疆智隆优创石油技术有限公司拟进行测井区域和运输中子发生器的测井车周围进行了 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率和中子剂量当量率的本底监测。

8.3.2 质量保证措施

- 1、委托监测单位通过了新疆维吾尔自治区实验室计量认证。
- 2、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。

3、监测方法采用国家有关部门颁布的标准，委托监测单位监测人员经考核并持有合格证书上岗。

4、委托监测单位监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

5、委托监测单位每次测量前、后均对监测仪器的工作状态是否正常进行检查，并用检验源对仪器进行校验。

6、由委托监测的专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

7、委托监测单位监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8、委托监测报告无监测单位检测专用章、骑缝章及 CMA 章无效。

8.3.3 监测结果

2018年4月18日，新疆智隆优创石油技术服务有限公司委托新疆德能辐射环境科技有限公司按照 GB/T14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》的规定，对公司拟进行测井的区域和运输中子发生器的测井车进行了 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率和中子剂量当量率的本底监测。

测量仪器选用 2017 年 9 月 13 日经过中国计量科学研院校准过的 AT1121 型 ATOMTEX 辐射检测仪和 2018 年 1 月 9 日经过中国计量科学研院校准过的 BH3150 型中子周围剂量当量率仪，进行 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率和中子剂量当量率测量。

监测点位见图 8-1、8-2，中子发生器测井拟应用场所和运输中子发生器的测井车周围环境本底 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率监测结果见表 8-1，中子剂量当量率本底检测结果见表 8-2。检测报告见附件 8。

表 8-1 新疆智隆优创石油技术服务有限公司拟测井工作场所和运输中子发生器的测井车周围 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率本底检测结果

序号	测点描述	测量值 (μ Sv/h)	序号	测点描述	测量值 (μ Sv/h)
运输中子发生器的测井车周围					
1	测井车车头表面	0.086	7	测井车尾部表面	0.081
2	距测井车车头表面 2m	0.084	8	距测井车尾部表面 2m	0.082
3	测井车储源箱侧面表面	0.082	9	测井车储源箱对车体表面	0.090
4	距测井车储源箱侧面表面 2m	0.080	10	距测井车储源箱对车体表面 2m	0.082

5	测井车 储源箱表面	0.080	11	测井车驾驶位	0.084
6	距测井车储源箱 表面 2m	0.080	/	/	/
中子发生器测井拟应用场所坐标：北纬 41°29'15.32"，东经 84°13'25.87"					
12	模拟检测井场 东侧	0.104	19	模拟检测井口南侧	0.111
13	模拟检测井场 南侧	0.109	20	模拟检测井口处	0.110
14	模拟检测井场 西侧	0.111	21	模拟检测井口北侧	0.109
15	模拟检测井场 北侧	0.112	22	模拟检测井口西北 角	0.112
16	模拟检测井口 东北角	0.110	23	模拟检测井口西侧	0.111
17	模拟检测井口 东侧	0.112	24	模拟检测井口西南 角	0.112
18	模拟检测井口 东南角	0.110	/	/	/

**表 8-2 新疆智隆优创石油技术有限公司拟测井工作场所和运输
中子发生器的测井车周围中子剂量当量率本底检测结果**

序号	测点描述	测量值 ($\mu\text{Sv/h}$)	序号	测点描述	测量值 ($\mu\text{Sv/h}$)
运输中子发生器的测井车周围					
1	测井车车头表面	0	7	测井车尾部表面	0
2	距测井车车头表面 2m	0	8	距测井车尾部表面 2m	0
3	测井车储源箱侧表面	0	9	测井车储源箱对面车体 表面	0
4	距测井车储源箱侧表 面 2m	0	10	距测井车储源箱对面车 体表面 2m	0
5	测井车储源箱表面	0	11	测井车驾驶位	0
6	距测井车储源箱表面 2m	0	/	/	/
中子发生器测井拟应用场所坐标：北纬 41°29'15.32"，东经 84°13'25.87"					
12	模拟检测井场 东侧	0	19	模拟检测井口南侧	0

13	模拟检测井场 南侧	0	20	模拟检测井口处	0
14	模拟检测井场 西侧	0	21	模拟检测井口北侧	0
15	模拟检测井场 北侧	0	22	模拟检测井口 西北角	0
16	模拟检测井口 东北角	0	23	模拟检测井口西侧	0
17	模拟检测井口 东侧	0	24	模拟检测井口 西南角	0
18	模拟检测井口 东南角	0	/	/	/

8.4 环境现状调查结果的评价

由表 8-1 和表 8-2 的测量值来看，新疆智隆优创石油技术有限公司拟测井工作场所和运输中子发生器测井车周围的 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率检测结果在 0.080~0.112 μ Sv/h 之间；中子剂量当量率本底检测结果为 0；《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告》中巴音郭楞蒙古自治州天然贯穿辐射室外剂量率在 0.0762~0.2181 μ Sv/h；以上检测数据都在正常本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 中子发生器简介

测井中子发生器由中子管和中子管外接电路组成，中子管是将离子源、加速系统、靶以及气压调节系统密封在一个陶瓷或玻璃管内，形成一个小型的特种电真空器件。中子管实质上是一种最小型的加速器，其性能决定着中子发生器的产额、寿命、稳定性等诸多指标。中子管可以在外接电路的控制下，由离子源产生氦离子，经加速后轰击氚靶，与靶中的氚产生核反应，产生 14MeV 快中子。中子管外接电路通常由离子源电路和密封加速高压组成。离子源电路决定于中子管离子源的结构。中子管内部结构图见图 9-1。

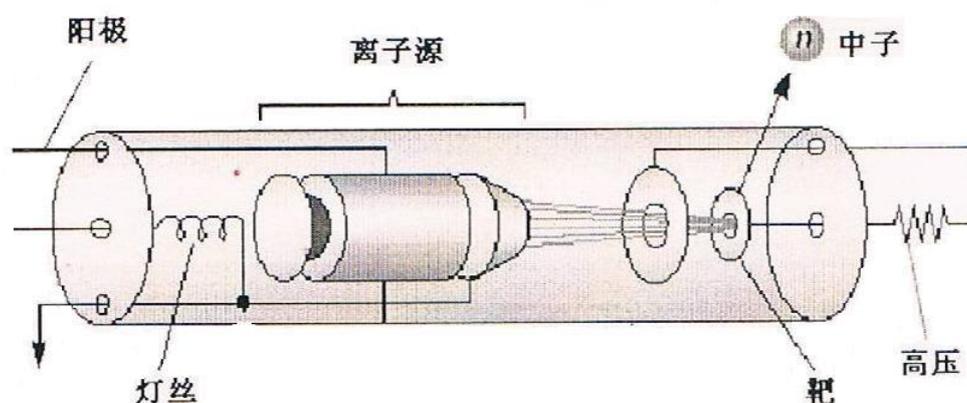


图 9-1 中子管内部结构图

9.2 中子发生器（中子氧活化测井仪）工作原理

中子测井是把装有中子源和探测器的测井仪器放入井内，由中子源发射的快中子按球状向外迁移，在穿过井孔介质进入岩层的过程中，高能中子与物质的原子核相互作用而减速、扩散和被吸收其能量不断损失或减弱。利用中子与钻井周围岩石和井内介质作用，研究钻井剖面、寻找有用矿藏及研究油井工程质量的一种矿场地球物理方法。中子发生器以脉冲方式工作，故称之为脉冲中子发生器，用于测量岩层吸水情况及地层含水饱和度的监测，为油田开发提供准确数据。

本项目评价中拟使用的中子发生器（中子氧活化测井仪）主要用于测量井中水流流速和流量。中子是由 ${}^3\text{H}(\text{T}) + {}^2\text{H}(\text{D}) \rightarrow {}^4\text{He} + \text{n}$ 反应产生的，该反应产生出 14.1MeV 能量的中子，中子发生器以脉冲方式工作。地层中广泛存在氧、铝、硅，他们在中子的作用下，均能生成新的放射性核素，其反

应式分别为： $^{16}\text{O}(\text{n}, \text{P})^{16}\text{N}$ ， $^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{P})^{27}\text{Mg}$ ， $^{28}\text{Si}(\text{n}, \text{P})^{28}\text{Al}$ 。活化后新核 ^{16}N 、 ^{27}Mg 、 ^{28}Al 均放出 γ 射线，其半衰期分别为：7.35min、2.3min、9.5min。 γ 射线最大能量分别为6.13Mev、2.16Mev、1.81Mev。利用通过测量活化 γ 射线的照射量率测量地层中某些元素存在及其含量，例如通过测量氧活化后发射的 γ 射线可测量氧和含量。用14Mev中子发生器的快中子来活化氧原子核（ ^{16}O 反应的阈能10.2Mev）生成 ^{16}N ， $^{16}\text{N}\beta$ 衰变后发射高能6.13Mev射线可穿透几十厘米厚钻井内物质。

脉冲中子测井仪可以进行次生 γ 能谱测井和热中子衰减时间测井。次生 γ 能谱测井是利用脉冲中子源发射的快中子与地层中某种元素发生非弹性碰撞的概率及放出的非弹性散射 γ 射线的能量都与被碰撞元素的结构有关，根据地层中常见元素的非弹性散射 γ 射线能谱和各自的非弹性散射截面，确定地层中存在的元素种类和含量。热中子衰减时间测井是利用地层对热中子的俘获特性测量地层孔隙中油、水的相关含量。热中子寿命是指热中子从产生的瞬时起到被吸收所经过的平均时间。中子寿命 τ 与热中子的速度 v 和宏观俘获截面 Σ 的关系如下：

$$\tau = \frac{1}{v\Sigma}$$

热中子衰减时间测井测量的是地层热中子的速度 v ，宏观俘获截面 Σ 可查表得出，从而测出热中子的寿命 τ 。

9.3 中子发生器（中子氧活化测井仪）工艺流程

新疆智隆优创石油技术有限公司拟使用的中子发生器（中子氧化活化测井仪），在不使用时将氚所在的串子存放于中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库内。接到测井任务后，办理放射源出库及运输相关手续，将中子发生器置于专用储存箱内，用专用放射源运输车辆将中子发生器运输至测井作业现场。

现场测井时，由测井作业地点的安全监督员对测井作业现场进行清场，然后测井工作人员开始实施测井工作。测井工作人员先安装好仪器，再由机械将探测仪器输送到井下3000m左右。然后开始通电测井，通电过程中，中子发生器始终位于井下3000m左右深处。检测作业结束后，先对中子发生器断电停止其工作，按照操作规程规定经过一段时间后，再通过机械将中子发生器升上测

井平台，测井作业结束。拆卸仪器前，测量仪器表面规定距离的辐射水平，确认辐射水平降至背景值后，才能拆卸仪器。测井作业完成后由公司配备的专用放射源（公司配备的两辆测井车）运输车辆将中子发生器运输至中国石油塔里木油田公司轮南十三井放射源库内储存，并办理相应的进出库手续。中子发生器测井流程环节见图 9-2。

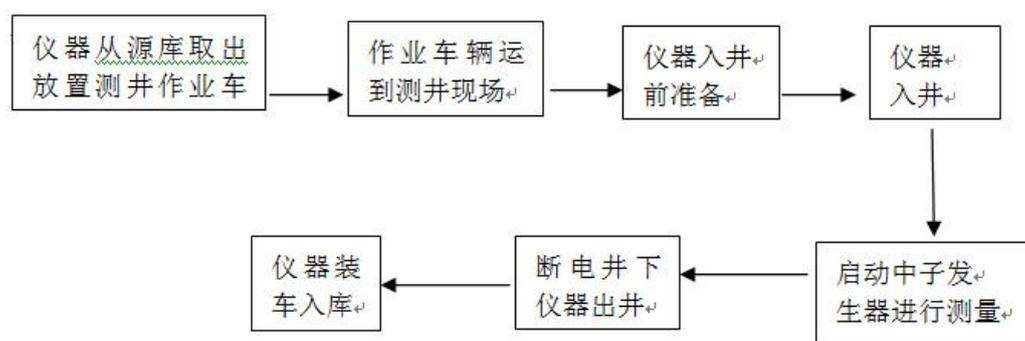


图 9-2 中子发生器测井流程图

(1) 在测井前，需先收集资料，包括井数据表，井口压力、井口类型、井径值和套管尺寸等。

(2) 在测井中需先根据井液复杂程度，将中子发生器仪器串选择不同顺序链接好，然后启动程序，添加服务表，通电，建立通讯，按照操作系统操作。在系统显示一切正常后，才能进行测井。测井前操作人员穿戴好相关防护设备，准备好监测设备，严禁测井仪下井前 200m 给中子发生器供电。

(3) 没有将中子发生器下放到井内规定的位置，不能开机。在地面检查仪器时，没有将仪器放入中子刻度筒内，不能接中子串，此时不能点源，可以检查仪器的通讯及其它数据。

(4) 将贮存中子发生器的车辆停放在井场控制区适当位置，并设置工作区警戒线，线高约 1m，在控制区边界放置“当心电离辐射”警示牌。车内含氚靶的中子串存放柜加锁，钥匙由专人保管，并安排专人 24h 轮流值守保管。

(6) 测井结束后，关闭中子发生器，提升中子发生器至井口 200m 处等待 30 分钟后再出井。中子发生器测井结束，对其测井现场进行监测，确定有无污染。

9.4 污染源项描述

9.4.1 污染源分析

中子发生器（中子氧化活化测井仪）在测井过程中，发射 14MeV 快中

子流，快中子流与被作用的核素发生非弹性散射和热中子（n， γ ）反应产生的俘获 γ 射线，中子发生器活化产生的 γ 射线，见表 9-1。中子发生器中的靶物质为氚靶，氚的核素特性见表 9-2。

表 9-1 快中子及其射线分析

放射源	反应方式	射线种类	射线能量 (MeV)
中子	$^3\text{H} (\text{d}, \text{n}) ^4\text{He}$	中子	14.1
	(n, n')	γ 射线	2~6
	$^{16}\text{O} (\text{n}, \gamma) ^{17}\text{N}$	γ 射线	6.13
	热、慢中子俘获反应	γ 射线	3
	测井仪活化反应	γ 射线	/

表 9-2 氚核素特性

核素	半衰期 (a)	衰变方式 (分支比, %)	辐射能量
^3_1H	12.26	β^- (100)	$\beta^-0.01861$ (100%) 未见 γ

由表 9-2 可知，氚释放 β 射线，未见 γ 射线，中子发生器装置结构已经屏蔽 β 射线（通常一般的金属板或有一定厚度的有机玻璃板、塑料板就可以阻挡 β 射线），因此不影响环境。氚吸附在薄金属表面生成氚靶，而中子管中可能存在游离的氚，如果破碎可能会造成环境大气污染。

9.4.2 正常工况污染途径

中子发生器运行过程中产生的 14MeV 快中子和非弹性散射 γ 射线以及热、慢中子俘获 γ 射线对环境辐射污染，对周围环境产生辐射危害。本项目使用的中子发生器仅在通电测井时有中子产生，断电时无中子产生，而且本项目中子发生器测井时一般在 3000m 以下工作，经过地壳和水层的屏蔽，对工作人员和地表环境的影响很小。

9.4.3 事故工况污染途径

a、操作人员供电操作失误或供电开关失控，导致中子发生器下井未到达预定深度（特别是在井下 200m 以上时）就通电开始发射中子，导致井上操作人员受到辐射照射。

b、测井结束后，操作人员未按照操作规程，在中子发生器断电后未达到预定的停留时间便将中子发生器升上平台，导致井上操作人员受到中子发生器部

件感生放射性的辐射照射。

c、对测井现场中子发生器存放管理不到位，无关人员进入中子发生器存储控制区范围内受到不必要的低剂量外照射。

d、中子发生器因外部原因导致破损，致使氡泄露，使工作人员或公众受到辐射照射，并造成周围环境的放射性污染。

e、中子发生器（含氡靶部分）丢失或被盗事故，造成放射源不在有效的监管范围之内，可能对公众人员或周围环境造成放射性污染事故。

f、中子发生器（含氡靶部分）运输过程中发生意外的交通事故，造成中子发生器（含氡靶部分）损坏导致氡泄露，使工作人员或公众受到辐射照射，并造成周围环境的放射性污染。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

为了确保新疆智隆优创石油技术服务有限公司安全正常地使用中子发生器测井，防止公司应用的中子发生器对环境产生放射性污染、对工作人员及公众产生放射性影响，保护环境，必须全面认真地落实各项辐射安全与防护措施。

10.1 工作场所布局

根据其能量流的传播与距离相关的特性，本项目中子发生器测井过程中，在井口周围 30m 范围内设为监督区（空气比释动能率小于 2.5 μ Gy/h 区域，经现场监测如大于 30m 范围外延至 2.5 μ Gy/h 区域），10m 范围内设置为控制区。

10.1.1 辐射防护两区划分

控制区：距离被测井口 10m 范围内以及井场临时贮存中子发生器车辆周围 10m 范围内，仅限工作人员入内，其他人员不能在此区域停留，设置安全警戒线，并设置明显的电离辐射标志。

监督区：控制区以外距离被测井口周围 30m 范围内（空气比释动能率小于 2.5 μ Gy/h 区域，经现场监测如大于 30m 范围外延至 2.5 μ Gy/h 区域）。在该区域设置电离辐射标志，经常进行剂量监测，确认是否需要专门的安全防护措施，限制公众在该区域长期滞留，边界处设置安全警示标识，边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”安全警告牌，设置专人巡视。由于野外测井作业场地的不确定性给警戒带来一定的困难，在野外作业前应制定方案，方案中根据实际情况设定控制区与监督区。中子发生器测井两区管理划分见表 10-1。

表 10-1 中子发生器测井两区管理划分

	控制区	监督区
划分依据及两区划分	距离被测井口 10m 范围内以及井场临时贮存中子发生器车辆周围 10m 范围内，可根据当地实际情况设置控制区。	控制区以外距离被测井口周围 30m 范围内（空气比释动能率小于 2.5 μ Gy/h 区域，经现场监测如大于 30m 范围外延至 2.5 μ Gy/h 区域），根据野外的地形实际情况确定。
辐射防护措施	除工作人员外其他人员不能在这些区域停留，设置明显的警戒线，并设置明显的电离辐射标志，边界上悬挂清晰见的“禁止入内”警示标识。	该区设置电离辐射标志，限制公众在该区域长期滞留，边界处设置“当心，电离辐射”警示标识，边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置专人巡视。

10.1.2 布局的合理性分析

本项目根据中子发生器测井施工工艺特点和井位布局，测井作业区根据具体测井现场进行调整。正常工况下，操作人员严格按照中子发生器测井规程进行测井，中子发生器仅在通电测井时产生中子，断电时无中子产生，而且本项目中子发生器测井时一般在 3000m 以下工作，经过地壳和水层的屏蔽，对工作人员和地表环境的影响很小。

10.2 辐射安全与防护分析

10.2.1 运输的安全性分析

中子发生器（含氚靶部分）贮存在专用的运输车辆内，并建有完善的贮存、保管和领用制度，严格供应登记和检查验证手续。中子发生器（含氚靶部分）测井时的临时贮存不得与易燃、易爆、腐蚀性物品放在一起。贮存车辆实施配备有效的防火、防水、防盗、防泄漏的安全防护措施，并制定专人负责保管。

中子发生器（含氚靶部分）在测井车存储箱容器中。在测井过程中，此运输容器被置于专用运输车辆的一个有铅层和夹板的罩壳之中，此罩壳拴在井场区服务车内，提高了防护和安全等级。

10.2.2 测井现场贮存的辐射防护措施

本项目中子发生器（含氚靶部分）贮存在专用运输车中。车辆到达测井作业现场后，应将车辆放置在井场控制区适当位置，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。

中子发生器（含氚靶部分）放置在载源车上加锁的运输容器内，车辆密闭加锁。钥匙由专人保管，并安排专人 24h 轮流值守保管。车辆上应配备干粉灭火器，灭火器应放置在醒目且便于拿取的位置，车内禁止放易燃易爆等危险品。

公司野外测井作业建有放中子发生器（含氚靶部分）使用台账制度，包括记录中子发生器（含氚靶部分）的贮存、保管和领用等内容，严格实行领用登记和检查验收手续。

10.2.3 现场操作的辐射防护措施分析

(1) 使用中子发生器必须登记造册，有专人负责，并建立严格的领取制度。办理交接登记手续，并定期检查核对，做到帐物相符。

(2) 在中子发生器测井之前操作人员做好准备工作，熟悉操作规程，穿戴

和使用外照射防护用品和防护服，佩戴个人剂量计。

(3) 辐射工作场所必须在醒目地方挂电离辐射警示标志：工作现场必须设置警示带、警示灯，监督区主要行人路口派专人负责看守，工作人员应穿戴防护用品，持剂量报警仪、佩戴个人剂量计，做好工作记录。

(4) 中子发生器通电测井作业时，应当测量工作场所工作台井口附近的放射性水平，确定仪器到达预定位置，对地表环境未造成污染。工作结束断电后，提升中子发生器至井口 200m 处等待 30 分钟后再出井。中子发生器测井结束，对其测井现场进行监测，确定有无污染。

(6) 中子发生器更换氚靶时，新疆智隆优创石油技术服务有限公司必须向环境保护部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请氚靶的转入、转出，并报所在地环保部门备案。废氚靶由中子发生器厂家回收。

(7) 中子发生器测井的操作人员须严格遵守辐射防护规章制度。

10.3 辐射防护与安全管理

10.3.1 管理制度

公司针对中子发生器测井作业的管理应制定以下管理制度：《中子发生器工作场所防护规章制度》、《中子发生器运输、使用、贮存安全管理条例》、《中子发生器辐射防护技术培训计划》、《中子发生器测井操作规程》等。

10.3.2 测井作业防护措施

(1) 测井作业前辐射防护工作

测井作业前划分控制区、监督区，放置警示标志，配置辐射剂量监测仪器，个人穿戴辐射防护用品，现场设置安全标志（如拉警戒线或警戒旗等），进行广播通知无关人员撤离到警戒线以外。此外，测井作业前需要进行公告，公告内容包括：测井作业的性质、时间、地点、警戒线的范围、作业单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。要求在测井现场提前两天公告。

凡是有可能接触放射性工作场所的人员必须进行核辐射安全和防护专业知识的培训，告知操作人员辐射危害。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，定期参加环保部门组织的辐射防护安全培训，并取得相应等级的资格证书后方可上岗。

(2) 测井工作人员辐射防护安全管理

公司测井小组应配备便携式剂量监测仪。进入现场的测井人员必须配备个人剂量报警仪、个人剂量计、穿戴好防护服以及手套。

个人剂量计要求委托有资质单位或机构进行定期测量，监测频度为每3个月检测一次，并建立个人剂量档案。

(3) 测井作业完毕后的辐射防护安全管理

测井施工作业完毕后，测井工作人员应对测量工作场所中地面、设备表面及个人防护用品表面的放射性污染进行监测，如发现异常应当及时去污，并妥善处理。

10.3.3 建立健全严格的管理制度，确保中子发生器的安全使用

(1) 中子发生器（含氚靶部分）在运输过程中，不得与易燃、易爆等危险物品同车运输。运输车辆应在明显位置设有电离辐射警示标识。

(2) 中子发生器使用必须建立登记和台帐制度，由专人管理。

(3) 制定严格的安全管理制度；认真贯彻执行，做好防盗、防水、防火、防爆炸、防辐射等工作，确保中子发生器贮存和使用的安全。中子发生器的购买应到环保主管部门办好相关手续。

(4) 建立辐射防护应急预案和应急救援措施，成立辐射防护领导小组。制定具体严密的应急方案和措施，严防中子发生器辐射事故的发生，一旦发生事故能及时采取应急措施，迅速消除中子发生器对环境的污染以及对公众的辐射影响，减小社会影响和经济损失。

(5) 制定全面的监测计划，并认真贯穿实施，以便掌握中子发生器使用和运输过程的情况，便于及时发现问题、解决问题。

(6) 中子发生器的购买、使用、运输必须接受新疆环境保护厅及其授权的环保部门的监督管理，确保中子发生器正常使用，使中子发生器应用的管理不失控。

(7) 每年依据相关法律法规对公司辐射工作的安全和防护状况进行年度评估，编写年度评估报告并向环境保护行政管理部门上报。

10.3.4 职业人员个人防护用具的配备与管理要求

(1) 应根据实际需要为工作人员提供适用、足够和符合有关标准的个人防护用具，如各类防护服、防护围裙、防护手套、防护面罩等，并应使他们了解其

所使用的防护用具的性能和使用方法。

(2) 测井工作人员上岗前必须接受有关辐射防护培训，掌握一定的安全防护知识和技能，并经考核合格，在工作中注意做好个人防护，通过时间屏蔽、距离屏蔽，缩短受照时间及受照剂量率，将个人受照剂量合理可行地控制在尽可能低的水平。

(3) 个人防护用具应有适当的备份，以备在应急事件中使用。所有个人防护用具均应妥善保管，并应对其性能进行定期检验。

(4) 测井的工作人员必须佩带个人剂量牌、个人剂量报警器，同时建立个人剂量档案。每年进行一次包括辐射专项在内的体检，建立健康档案。

10.3.7 提高安全意识，加强中子发生器在应用过程中的安全保卫工作

公司应高度重视中子发生器的安全管理工作，提高安全意识，强化和落实安全责任。要组织相关人员认真学习《放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理办法》（国家环境保护部第3号）等有关规定，加强中子发生器的安全管理，采取措施防止中子发生器丢失、被盗、抢等，确保核技术利用设施运行安全。

10.4 测井作业施工区域环境监测

中子发生器通电测井作业时，应当测量工作场所工作台井口附近的放射性水平，确定仪器到达预定位置，对地表环境未造成污染。中子发生器测井结束，对其测井现场进行监测，确定有无污染。

工作场所的放射性监测目的是及时发现污染状况，决定是否采取去污或其它防护措施，使受照射剂量控制在国家限值以下。公司必须根据需要配备必要的监测设备和仪器，建立监测制度。

10.4.1 工作场所环境监测

选在井口周围 10m 范围内和人员经常停留或测井的工作场所处进行监测。

10.4.2 监测内容

(1) 工作场所的监测

测井作业过程中，应对井口及周围 10m 范围内（划定的控制区范围），以及中子发生器（含氚靶部分）暂存区域进行 γ 辐射剂量率监测。

(2) 个人剂量监测

进行辐射工作的技术人员必须佩戴个人剂量牌，每年按季度对放射性操作

人员进行常规个人外照射剂量监测。个人剂量监测应委托有资质的单位对工作人员佩戴的个人剂量牌进行检测，并建立个人剂量档案和健康档案。

(3) 工作场所终态监测

在中子发生器测井作业全部结束后，对被测井的井口及其周围 10m 范围内区域进行监测，确定中子发生器（含氡靶部分）无泄漏。

在进行工作场所终态监测时，在有条件的情况下，公司应委托有资质的单位对工作场所周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。

监测过程中若发现辐射量超过标准，应及时进行屏蔽处理，使其达到相关标准要求。测井现场若发现受到放射性核素污染，应及时进行去污处理，使去污后的辐射水平满足 GB18871 规定的相关要求。

10.5 三废的治理

本项目使用的中子发生器内的氡靶为氡化靶，氡化靶是将氡吸附在金属薄层内制得。中子发生器的氡靶在累计使用 100 小时后，需连同中子发生器送回生产厂家进行更换处理。本项目在正常工况下，不产生放射性污水和废气。

放射性固体废物若不严格管理，将会造成环境放射性污染和对公众的伤害，造成放射性事故。任何人不能随便处置放射性固体废物，在中子发生器厂家不回收废氡靶时，新疆智隆优创石油技术有限公司必须严格按照《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》中的要求，使用 V 类放射源的单位，应将 V 类废旧放射源进行包装整备后，交送有相应资质的社会放射性废物集中贮存单位（含生产单位）贮存。并办理好相关手续，以备环保部门查验。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目是中子发生器（含氙靶部分）由源库运至作业现场和现场测井作业，不包括中子发生器（含氙靶部分）储存。因此本项目不存在建设阶段的环境影响，但需要中子发生器应用单位做好相关的应急准备工作。

11.2 运行阶段对环境的影响

新疆智隆优创石油技术服务有限公司在中子发生器测井过程中对环境和公众的危害，主要是产生中子、 γ 射线。

11.2.1 运营期辐射环境影响分析与预测

本项目从理论计算方面来估算应用作业过程对周围人员和环境产生一定的放射性危害。

本项目使用的中子发生器内的氙靶为氙化靶，氙化靶是将氙吸附在金属薄层内制得。中子发生器的氙靶在累计使用 100 小时后，需连同中子发生器送回生产厂家进行更换处理。本项目在正常工况下，不产生放射性污水和废气。

11.2.1.1 载运中子发生器（含氙靶部分）的车辆(简称运源车)辐射监测要求

依据 GB 11806-2004《放射性物质的安全运输规程》和 GBZ 118-2002《油（气）田非密封型放射源测井卫生防护标准》，运源车内外的空气比释动能率不得大于表 11-1 的控制值。

表 11-1 运源车内外的空气比释动能率控制值

监测位置	空气比释动能率($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)
驾驶员座椅	外照射剂量应小于相应的年剂量限值
车厢外表面	25
车厢外 1m 处	2.5

11.2.1.2 中子发生器井下测井时井口理论计算

本项目应用的中子发生器（脉冲中子测井仪）石油测井时，放置井下至井口大于 3000m 后方供电开始测量，中子管发射出的中子几乎都是快中子，在屏蔽层中主要通过散射和非弹性散射损失能量，最后被井水和岩层物质吸收，主要放出 γ 射线。由实际经验可知中子的危害与 γ 射线的危害相比，中子是主要的，因此，主要考虑中子的屏蔽，中子的屏蔽一般较为复杂，除考虑快中子的减弱过程和吸

收过程外，也就是屏蔽层对中子是足够的话，还必须满足对 γ 射线的安全屏蔽，为此将中子剂量增加一倍。

利用《中子发生器及其应用》（原子能出版社）推荐的估算模式和参数，估算脉冲中子发生器在井下大于 200m 测井时，井口附近的剂量如下：

利用水层厚度公式：

$$T_{H_2O}(cm) = T_{1/10} \cdot \log \eta \quad (11.1)$$

式中： $T_{H_2O}(cm)$ —水层厚度（水深 200m）， $T_{H_2O}(cm) = 2 \times 10^4 \text{ cm}$ ；

$T_{1/10}$ —水中的 $1/10$ 减弱厚度值 $T_{1/10}$ ，（ $T_{1/10} = 40 \text{ cm}$ ）；

η —中子衰弱比

再利用中子减弱比公式：

$$\eta = \varphi_0 / \varphi_{mp} (1/R)^2 \quad (11.2)$$

求出关心点 R（井口）处中子注量率 φ_{mp} （ $n/s \cdot cm^2$ ）。

式中： φ_0 —离靶 1cm 处的中子注量率，（ $1.5 \times 10^8 n/s \cdot cm^2$ ）；

φ_{mp} —离靶 R（cm）处最大允许的中子注量率，（ $n/s \cdot cm^2$ ）；

R—井口到中子发生器的距离，水下 200m， $R = 2 \times 10^4 \text{ cm}$ 。

中子剂量率公式：

$$H_n = 3.6 \times 10^3 \cdot \varphi_{mp} \cdot d_H \quad (11.3)$$

式中： H_n —经水屏蔽后井口处的中子比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

d_H —中子剂量转换因子（各向同性照射），根据《油（气）田测井用密封型放射源卫生防护标准》（GBZ142—2002）附录 B，查出 $E_n = 14 \text{ MeV}$ 时， $d_H = 3.33 \times 10^{-10} \text{ Sv}/(n/cm^2)$

根据公式（11.1）查得： $T_{1/10} = 40 \text{ cm}$ （水）， $t_{H_2O} = 2 \times 10^4 \text{ cm}$ ，则中子减弱比 $\eta = 10^{-500}$ 。

由公式(11.2)求得： $\varphi_{mp} = 0.375 \times 10^{-500} n/s \cdot cm^2$ 。

由公式(11.3)求得： $H_n = 4.4955 \times 10^{-507} \text{ Sv/h}$ 。

中子被探测的岩层吸收中子后会放出一些 γ 射线，照射量约为中子照射剂量当量的两倍。 γ 射线贡献值为 $2H_n = 8.991 \times 10^{-507} \text{ Sv/h}$ 。

中子和 γ 射线的贡献 $H_n + 2H_n = 1.349 \times 10^{-506} \text{ Sv/h}$ 。

每口井测量时间平均 7-8h，

则每口井井口总剂量 $9.443 \times 10^{-506} \text{ Sv} \sim 10.792 \times 10^{-506} \text{ Sv}$ 。

由上述计算结果可得出：在进行中子发生器（脉冲中子氧活化水流测井）测井时，每次测井平均时间取 8h，每年按测井最大量 20 口井（工作量由新疆智隆优创石油技术服务有限公司提供），测井作业人员的年附加有效剂量当量为 $10.792 \times 10^{-506} \text{Sv} \times 20 \text{口井} = 2.1584 \times 10^{-504} \text{Sv/a}$ ，远远低于背景值；公众人员取职业照射的 1/16，为 $1.349 \times 10^{-505} \text{Sv/a}$ ，远远低于背景值。

以上理论计算结果表明测井作业在 200m 以下时，对井口附近无辐射影响，对井口附近的工作人员及公众是安全的。

11.2.1.3 中子发生器活化剂量估算

当中子发生器在井下工作时，快中子对测井仪本身的材料进行照射，使氚靶被激活，中子发生器停止工作后，中子发生器本身仍会释放出 γ 射线。参照其他脉冲中子发生器连续工作 3h，关机后不同时间仪器周围的 γ 辐射剂量率见表 11-2。

表 11-2 脉冲中子发生器关机后仪器周围的 γ 剂量率（扣除本底值后）

距离 (m)	10min 后剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	1h 后剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
0.05	34	12
0.3	3.0	1.0
1	0.8	0.02

由表 11-2 中的数据可看出：中子发生器连续工作 3h，关机 1h 后 1m 处的剂量率是 $0.02 \mu\text{Sv/h}$ 。新疆智隆优创石油技术服务有限公司拟测井工作场所和运输中子发生器测井车周围的本底 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率检测结果在 $0.080 \sim 0.112 \mu\text{Sv/h}$ 之间。叠加本底后 1m 处的剂量率在 $0.100 \sim 0.114 \mu\text{Sv/h}$ 之间；《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告》中巴音郭楞蒙古自治州天然贯穿辐射室外剂量率在 $0.0762 \sim 0.2181 \mu\text{Sv/h}$ ；脉冲中子发生器关机 1h 后 1m 处的剂量率在环境天然贯穿辐射剂量率正常水平范围。因此，要求在井口周围有工作人员情况下，测井中子发生器在井下工作深度停机 30min 后到提升至井口的时间不得少于 1h；在井口周围无工作人员情况下，从停机后到中子管装箱时间不得少于 1h。

由 11.2.1.2 中子发生器井下测井时井口理论计算可知，该中子发生器在非使用状态下的库存、搬运过程以及正常的测井操作过程中，对操作人员的辐射影响

基本可忽略。主要的辐射影响时测井工作完成后，中子发生器因被活化而短时间内对工作人员的辐射照射。以停机后 1h 中子发生器外表面 0.3m 处的辐射剂量率水平估算工作人员一年内的可能受照剂量。

年附加有效剂量当量计算公式如下：

$$E = \sum W_r \cdot H_T = \sum W_T \cdot \sum W_r \cdot D = \sum W_T \cdot \sum W_r \cdot \dot{D} \cdot T \quad (11-4)$$

其中：E ---- 有效剂量 (Sv/a)

H_T ---- 组织或器官 T 所接受的当量剂量 (Sv/a)

W_T ---- 组织或器官 T 所接受组织权重因子，对全身取 1。

W_r ---- 辐射权重因子，对 X、 γ 射线取 1。

\dot{D} ---- X、 γ 致空气吸收剂量率 (Gy/h)

T ---- 年受照时间(h/a)

参数选择： \dot{D} 为实际测量值减去该地区的环境本底值后的数值，T 为工作人员一年内所接受的照射时间。

(1) 职业人员附加受照剂量估算

根据新疆智隆优创石油技术服务有限公司提供的测井数量，每年不大于 100 口，由两个测井小队轮流操作。每次测井后拆卸设备、装车累计受照剂量时间按照 0.5h 计算，本项目偏安全考虑时间翻倍。操作过程操作人员距离设备的最近距离在 0.3m 左右。环境本底值为 0.080~0.112 μ Sv/h，本项目取最小值 0.080 μ Sv/h。

职业人员所受的年附加有效剂量当量估算：

$$[(1.0-0.080) \times 1] \mu\text{Sv} \times 50 \text{ 次/年} = 0.046\text{mSv/a}$$

从事中子发生器测井活动职业人员所受的年附加有效剂量当量估算值为 0.046mSv/a。低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的规定的职业人员剂量约束值 5 mSv/a。

(2) 公众人员附加受照剂量估算

本项目测井作业均在人烟稀少的戈壁滩、沙漠上进行，公众人员受到的放射性影响的可能性几乎没有，本项目从偏安全考虑，选择职业人员的十分之一 (0.005 mSv/a) 作为公众人员附加受照剂量值。低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的规定的公众人员管理限值 0.1mSv/a。

11.2.1.4 中子发生器井下测井时操作区边界划分理论计算

本项目应用的中子发生器测井时在井下 3000m 以下进行测井，通过 11.2.1.2 中子发生器井下测井时井口理论计算可知，测井时中子发生器距井口 200m 时，井口处的剂量率都远远低于背景值。但出于辐射安全和降低事故时的辐射影响考虑，根据《油（气）田测井用密封型放射源卫生防护标准》（GBZ142—2002）规定，室外操作放射源时，须在空气比释动能率为 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 处的边界上设置警告标志（或采取警告措施），防止无关人员进入边界以内的区域（本项目按照从严管理的规定，以上区域内划定为监督区）。

计算中子发生器作业的控制边界时，可认为中子发生器作业于井口位置处（事故状态），此时，中子发生器对公众所致剂量为最大，以此计算控制边界对公众和职业人员来说是偏安全考虑的。边界计算公式根据《中子发生器及其应用》（原子能出版社）中推荐的模式计算：

$$R=[3600\times s\times d_H/(4\pi\times D\times 1.1)]^{1/2} \quad (11.5)$$

式中： s —中子发生器源强（n/s），这里 $s=1.5\times 10^8\text{n/s}$ ；

d_H —中子剂量转换因子（各向同性照射），根据《油（气）田测井用密封型放射源卫生防护标准》（GBZ142—2002）附录 B，查出 $E_n=14\text{MeV}$ 时， $d_H=3.33\times 10^{-4}\mu\text{Sv}/(\text{n}/\text{cm}^2)$ ；

D —控制边界比释动能率， $D=2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

由式 11.8 可计算得出， $R=2282\text{cm}=22.82\text{m}$

由上述计算结果可知，中子发生器测井作业过程中，设置约 23m 的测井操作区边界即能满足《油（气）田测井用密封型放射源卫生防护标准》

（GBZ142—2002）规定的管理要求。本项目从辐射防护最 优化的角度考虑，根据《石油测井中子发生器及中子管技术条件》（SY/T5419-2007）的要求（在没有辐射屏蔽条件的情况下，应将距产品不小于 30m 的区域划为安全防护区，设置明显标志，设专人警戒，确保区内无人，方可发射中子），本项目选取 30m 划为测井操作区，并在边界实施可行、有效的警戒线、警示标志以及其他安全措施。

11.3 事故影响分析

本项目发生事故的风险主要是不按相关操作规程操作而引起测井现场的误照射或管理不善导致中子发生器（含氚靶部分）丢失、被盗等事故。因此必须严

格执行各项管理制度，定期检查各项辐射安全措施，严格遵守操作规程，杜绝事故的发生。

11.3.1 中子发生器误照射事故和氡靶辐射安全事故

(1) 由于管理不善，操作规程执行不到位，在中子发生器未进入钻井内或未到达井下一定深度（200m 以下）就对中子发生器通电发射中子，造成测井现场相关人员的误照射。

(2) 在应用过程中子发生器（含氡靶部分），发生丢失被盗，造成人员辐射危害，可能产生严重的社会影响。

(3) 中子发生器（含氡靶部分）在运输过程中出现交通事故造成释放器泄露，或者在搬运过程中子发生器（含氡靶部分）跌落出现放射性物质泄漏等事故，造成周围环境的辐射污染及人员照射伤害。

(4) 中子发生器（含氡靶部分）在作业过程中，误操作造成了中子发生器（含氡靶部分）的损坏，出现意外事故造成额外的照射伤害。

(5) 中子发生器在作业过程中，事故情况下测井作业中人员误入操作区内造成辐射污染事故。

(6) 中子发生器（含氡靶部分）被盗、泄露事故，会造成周围环境受到放射性污染，造成公众的伤害，甚至出现对土壤、水体等环境介质的污染，进而造成严重的社会影响和经济损失。

对此类事故，应有周密的安全管理制度，严防事故发生；同时应有严密的监测制度，能及时发现事故的发生；还要有一套可行的辐射事故应急方案和措施，减小社会影响和经济损失。

11.3.2 发生地震、火灾和洪水等事故

当正在使用的中子发生器受到地震、火灾和洪水等意外灾害时，应立即回收设备，并尽量将设备运出灾害区域。如来不及，应立即组织周围人员撤离，封锁现场，划定警戒区域，设置警戒线，并有相关技术人员采取措施将中子发生器收贮。一旦有放射事故发生，应立即启动应急预案，严格按辐射事故应急预案管理规定处置，并按法律法规要求报上级主管部门 and 环境保护主管部门。

11.3.3 事故风险防范措施

由于中子发生器的应用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) 建立健全放射管理制度(包括中子发生器工作人员健康管理、放射性监测管理、放射安全操作、放射性事故报告和事故处理等),防止人为故意引起的辐射照射;

(2) 加强人员操作技能培训,进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核,进行安全防护和安全思想教育,持证上岗;最大可能地防止由于误操作发生的意外事故;一旦发生类似事故,立即消除事故源项,防止事故继续蔓延和扩大。由于中子发生器是在通电的前提下才能发射中子,在出现误照射时必须第一时间断开电源,停止中子发射。

(3) 加强对运输、搬运过程的安全教育,最大限度地降低意外事故发生的概率;使用专用车辆进行运输,由主管辐射安全相关负责人进行押运,确保中子发生器(含氚靶部分)运输过程中的安全,采取一定的防护、防盗措施。

(4) 中子发生器(含氚靶部分)临时存放、使用场所不得存放易燃、易爆物品。中子发生器(含氚靶部分)临时存放场所配备防火器材,在发生火灾时尽早处理,避免导致氚靶物质泄漏。

(5) 加强中子发生器(含氚靶部分)应用过程中的安全保卫工作,防止被盗丢失;如发现中子发生器丢失,当事人立即保护现场并启动应急预案,及时封锁现场,禁止人员进入,立即报告辐射安全领导小组,在2h内报当地环保、卫生、公安部门,并在行政主管部门的部署下展开应急工作。

(6) 操作时尽量利用长柄镊子和长柄钳子等长柄工具,穿戴铅手套和防辐射服,人体躯干中心距离放射源不少于1m;

(7) 严格按照中子发生器使用及测井作业流程进行测井作业。地面系统连接中子发生器,在仪器到达井下200m以下预定位置时方可进行加靶压作业,同时必须有两人在现场操作控制面板;

(8) 配备相应的检测仪器(γ 辐射监测仪、中子剂量率仪),按规定进行工作场所监测和环境监测;

(9) 从事中子发生器测井的工作人员配备个人剂量计;

(10) 建立中子发生器(含氚靶部分)物质购买和使用台帐,做到帐物相符;

(11) 若发生中子发生器(含氚靶部分)泄露时,应及时通知作业人员撤出,

并标注出污染范围，封锁现场，划定警戒区域，防止他人进去，立即报告辐射安全管理领导小组，启动应急预案，由专业人员进行清污工作。

(12) 中子发生器测井完成后，把靶压降为零，在上提过程中，必须在井下200m以下处停留30分钟后再起出井下仪器。

(13) 测井现场周围悬挂清晰可见的“禁止进入放射性工作场所”警示标志，并在其周围划定监督区、控制区边界，禁止无关人员进入。可采用绳索等方式并派人监督管理；

(14) 应制定事故风险的应急预案，一旦发生事故能及时启动应急预案，并上报环保、卫生及相关部门监督处理，使事故能得到及时有效的处理。

接受当地环境保护行政主管部门和相关部门的监督管理。在外省市辖区内作业时，应向作业区所在地环保行政主管部门和相关部门报告，并接受其监督管理。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449 号令）等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强对放射性核素、密封放射源安全和防护的监督管理，促进放射性核素和密封放射源的安全应用，正确应对突发性放射性事故，确保事故发生时能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障人员安全，维护正常的生产秩序，公司成立了辐射安全与环境保护管理领导小组。公司总经理是公司辐射防护安全第一责任人，为辐射安全与环境保护管理领导小组组长，现场工作的技术人员为辐射安全与环境保护管理领导小组成员，辐射安全与环境保护管理领导小组全面负责公司的辐射工作的管理和领导工作，对公司辐射相关工作的安全和管理进行统一领导、统一指挥。

12.1.1 辐射防护及应急救援领导小组的职责

- (1) 组织贯彻落实国家和地方政府、公司有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策；
- (2) 定期（每季度一次）召开会议，听取辐射安全与环境保护工作情况汇报，讨论决定辐射安全与环境保护工作中的重大问题和采取的措施；
- (3) 组织开展放射源安全检查活动，组织处理、通报事故；
- (4) 组织制定和完善放射源管理制度和操作规程，监督检查各规章制度的执行，督促整改辐射事故隐患。

12.1.2 主管领导安全职责

- (1) 协助队长做好辐射安全与环境保护管理工作；
- (2) 监督本单位贯彻执行国家及上级部门辐射安全与环境保护的方针、政策、法律、法规、标准、规定；
- (3) 指导、协调各部门对辐射安全与环境保护工作进行监督检查；
- (4) 组织制定放射性培训计划和辐射事故应急预案及演练计划；
- (5) 组织公司内部辐射事故的调查，提出责任者的处理意见。

12.1.3 各部门主管职责

- (1) 对部门辐射安全与环境保护工作负责；

(2) 模范遵守各项规章制度，严格执行其操作规程，坚持原则、禁止违章指挥、违章操作等行为；

(3) 检查、督促本部门人员正确使用放射安全防护用品，做好辐射安全防护设备设施的管理及日常维护保养工作；

(4) 检查工作区设备及各岗位辐射安全生产情况，落实预防辐射事故安全措施。发现隐患及时组织整改，暂时不能整改的应采取防范措施，并立即向上级报告；

(5) 发生辐射安全事故后立即向上级报告，要及时采取措施，迅速识别辐射事故现场危害因素，采取相应的辐射防护措施组织抢救并保护好现场。

12.2 辐射工作应具备的条件内容

1、辐射安全与环境保护管理机构：公司应确定总经理为本单位辐射工作安全责任人，设置辐射防护领导机构，并指定专人（组员）负责中子发生器的安全应用和防护工作，以确保中子发生器应用过程的安全运行。辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

2、人员资质：辐射工作人员应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。

人员管理制度应包括：人员培训制度，人员健康及个人剂量管理制度，辐射工作人员岗位职责。

公司应按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》关于职业健康检查的规定，每年对辐射工作人员进行健康检查和个人剂量监测，并建立相应的监护档案。

3、公司应制定的辐射相关管理制度，包括：辐射工作人员操作规程，辐射设备维护、维修制度，辐射防护和安全保卫制度，辐射工作场所监测制度，辐射事故应急预案。

4、公司应制定中子发生器台账记录：包括规章制度、管理规定。

5、公司应制定放射性三废处理方案或处理设施、设备相关资料

6、公司应制定工作场所辐射防护措施：野外作业（1）划定控制区和监督区；（2）安排专人负责安装中子发生器；（3）配备个人防护用品和监测仪器。

7、公司应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

个人剂量报警仪、便携式剂量监测仪、中子剂量率仪。

8、中子发生器（含氚靶部分）运输车辆不能及时返回源库储存时，须派专人 24 小时现场值班，并在附近明显位置粘贴电离辐射警告标志及警戒线隔离带。

12.3 辐射监测

1、监测方案：公司应委托有资质的单位定期对中子发生器应用场所周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。

- ①监测频度：每年常规监测一次。
- ②监测范围：中子发生器应用现场的作业区域。
- ③监测项目： γ 辐射剂量率和中子剂量率监测。
- ④监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

2、监测仪器：本项目应用的是中子发生器，因此公司应配置便携式 γ 剂量率监测仪和中子剂量率仪。

3、工作场所辐射监测：定期对职业人员工作场所辐射水平进行监测。

4、个人剂量监测：从事中子发生器应用的工作人员必须佩戴个人剂量率仪并定期检测，建立个人剂量管理档案。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 事故应急要求

(1) 公司对中子发生器的使用应成立辐射事故领导小组，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其中必要的应急程序，指明需要采取的主要应急行动及其主要特征和必须物品；

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

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

(5) 公司应保证与外界联络畅通，以确保与环保、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。

12.4.2 应急响应设备

(1) 放射测量设备 (γ 辐射监测仪、中子剂量率仪)

①测量范围能达到 mSv/h 的 γ 剂量仪;

②辐射环境水平监测仪;

(2) 人员防护设备

①应急响应成员直读式剂量仪;

②应急响应人员个人剂量计;

③防护工装裤、鞋套和手套;

④急救箱。

(3) 通讯设备

手提无线电通讯设备。

(4) 供给

①合适的屏蔽物 (明显减少辐射);

②至少 1.5m 长的夹钳, 适合处理应急情况下的污染物体;

③屏蔽容器;

④合适的处理工具;

⑤放射性警告标志和标签;

⑥防止设备污染的塑料;

⑦记录簿。

(5) 支持文件

①设备操作手册;

②分类响应程序;

③监测程序;

12.4.3 事故应急措

12.4.3.1 放射性污染事故应急处理措施

(1) 测井实施单位立即通知在场的其他人员, 同时迅速标出污染范围并划定警戒区, 迅速撤离无关工作人员, 防止其他人员进入污染区。事故发生后, 测井实施单位立即启动事故应急预案, 通知辐射安全领导负责人、主管人员及建设单位, 并立即向当地有关监督管理部门报告。根据《关于建立放射性同位素与射

线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2h 内填写《辐射事故初始报告表》向自治区环境保护部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(2) 测井实施单位辐射防护应急人员迅速提出全面处理事故的方案，并协助相关人员组织实施。污染区经去污、检测后，经辐射防护应急领导小组批准方可重新工作。

(3) 测井实施单位应急人员应穿戴好铅衣、铅帽、铅手套和呼吸防护器具等个人防护用品，并携带便携式剂量检测设备，对污染现场进行去污处理。

(4) 协助上级和地方主管部门做好调查工作，处理好现场，并做好相应的善后工作。污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

(5) 详细记录事故经过和处理情况，作为查找事故原因，改进防护工作，鉴定健康状况的依据。

12.4.4 中子发生器（含氚靶部分）丢失事故应急措施

(1) 当现场人员发现中子发生器（含氚靶部分）丢失（含被盗）时，测井实施小组应立即向公司辐射安全领导小组汇报，要将丢失的数量、时间和地点汇报清楚，并保护好现场。

(2) 测井实施小组负责人员立即组织人员查找，并将查找情况随时向公司辐射安全领导小组汇报。

(3) 公司辐射安全领导小组收到中子发生器（含氚靶部分）丢失的信息后，立即向公司应急办公室汇报，并立即向建设单位汇报；由建设单位向当地主管部门报告，请求协助查找。公司应急办公室立即组织人员研究措施，并组织人员赶赴现场进行处理。

(4) 测井实施单位积极协助上级和地方主管部门做好调查工作，尽快追回丢失的中子发生器（含氚靶部分），并做好相应的善后工作。

12.4.5 事故应急管理

本项目利用中子发生器行测井检测，在使用过程中可能存在中子发生器（含氚靶部分）被盗或丢失，中子发生器（含氚靶部分）落井等意外事故引起的辐射事故。当发生中子发生器（含氚靶部分）意外泄漏、落井事故情况时，应立即撤离其他无关人员，封锁现场，禁止无关人员进入。

启动放射性事故应急预案，并及时上报当地环保主管部门及自治区环保主管部门、公安和卫生行政主管部门。

12.4.6 事故应急预案分析

对放射性事故应急预案进行以下几个方面的分析：

12.4.6.1 有效的组织机构

该公司应成立辐射安全与环境保护管理领导小组和应急救援专业队伍，由公司领导和安全部门、生产管理部门组成事故应急指挥机构。野外作业队伍下设事故应急负责人，与作业队伍共同组成应急救援专业队伍，并明确各自责任。

12.4.6.2 通畅的通信联络系统

应急预案中应专门设立通讯联络相关内容，负责应急领导小组和应急救援专业队伍之间的联系以及同外界相关单位的联络任务。

12.4.6.3 事故报告程序

公司事故应急预案中事故报告程序应清楚、可行。具体为发现或得知事故的员工应立即向辐射安全与环境保护管理领导小组报告。辐射安全与环境保护管理领导小组接到报告后立即启动应急预案并通知应急救援专业队伍，火速赶赴现场，同时向当地的环保部门、上级主管部门和公安部门报告。

12.4.6.4 事故处理及监测

测井实施单位应急人员排除事故时，应配备防护衣、防护手套等防护措施和必要的剂量监测设备。事故处理完毕并经监测无危害后，由辐射事故领导小组下令撤销警戒，成立辐射事故调查小组，分析事故原因，总结事故经验、教训。

12.4.6.5 应急监测仪器、个人防护用品

测井实施单位应配备便携式剂量监测仪、安全报警仪等监测仪器。

同时配备个人防护设备（防护眼镜、防护服等）、个人放射性剂量计（一用一备，定期更换）、放射性废物收集箱、辐射标志、警戒线、警示灯等

12.4.7 其它措施

防盗、防抢和防破坏：测井所在地需配备相关的保卫人员，负责测井作业期间中子发生器暂存时的安全。中子发生器（含氚靶部分）运输时，应将中子发生器（含氚靶部分）容器内，放入铁皮箱柜并上锁固定。设置双人双锁，24h 专人看守，以满足防盗、防抢和防破坏的要求。

增加野外作业队的应急人员组织、培训及演练的相关内容。

制定严格的防盗实体保卫制度，禁止无关外来人员进入测井工作区等。

综上所述，在严格执行以上措施的情况下，测井实施公司必须从经费、物资、人员和技术方面做好准备工作，进行专项培训和演练以应急时之需。今后在预案的实施中应根据国家发布的法规内容，结合测井公司实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

新疆智隆优创石油技术有限公司严格按照国家法律法规要求和本报告提出的要求：配备各类辐射防护用品和监测设备；配置中子发生器（含氚靶部分）运输车辆；配置现场测井时的警戒线、警示灯等各类辐射防护设施。公司在严格执行国家法律法规要求和本报告提出的防治措施情况下，严格按照操作规范正确使用这些物品，可满足中子发生器辐射安全防护的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

13.1.2.1 辐射环境现状与评价结论

根据对公司中子发生器应用工作场所的相似区域井场—塔里木油田轮南测井井口周围的本底监测。项目拟进行测井作业辐射工作场所的 X、 γ 辐射致空气吸收剂量率和中子剂量当量率的监测结果均为本底辐射水平。

13.1.2.2 辐射环境影响分析结论

(1) 本项目经理论计算，正常工况下对中子发生器操作人员的最大有效剂量为 $2.1584 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量限值”的要求。

(2) 以停机后 1h 中子发生器外表面 0.3m 处的辐射剂量率水平，估算的职业人员所受年附加有效剂量当量率为 0.046mSv/a ，公众人员受到的附加有效剂量当量率为 0.005mSv/a 。以上结果均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的规定的职业人员剂量约束值 5mSv/a ，公众人员管理限值 0.1mSv/a 。

(3) 本项目应用的中子发生器（脉冲中子测井仪）石油测井时，放置井下至井口大于 3000m 后方供电开始测量，其井口处产生的辐射对地面环境已无影响。

(4) 本项目使用的中子发生器内的氚靶为氚化靶，氚化靶是将氚吸附在金属薄层内制得。中子发生器的氚靶在累计使用 100 小时后，需连同中子发生器送回生产厂家进行更换处理，并与厂家签订相关的回收协议。在中子发生器厂家不回收废氚靶时，新疆智隆优创石油技术有限公司必须严格按照《关于做好放

射性废物（源）收贮工作的通知》中的要求，使用 V 类放射源的单位，应将 V 类废旧放射源进行包装整备后，交送有相应资质的社会放射性废物集中贮存单位（含生产单位）贮存。并办理好相关手续，以备环保部门查验。

13.1.2.3 辐射安全管理综合分析

本项目中子发生器测井是新建项目，测井实施单位应针对本项目设置辐射安全管理机构，制定中子发生器应用项目测井方案，并应建立完善的安全防护和环境保护规章制度以及事故应急预案，并配备符合要求的辐射环境监测仪器和个人防护器材，落实项目各项防护措施和辐射安全措施，对测井过程的中子发生器应用设置有明细的台账登记。

13.1.2.4 辐射安全管理制度

公司应严格按照国家有关辐射防护相关规定的要求，制定相关管理规章制度、应急措施，切实落实本报告中提出的污染、辐射防护措施和建议，并应做到：

（1）工作人员工作时佩戴个人剂量计，穿戴防护用品，定期对个人剂量进行登记，建立个人剂量档案；发现个人剂量异常时及时查明原因，及时纠正处理。

（2）公司应配置 γ 辐射剂量率监测仪器和中子剂量率仪，对作业工作场所现场进行监测，了解工作场所的辐射剂量以及污染状况，确保工作人员以及环境的辐射安全。发现污染及时去污处理。

（3）工作人员取得培训合格证书，持证上岗，同时进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训。

13.1.2.5 使用中子发生器测井能力分析

测井实施单位应成立辐射防护领导机构，明确各成员职责，加强辐射安全监督管理，制定各项辐射防护规章制度；各辐射工作场所均应张贴有关辐射安全规章制度、操作规程和电离辐射标志，使之能切实满足辐射安全环境管理的要求。并应拥有专业的放射性工作岗位工作人员和安全管理人员，保证从事辐射工作的人员能达到相关法律法规的要求。

新疆智隆优创石油技术服务有限公司应用中子发生器测井，是公司业务发展、开发的正当需要。中子发生器在应用过程中综合考虑了周围环境因素，为确保应用过程的安全性，在完全落实国家有关法律法规和标准及本报告提出的辐射防护和安全措施、做到辐射防护最优化的前提下，本项目符合辐射防护“实践正

当性”原则，能够满足辐射环境保护的要求。

13.1. 3 可行性分析结论

本项目系利用中子发生器测井，系辐射和核技术在工业领域内的运用，根据国家发展和改革委员会第 21 号令《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 年修正）相关规定，属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”。因此，本项目是国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家当前的产业政策。本项目经理论计算，正常工况下对中子发生器操作人员的最大有效剂量为 $2.1584 \times 10^{-504} \text{Sv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）中“剂量限值”的要求。项目作业区周围无公众人员，正常工况下不会对公众人员造成辐射照射。

综上所述，新疆智隆优创石油技术服务有限公司应用中子发生器测井，内含氚靶，出厂活度 $6.29 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，属于 V 类放射源，中子发生器属于 II 类射线装置。在落实国家有关法律法规和标准及本评价报告所提出的各项防护和安全措施后，该公司具备所从事辐射活动的技术能力，其应用中子发生器测井，在正常运行时对周围环境的影响符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目是可行的。

13.2 建议和承诺

1、认真学习国家环保法规政策，提高安全文化素养，增强辐射防护意识；要求职工严格执行各项安全管理规章制度和安全技术操作规程。

2、公司购置设备时，需与销售厂家签订中子发生器（含氚靶部分）的回收协议，保证厂家按照协议要求回收废氚靶。

3、公司须严格执行辐射污染防治与辐射环境管理的法律法规，认真落实本报告中提出的各项辐射防护措施和本报告批复文件中的各项措施。加强对中子发生器的管理，在工作或储存期间必须有专人管理。

4、公司所有从事辐射操作的工作人员必须参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，加强防护意识，考试合格取得上岗证方能上岗。对操作人员实行轮换制度，尽量减少接触射线时间、扩大操作距离，对于中子发生器操作人员，进行操作时，必须加穿铅衣及其它劳动护具方可在该处进行操作。

5、公司要定期检查中子发生器的辐射防护设施，发现问题及时解决，杜绝辐射事故的发生。

6、公司须定期对中子发生器测井周围环境进行辐射监测。野外测井操作时应依法制定操作方案，划定控制区和监督区。控制区边界上必须悬挂清晰可见的警示标识，任何人员未经允许不得进入控制区。监督区（管理区）边界上必须设警示标识，如信号灯、铃、警戒绳，并悬挂清晰可见的警告牌，必要时设专人警戒。公众不得进入该区域，还应注意控制在监督区（管理区）边界附近不应有经常停留的公众成员。

7、每年对中子发生器应用的辐射安全和防护进行年度评估，发现问题应及时进行整改。将使用的中子发生器辐射安全防护情况进行年度评估并书面报告新疆环保厅；接受环保部门组织的辐射防护知识培训。

8、该项目运行后须自主进行竣工验收，通过验收后方可正式运行。

9、本报告表系按公司提供的资料编制，今后如使用的中子发生器有较大变化，应另作相应的环境影响评价，办理相应手续。

