核技术利用建设项目

中石化经纬有限公司华东测控分公司
新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目
环境影响报告表

中石化经纬有限公司华东测控分公司

2026 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中石化经纬有限公司华东测控分公司
新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目
环境影响报告表

建设单位名称：中石化经纬有限公司华东测控分公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省扬州市市辖区-瘦西湖风景名胜区老虎山 22 号

邮政编码：214023　　联系人：[redacted]

电子邮箱：[redacted]　　联系电话：[redacted]

目 录

表 1 项目基本情况 ..... - 1 -
表 2 放射源 ..... - 5 -
表 3 非密封放射性物质 ..... - 5 -
表 4 射线装置 ..... - 6 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 7 -
表 6 评价依据 ..... - 8 -
表 7 保护目标与评价标准 ..... - 11 -
表 8 环境质量和辐射现状 ..... - 15 -
表 9 项目工程分析与源项 ..... - 19 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 27 -
表 11 环境影响分析 ..... - 37 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 56 -
表 13 结论与建议 ..... - 62 -
表 14 审批 ..... - 67 -
附图 1 本项目地理位置示意图 ..... - 68 -
附图 2 放射源库周围环境及评价范围示意图 ..... - 69 -
附图 3 放射源库平面布置示意图 ..... - 70 -
附图 4 大源库平面布置示意图 ..... - 71 -
附件 1：项目委托书 ..... - 72 -
附件 2：辐射安全许可证 ..... - 73 -
附件 3：公司原有项目环评批复文件 ..... - 89 -
附件 4：公司现有核技术利用项目基本情况 ..... - 91 -
附件 5：江苏省生态环境分区管控综合查询报告书 ..... - 94 -
附件 6：辐射环境现状监测报告 ..... - 97 -
附件 7：放射源运输委托协议 ..... - 108 -
附件 8：现有辐射工作人员个人剂量检测报告 ..... - 117 -
附件 9：核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单 ..... - 171 -
附件 10：放射源源罐设计备案表 ..... - 176 -

附件 11：Pu-238/Be 中子放射源技术规格书 .....- 177 -

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">中石化经纬有限公司华东测控分公司
（统一社会信用代码：91321011MA25C2R08Q）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>胡维</td><td>联系人</td><td>[redacted]</td><td>联系电话</td><td colspan="2">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">江苏省扬州市市辖区-瘦西湖风景名胜区老虎山 22 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">放射源库：江苏省扬州市江都区真武镇
测井现场：油气田中子放射源测井现场</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>[redacted]</td><td>项目环保总投资（万元）</td><td>[redacted]</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☐改建 ☑扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="5">☐I类 ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☐I类（医疗使用） ☐II类 ☑III类 ☐IV类 ☐V 类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐乙　☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐II类　☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">☐II类　☐III类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐II类　☐III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述：

一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

中石化经纬有限公司华东测控分公司（以下简称“公司”）隶属于中石化经纬有限公司，办公地址位于江苏省扬州市蜀冈—瘦西湖风景名胜区老虎山路 22 号，是一家以服务油气勘探开发为目标，集测井、录井、射孔、导向、定向、技术研发与仪器修造、资料解释与评价为一体的专业化测控技术服务公司。

公司现已开展放射源和非密封放射性物质测井工作，于江苏省扬州市江都区真武镇建有放射源库一座，用于放射源和非密封放射性物质贮存，测井工作在油田测井现场进行。公司目前开展的核技术利用项目均已履行环保手续，但由于年限久远及公司合并、重组等原因，早期环保手续文件已不可追溯；现仅留存有2014年实施扩建中子放射性测井项目的环境影响报告表及其批复文件，详见附件3。目前，公司辐射安全许可证上登记在册的放射源共111枚，非密封放射性物质共5种，均为测井用途，详见附件2及附件4。

实际开展测井工作以来，公司已许可的放射源常分散在多地使用，国内市场主要涉及到江苏、安徽、新疆、内蒙、陕北、东北、山西、海南、重庆、四川、广西、广东、浙江、贵州等十几个省、市地区，海外市场涉及厄瓜多尔、泰国、科威特、加蓬和尼日尔等。由于测井工作现场需要，公司现有放射源不能满足公司开展新的测井项目需求,因此公司拟新增1枚Pu-238/Be中子放射源(最大活度为2.4×10^{11}Bq,即6.5Ci，属III类放射源），用于开展中子放射性测井工作；测井仪校验使用现有的1枚Am-241/Be校验源（最大活度为2.5×10^{5}Bq，即6.7μCi，属V类放射源）。

公司现有74名辐射工作人员，每次测井任务，公司将从现有辐射工作人员中调配8人组成测井队，含1名负责人、1名安全员和6名测井操作人员。单次测井任务由同1支测井队完成，不同测井任务人员不固定。根据建设单位提供资料，每年开展测井最多100口。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国生态环境法典》《建设项目环境保护管理条例》《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》等法律、法规和部门规章，本次新增Pu-238/Be中子放射源测井项目需进行环境影响评价。受中石化经纬有限公司华东测控分公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了新增Pu-238/Be中子放射源测井项目的环境影响评价工作（委托书见附件1）。根据《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环保总局 公告 2005年 第62号），本项目Pu-238/Be中子放射源活度为2.4×10^{11}Bq，属III类放射源。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令 第16号，2021年版），本项目使用Pu-238/Be中子放射源开展放射性测井工作，属于“172 核技术利用建设项目”中“使用III类放射源的”项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及

现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。

中石化经纬有限公司华东测控分公司新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目放射源使用情况见表 1-1。

表 1-1 本项目放射源使用情况一览表

序号	放射源名称	活度（Bq）	数量（枚）	类别	活动种类	用途	备注
1	Pu-238/Be	2.4×10^{11}	1	III类	使用	中子测井	拟新购
2	Am-241/Be	2.5×10^{5}	1	V类	使用	中子测井（测井仪校验）	现有

二、项目周边保护目标及项目选址情况

中石化经纬有限公司华东测控分公司位于江苏省扬州市市辖区-瘦西湖风景名胜区老虎山 22 号，公司放射源库位于江苏省扬州市江都区真武镇，测井现场工作地点不固定，常为人迹罕至的野外。本项目放射源库地理位置示意图见附图 1，平面布置及周围环境示意图见附图 2。

放射源库东侧、南侧、北侧均为农田，西侧为河东一号公路。放射源库内设有值班室、休息室、监控室、杂物间、同位素分装室、衰减池、大源库、小源库、水池及卫生间等。大源库内设有 10 个源坑，本项目放射源拟贮存于大源库的 5~10 号源坑，根据源坑实际占用情况合理安排。大源库位于放射源库东部中间位置，大源库平面布置示意图见附图 3。

大源库周围 50m 评价范围东侧、南侧、北侧均至放射源库外农田，东北侧至九华淹河，西侧位于放射源库内部。项目投入运行后的主要环境保护目标为本项目辐射工作人员和评价范围内的其他公众等。本项目仅新增放射源，不对放射源库进行改造；大源库为独立建筑，且位于放射源库内部，与外界有围墙隔离；评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目放射源库已安全运行多年，场地稳定、地质条件良好，周围无危险性、爆炸性物品经营、贮存场所，项目选址合理。

三、原有核技术利用项目许可情况

中石化经纬有限公司华东测控分公司辐射安全许可证证书编号为“苏环辐证[00114]”，许可种类和范围为“使用II类、III类、IV类、V类放射源；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至 2027 年 2 月 23 日。公司辐射安全许可证正副本见附件 2。

公司现有的核技术利用项目已履行环保相关手续，公司现有核技术应用项目基本

情况见附件 4。

中石化经纬有限公司华东测控分公司已成立放射性同位素安全管理领导小组，负责全公司的辐射防护与辐射安全管理工作；公司现有辐射工作人员及辐射安全管理人员均已取得辐射安全与防护考核合格证书，辐射工作人员均进行个人剂量监测和职业健康体检；公司已建立辐射安全管理规章制度并严格执行，满足公司现有核技术利用项目的辐射安全管理；公司已委托有资质单位对公司核技术利用项目开展年度监测，并在日常工作中开展自主监测；公司已制定辐射事故应急措施预案并定期组织演练，公司开展核技术利用项目以来，未发生过辐射事故（事件）；公司现有核技术利用项目的“三废”排放情况均在其原有环评及批复范围内，无异常情况；公司已为现有核技术利用项目工作人员配备必要的个人防护用品及辅助防护设施；公司每年对已开展的核技术利用项目进行年度评估，编写年度评估报告并按时提交至全国核技术利用辐射安全申报系统。

四、实践正当性分析

放射源测井是目前获取地层密度、中子孔隙度等核心参数的最直接、最可靠方法，通过测井获取准确的地层参数能够指导完井方案优化，避免无效射孔和压裂段，单井可节约工程成本数十万元至数百万元。我国油气资源对外依存度高，加大国内勘探开发力度是保障能源安全的战略要求。放射源测井能够提高油气藏识别精度，降低钻井风险，提升单井产量和采收率，对实现增储上产目标具有重要作用。测井过程中，放射源的辐射影响经辐射防护屏蔽和安全管理后，对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

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	Pu-238/Be	$2.4\times10^{11}\times1$	III类	使用	测井	测井现场	放射源库中大源库内 5~10 号源坑	拟新购
2	Am-241/Be	$2.5\times10^{5}\times1$	V类	使用	校验	测井现场	放射源库中大源库内铅柜	现有
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
报废/退役放射源	固态	Pu-238/Be	/	/	/	/	暂存于放射源库	由放射源生产厂家回收
放射源泄漏事故导致物品污染产生的放射性废物	固态	Pu-238/Be	/	/	/	/	不暂存	破损放射源由原厂家回收；其余放射性废物送贮城市放射性废物库
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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^3；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/m^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日起施行； （2）《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 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行； （3）《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第 253 号，1998 年 11 月 29 日发布，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第 682 号）修订，2017 年 10 月 1 日起施行； （4）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； （5）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； （7）《关于发布放射源分类办法的公告》，（原）国家环保总局 公告 2005 年 第62号，2005年12月23日发布； （8）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430号，2016年3月7日起施行； （9）《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令 第612号，2012年3月1日起施行； （10）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年修改），国家发展和改革委员会2023年令 第7号，2024年2月1日起施行； （11）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施； （12）《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布； （13）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019

	年 第39号，2019年10月25日发布； （14）《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，2019年12月24日发布； （15）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第9号，2019年11月1日起施行； （16）《省政府关于印发江苏省国土空间规划（2021—2035年）的通知》，苏政发〔2023〕69号，2023年8月16日发布； （17）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布； （18）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日发布； （19）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1 号，2025 年 9 月 21 日起施行； （20）《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布； （21）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布。
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （2）《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）； （3）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （4）《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）； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （7）《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）； （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （9）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）； （10）《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）； （11）《辐射防护仪器中子周围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019）。

其他	**附图：** （1）本项目地理位置示意图； （2）放射源库周围环境及评价范围示意图； （3）放射源库平面布置示意图； （4）大源库平面布置示意图。 **附件：** （1）项目委托书； （2）辐射安全许可证； （3）公司原有项目环评批复文件； （4）公司现有核技术利用项目基本情况； （5）江苏省生态环境分区管控综合查询报告书； （6）辐射环境现状监测报告； （7）放射源运输委托协议； （8）现有辐射工作人员个人剂量检测报告； （9）核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单； （10）放射源源罐设计备案表； （11）Pu-238/Be 中子放射源技术规格书。

表 7　保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”的规定，结合本项目的特点，确定本项目放射源库部分评价范围为大源库实体屏蔽边界外周围 50m 范围内区域，测井现场评价范围为监督区边界外 100m 范围区域。放射源库部分评价范围详见附图 2。

保护目标

本项目评价范围内均不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目拟建址所在地块位于江都区一般管控单元（编码：ZH32101230221）内，均不在生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目为核技术利用建设项目，能够满足重点管控单元的管控要求。

大源库周围 50m 评价范围东侧、南侧、北侧均至放射源库外农田，东北侧至九华淹河，西侧位于放射源库内部。项目投入运行后的主要环境保护目标为本项目辐射工作人员和评价范围内的其他公众等。本项目环境保护目标详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	场所		保护目标	方位	最近距离	保护对象类别	人口规模	剂量约束值
1	放射源库		辐射工作人员	西侧	在放射源库工作	职业	74 人	5mSv/a（职业人员）
2	测井现场			/	在测井现场工作			
3	放射源	农田	其他公众	东侧	约 2m	公众	流动	0.1mSv/a

4	库周围	农田	其他公众	南侧	约 30m	公众	务农人员	（公众）
5		农田	其他公众	北侧	约 2m	公众		
6	测井现场周围		其他 工作人员	周围	10m	公众	流动 工作人员	
7			其他公众	周围	10m	公众	流动人员	

注：1、单个测井项目的测井队为固定的 8 名辐射工作人员，不同测井项目的工作人员不固定，每次测井项目由公司从现有辐射工作人员中调配 8 人组成测井队（公司现有辐射工作人员共 74 名），放射源出入库时由测井队中的 2 名辐射工作人员进行操作；

2、测井现场周围公众人口根据每个测井项目的位置、周围环境不同而变化，无固定人口规模。

评价标准

1.剂量限值：

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的个人剂量限值，见表 7-2。

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

照射类型	剂量限值
职业照射	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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

2.剂量约束值

根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）中 4.3 条款要求确定本项目剂量约束值：

4 一般要求

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

3.剂量率控制水平：

（1）根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）中 5.1.5 条款要求确定**放射源罐**表面剂量率控制水平：

5 测井活动辐射安全与防护

5.1 放射源测井

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

表 1 测井放射源源罐载源时表面 5cm 处的周围剂量当量率控制值

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

（2）根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）中 7.3 条款要求确定**运源车**的剂量率控制水平：

《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）：

7 运输的辐射安全与防护

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

（3）根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）中 6.1.9 条款要求确定**放射源库**的剂量率控制水平：

6 源库及实验室辐射安全与防护

6.1 源库

6.1.9 源库墙体、门窗、室顶等屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。墙体、门窗的材料与结构要具有防盗与防火功能。

（4）根据《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）中第 5.2.5 条款要求确定**测井现场**的剂量率控制水平：

5 贮存、运输及测井现场的放射防护要求

5.2 运输及测井现场的放射防护要求

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

4.参考资料：

（一）《辐射防护导论》，方杰主编。

表 8　环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

中石化经纬有限公司华东测控分公司位于江苏省扬州市市辖区-瘦西湖风景名胜区老虎山 22 号，公司放射源库位于江苏省扬州市江都区真武镇，测井现场工作地点不固定，常为人迹罕至的野外。

放射源库东侧、南侧、北侧均为农田，西侧为河东一号公路。放射源库内设有值班室、休息室、监控室、杂物间、同位素分装室、衰减池、大源库、小源库、水池及卫生间等。大源库内设有 10 个源坑，本项目放射源拟贮存于大源库的 5~10 号源坑，根据源坑实际占用情况合理安排。

大源库周围 50m 评价范围东侧、南侧、北侧均至放射源库外农田，东北侧至九华淹河，西侧位于放射源库内部。项目投入运行后的主要环境保护目标为本项目辐射工作人员和评价范围内的其他公众等。本项目仅新增放射源，不对放射源库进行改造；大源库为独立建筑，且位于放射源库内部，与外界有围墙隔离；评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。

本项目放射源库现状照片见图 8-1 至图 8-3。



图 8-1　放射源库现状

图 8-2　大源库现状

图 8-3 大源库内部现状

二、辐射环境现状调查

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《辐射防护仪器中子周围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于大源库、小源库周围进行布点，测量中子和γ辐射剂量率。监测结果见表 8-2，监测点位示意图见图 8-4。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测项目：中子辐射剂量率、γ辐射剂量率

检测仪器：见表 8-1。

表 8-1 检测仪器信息一览表

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
1	环境监测用X、γ辐射吸收剂量率仪	BG9511	[redacted]	[redacted]
2	中子周围剂量当量率仪	FH40G+FHT762	[redacted]	[redacted]

监测日期：2026 年 5 月 27 日

天气：多云

温度：24℃

湿度：78%

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 6），具备相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行三级审核。

数据记录及处理：γ辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，待计数稳定后读取数值，每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差；中子辐射剂量率监测每个点位读取 3 个数据，读取间隔不小于 10s，待计数稳定后读取数值，每组数据计算每个点位的平均值。

评价方法：参照江苏省环境天然γ辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-2 本项目拟建址及其周围环境中子和γ辐射水平检测结果

测点编号	测点描述	测量结果		备注
		γ（nGy/h）	中子（nSv/h）	
1	放射源库门口道路	55	1.38	室外道路
2	放射源库内部道路	55	183	室外道路
3	大源库东侧	77	224	室外道路
4	大源库南侧	71	226	室外道路
5	大源库西侧	74	483	室外道路
6	大源库门口	75	488	室外道路
7	大源库北侧	101	465	室外道路
8	小源库东侧	85	273	室外道路
9	小源库南侧	78	598	室外道路
10	小源库西侧	72	597	室外道路

11	小源库门口	73	600	室外道路
12	小源库北侧	90	340	室外道路
13	放射源库南侧农田	54	168	原野
14	放射源库东侧农田	55	196	原野
15	放射源库北侧农田	54	183	原野

注：1.上表γ辐射水平检测结果已扣除检测仪器宇宙射线响应值。环境γ辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式$\dot{D} = C_f(E_f\dot{X} - \mu_c\dot{X_c}')$计算，其中，$C_f$为仪器量程检定/校验因子，本项目为 1.11；$E_f$为仪器检验源效率因子，本项目取 1；$\dot{X}$为现场监测时仪器 n 次读数的平均值；μ_c为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；$\dot{X_c}'$为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为 7nGy/h。

2.现场检测期间，大源库内存有 11 枚 Am-124/Be 放射源、17 枚 Cs-137 放射源、4 枚 Ra-226 放射源、2 枚 Am-124 放射源，小源库内存有 12 枚 Am-124/Be 放射源、19 枚 Cs-137 放射源、1 枚 Ra-226 放射源、1 枚 Co-60 放射源。

由表 8-2 监测结果可知，中石化经纬有限公司华东测控分公司放射源库及周围环境γ辐射剂量率为 54nGy/h~101nGy/h，中子辐射剂量率为 1.38nSv/h~600nSv/h，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

图 8-4 辐射环境现状检测点位示意图

表 9　项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

本项目拟新增 1 枚 Pu-238/Be 中子源，适用于套损-固井诊断和储层评价综合测井仪，用于开展中子源测井。测井仪本身不含放射源，也不属于射线装置，测井时放射源安装在测井仪内使用。本项目 Pu-238/Be 中子源主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目放射源主要技术参数表

项　目	参　数
核素	Pu-238/Be
活度	6.5±1% Ci（2.4×10^{11}Bq）
射线类型	中子
发射率	[redacted]
中子输出率	[redacted]
半衰期	87.75 年
放射源外层包壳尺寸	[redacted]
放射源尺寸	[redacted]
源壳材料	具有亲磁性的特种合金钢
适用仪器	套损-固井诊断和储层评价综合测井仪

本项目 Pu-238/Be 中子放射源活度为 2.4×10^{11}Bq，对照《放射源分类办法》，参考 Pu-238、Pu-239/Be 的分类活度，处于“6×10^{10}~6×10^{11}” Bq 范围，属于III类放射源。

Pu-238/Be 中子源是由高纯度的二氧化钚（PuO_2）和金属铍（Be）粉末混合而成，混合后的粉末经过冷压工艺，被压制成一个圆柱体作为最终源芯。为确保高能α粒子能与铍充分反应，混合物中 Pu-238 同位素的丰度要求大于 90%。源芯被封装在源包壳内，包壳内层采用合金铝，外层采用特种合金钢，外层和内层均采用氩弧焊工艺进行密封，以保证焊接质量和密封性，防止源芯物质泄漏。Pu-238/Be 中子源结构如图 9-1 所示。

图 9-1 Pu-238/Be 中子源结构示意图

二、工作原理及工作流程

（一）工作原理

Pu-238/Be 中子源的源芯是二氧化钚（PuO_2）和金属铍（Be）粉末压制成的圆柱，Pu-238 作为α发射体，Be 作为靶体。Pu-238 是一种放射性核素，其衰变产生 5.5MeV 的α粒子，α粒子与 Be 原子核发生核反应，产生足够的能量而使中子发射出来。α粒子穿透能力很弱，放射源包壳足以将其屏蔽；而中子穿透能力强，能够穿过放射源包壳，从而使 Pu-238/Be 整体成为中子放射源。

中子是一种不带电荷中性粒子，因此中子源发射出的中子可以不受周围介质中原子内部电场作用，直接打到原子核上，与原子核发生碰撞，从而引发核反应。反应产生的高能中子经地层中含氢材料慢化后，变成能量较小的热中子，热中子因为其能量小，不能再引发核反应，所以在很短时间内，在中子源周围地层中形成一种处于动态平衡热中子浓度分布。由于氢对高能中子减速最明显，所以中子源周围热中子浓度分布是由该处氢浓度决定的。氢含量是由水或油的多少决定的，水或油的多少就是地层孔隙度的直接显示。中子测井原理如图 9-2 所示。

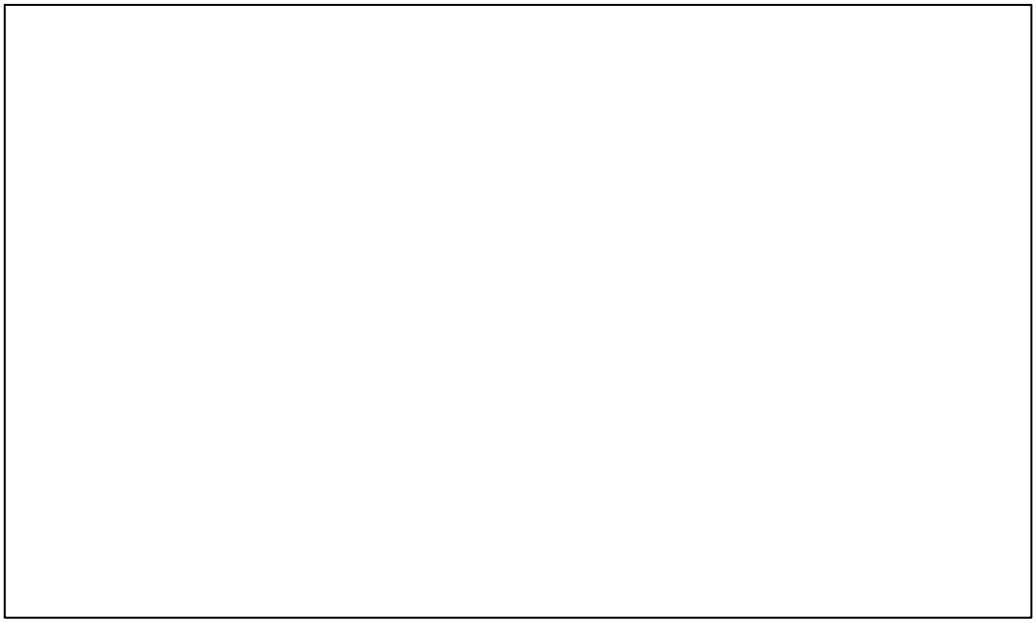

图 9-2 中子测井原理示意图

（二）工作流程及产污环节分析

使用中子放射源开展测井工作的工艺流程如下：

1、建设单位接收测井委托任务（测井施工通知）后，根据测井井场具体布置情况及钻井数据制定测井方案。测井方案包括本次测井任务的人员安排、测井时间安排、测井队人员职责及测井现场辐射防护方案和辐射事故应急预案等内容。

2、完成测井方案后，按照方案到放射源库领用放射源，并将放射源运输到测井工作现场。领用放射源时，做好放射源出库交接；启运前，需对源罐表面 X-γ、中子周围剂量当量率进行检测，确认放射源位于源罐内；放射源运输工作委托有资质的单位承担。

3、在放射源进入测井场地前，建设单位要对具体开展的测井工作进行现场公告，根据测井方案划定控制区范围，在控制区边界放置电离辐射警告标志及中文警示说明，对控制区内无关人员进行清场。然后将放射源从运输车转移到测井车防护舱内。

4、正式开展测井工作前，需确认测井仪、放射源装卸工具、源容器及防护用品是否齐全，性能状态是否完好，无误后方可进行下一步。

5、为保障测井工作质量，测井人员在测井前、后需要对测井仪进行校验。由专人从测井车防护舱中取出校验源源盒，搬运到测井仪处，打开源盒后迅速将校验源装入测井仪，将含源仪器段放入仪器架水箱，校验记录数据。完成测井仪校验后，将校验源从测井仪上取下，装回源盒，测量源盒表面剂量率，确保源在源盒内，然后由专

人送回测井车防护舱中暂存。测井仪校验在控制区内进行，校验期间安排专人在控制区边界使用辐射巡测仪进行巡测；校验源收回源罐后，需对源罐表面剂量率进行监测，以确保源在源罐内。

6、在开展测井装源工作前，将先在井口加装井口盖，放置放射源托盘、毛毯，防止放射源落入井口。然后由测井队 2 名辐射工作人员将放射源从测井车防护舱中取出、运送至井口附近，采用长度不小于 1m 的卡扣式取源器对准源罐提取放射源，并在原地迅速转入测井仪中，并通过扭力扳手上紧专用螺丝。装源期间，安排专人在控制区边界使用辐射巡测仪进行巡测。

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

8、完成测井后，吊起测井仪器，在井口加装井口盖，通过取源器将放射源卸下、转入源罐中，再次进行源罐表面剂量率检测，确保放射源收回源罐内并安全后，转送至测井车停放处，将源罐送至测井车防护舱暂存。卸源期间，安排专人在控制区边界使用辐射巡测仪进行巡测。

9、测井完成后，需再次对测井仪进行校验。由专人从测井队测井车防护舱中取出校验源进行仪器校验；完成测井仪校验后，由专人将校验源从仪器中取出，送回测井队测井车防护舱中暂存，再将测井仪送回测井车内存放。测井仪校验在控制区内进行，校验期间安排专人在控制区边界使用辐射巡测仪进行巡测；校验源收回源盒后，需对源盒表面剂量率进行监测，以确保源在源盒内。

10、测井队完成测井工作后，开展放射源返回运输工作。辐射工作人员进行源罐表面剂量率检测，确定放射源在源罐内，核对放射源信息，将放射源从测井车转移到运输车上，并进行放射源交接台账记录工作。整个测井过程中，校验源和测井源的储存均使用源罐存放于测井车的防护舱内，不设其他临时储源场所或设施。

11、将放射源运送回放射源库，与源库管理人员进行放射源入库交接，做好交接记录。

本项目使用 Pu-238/Be 中子放射源开展中子测井，使用 Am-241/Be 对测井仪进行校验。Pu-238/Be 和 Am-241/Be 放射源产生中子射线同时伴随γ射线，在测井仪放射源校验、测井仪器装卸源、源罐搬运等过程对辐射工作人员产生中子和γ外照射影响。本项目工作流程及产污环节如图 9-3 所示。

图 9-3 中子测井工作流程、放射源转移及产物环节示意图

三、原有工艺不足及改进情况

中石化经纬有限公司华东测控分公司现已能够熟练使用多种不同活度的中子放射源进行测井，积累了丰富的现场作业经验，能够针对不同地层条件和测井需求灵活选择与优化源项。围绕各类中子源的应用，公司已建立起成熟、标准化的工艺流程，涵盖源库管理、源具装配、现场操作、安全防护及退役处置等全环节。同时，公司配备了齐全、专业的作业人员队伍以及先进的测井设备，从人员资质、设备状态到应急响应能力均有充分保障，可确保中子测井作业安全、高效、精准地实施。本次新增 1 枚 Pu-238/Be 中子放射源用于开展测井工作，不涉及对公司原有工艺的改进情况。

四、工作负荷及人员配置

公司现有 74 名辐射工作人员，每次测井任务，公司将从现有辐射工作人员中调配 8 人组成测井队，含 1 名负责人、1 名安全员和 6 名测井操作人员。单次测井任务由同 1 支测井队完成，不同测井任务人员不固定。根据建设单位提供资料，本项目 Pu-238/Be 中子放射源每年开展测井最多 100 口。

污染源项描述

一、放射性污染

（一）中子、γ射线外照射

1、Pu-238/Be 中子源

[redacted]

α粒子穿透能力很弱，放射源包壳足以将其屏蔽；而中子和γ射线穿透能力强，能够穿过放射源包壳。因此 Pu-238/Be 中子放射源的放射性污染主要是使用过程中产生的中子和γ射线外照射影响。

由《辐射防护导论》（方杰 主编）表 5.1 可知，本项目 Pu-238/Be 中子放射源的特性见表 9-2。

表 9-2 Pu-238/Be 中子放射源的特性一览表

名称	放射性核素	反应类型	半衰期	中子最大能量	中子平均能量	中子产额	中子源发射率为 $10^6 s^{-1}$，距离为 1m 处的γ照射量率	中子能谱	伴随γ辐射
[redacted]									

2、Am-241/Be 中子源

Am-241/Be 中子放射源产生中子的过程分为两步。

[redacted]

[redacted]

α粒子穿透能力很弱，放射源包壳足以将其屏蔽；而中子和γ射线穿透能力强，能够穿过放射源包壳。因此 Am-241/Be 放射源的放射性污染主要是使用过程中产生的中子和γ射线外照射影响。

由《辐射防护导论》（方杰 主编）表 5.1 可知，本项目 Am-241/Be 中子放射源的特性见表 9-3。

表 9-3 Am-241/Be 中子放射源的特性一览表

名称	放射性核素	反应类型	半衰期	中子最大能量	中子平均能量	中子产额	中子源发射率为 $10^6 s^{-1}$，距离为 1m 处的γ照射量率	中子能谱	伴随γ辐射
[redacted]									

（二）放射性“三废”

放射源测井工作不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。

本项目 Pu-238/Be 为III类放射源，Am-241/Be 为V类放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中“转让Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议”的要求，建设单位应与 Pu-238/Be 放射源生产厂家签订放射源返回协议，Pu-238/Be 放射源使用报废或退役后，将由放射源生产厂家进行回收处理。Am-241/Be 放射源使用退役后拟送贮城市放射性废物库。

本项目放射源为密封放射源，经与建设单位核实，日常定期泄漏检测不产生放射性废物；若检测发现产生泄漏，则判定为事故状态。事故状态下，破损放射源由原生产厂家回收，其余放射源废弃物送贮城市放射性废物库。

二、非放射性污染

（一）废气

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

放射源贮存在放射源库的源坑内时，使用源罐将放射源密封保存，不存在裸源直

接接触空气的情况，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量也极小。本项目大源库保持良好的通风，臭氧常温下约 50min 可自然分解为氧气，对环境影响较小。

（二）废水

主要是工作人员产生的生活污水。本项目不新增工作人员，因此不新增生活污水产量；未外出的工作人员生活污水将进入公司污水处理站，处理达标后排入城市污水管网；外出测井的工作人员生活污水依托测井现场的生活污水处理设施（施工营地或项目部的卫生间）处理。

（三）固体废物

工作人员产生的生活垃圾，分类收集后由市政环卫部门定期清运。

表 10　辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

（一）放射源库

中石化经纬有限公司华东测控分公司放射源库位于江苏省扬州市江都区真武镇，发射源库东侧、南侧、北侧均为农田，西侧为河东一号公路。放射源库内设有值班室、休息室、监控室、杂物间、同位素分装室、衰减池、大源库、小源库、水池及卫生间等，用于放射源贮存的大源库位于放射源库东部中间位置。本次新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目仅新增 1 枚 Pu-238/Be 中子放射源，不涉及放射源库的改造。

公司将大源库、小源库、同位素分装室内部作为防辐射防护控制区，将放射源库内除大源库、小源库、同位素分装室以外的区域作为防护监督区。公司在放射源库入口处粘贴电离辐射警告标志，设立表明监督区的标牌。放射源库辐射防护分区如图 10-1 所示。

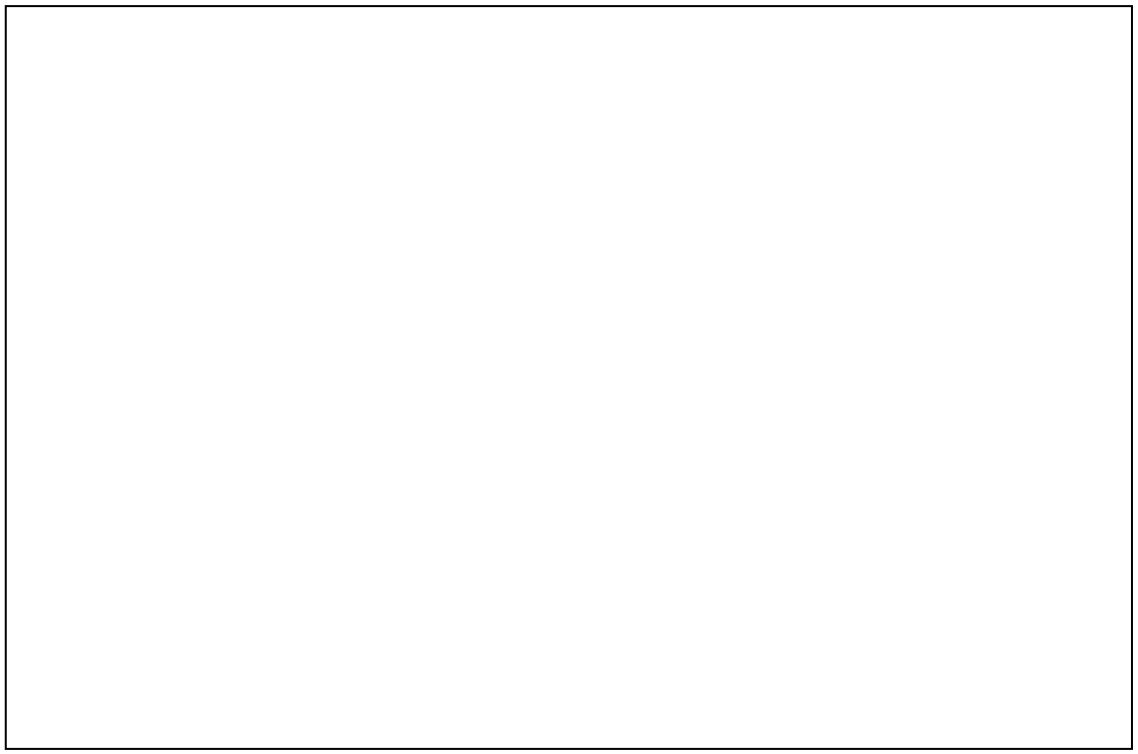

图 10-1 放射源库辐射防护分区示意图

（二）测井工作现场

放射源测井过程中，测井源和测井仪器位于 600m～5000m 深度，经过地层屏蔽、距离衰减后，放射源在井口处地表辐射剂量率贡献值远小于当地环境本底值，可忽略

不计。放射源从进入测井现场至离开测井现场整个工作时段内，对周边环境辐射影响主要集中于测井仪器装源、卸源环节，此时放射源处于裸露状态，其对周边环境辐射影响较大。

根据《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118-2020）中第 5.2.5 条相关规定：“室外操作放射源时应设置控制区，在控制区边界上设置警戒线和警告标志（或采取警告措施），防止无关人员进入边界以内的操作区域。使用刻度源对测井仪器进行刻度时，宜在源库所在地围墙内进行，如需在场外进行刻度应设置控制区，控制区边界的周围剂量当量率不应超过 2.5μSv/h。”由于场外刻度是测井工作的一部分，两者的控制区划分应采用同一标准，即密封放射源测井控制区边界也应按照 2.5μSv/h 进行控制。

Pu-238/Be 的γ射线剂量率可采用公式 11-3 计算，中子剂量率采用公式 11-4 计算，以γ射线剂量率与中子剂量率之和不大于 2.5μSv/h 反推距离 r，即可得到控制区边界距离，结果见表 10-1。

表 10-1 测井现场控制区边界距离

放射源	活度	控制区边界剂量率限值	控制区边界距离
Pu-238/Be	2.4×10^{11}Bq	2.5μSv/h	9.02m

由表 10-1 计算结果可知，测井过程中，保守起见应以 Pu-238/Be 放射源（即井口处）为中心，将周围 10m 范围划为控制区。Am-241/Be 的活度远小于 Pu-238/Be，则在同一位置使用时，Pu-238/Be 的控制区范围可以覆盖 Am-241/Be 的控制区范围。

实际测井过程中，首先根据理论计算结果初步划定控制区边界；现场辐射工作人员使用辐射剂量率仪在测井现场由远及近测量现场周围剂量当量率（测井现场条件不发生变化情况下仅需测量一次），根据测量结果对控制区边界进行适当调整；依据现场测量数据最终确定控制区边界，以确保划定控制区边界剂量率≤2.5μSv/h。测井期间，非授权辐射工作人员一律禁止进入控制区。测井仪器放射源装卸期间，在控制区边界上使用警戒线围住控制区，在控制区边界上合理位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入辐射区域”标牌，测井期间安排人员对控制区边界进行巡逻，未经许可人员不得进入控制区内。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

关于控制区与监督区的管理措施，公司应做到：

1、控制区的管理措施：

（1）控制区边界设立醒目的“当心电离辐射”警告标志。“当心电离辐射”警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 F 要求，如图 10-2 所示。



图 10-2 电离辐射警告标志

（2）制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

（3）运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁、警戒线）限制进出控制区；

（4）在工作场所备有个人防护用品、工作服；

（5）定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

2、监督区的管理措施

在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，安排人员值守、警戒。

二、辐射防护屏蔽设计

（一）储源罐

本项目 Pu-241/Be 放射源出厂时，厂家配套有专用源罐，源罐直径为 426mm，高度为 530mm，源罐材质为 18cm 含硼聚乙烯+8mm 钢。中心储源孔预留螺纹，与放射源上螺纹对应，储源时将放射源装入储源孔并使用扳手拧紧，防止脱落。源罐结构如图 10-3 所示。

图 10-3 储源罐结构示意图

公司现有 Am-241/Be 校验源的源盒尺寸为 40cm（长）×30cm（宽）×20cm（高），外壳为不锈钢，内部填充有机玻璃。

（二）放射源库

中石化经纬有限公司华东测控分公司放射源库内设有大、小两个源库，目前大源库源坑中主要存放活度高于 1Ci 的γ放射源和中子放射源,大源库铅柜中主要存放低活度的校验源；小源库源坑中测井源、校验源均有存放，铅柜作备用。本项目放射源拟存放于大源库 5~10#源坑内。大源库长 12.8m，宽 5m，高度为 6m，墙壁均为 370mm 混凝土，屋顶为 290mm 混凝土，防护门为 100mm 钢板。大源库内设有 10 个源坑，源坑具体屏蔽防护设计见表 10-2。

表 10-2 大源库源坑屏蔽设计一览表

源库	源坑	屏蔽设计	
大源库	1~10 号源坑	直径	外径 110cm，内径 70cm
		深度	250cm
		壁厚	外径为 50cm 混凝土，内径为 8mm 钢板，内外径之间填充石蜡和 10mm 铅
		封盖	厚度为 50cm，外层为 8mm 钢板，内腔注入石蜡和 10mm 铅
		布置形式	下沉井式，封盖顶高出地面 25cm

注：混凝土密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^3，石蜡密度为 0.90g/cm^3。

本项目放射源库的设计符合 HJ 1325-2023 中“源库内应有足够的使用面积，便于存放与领取放射源和非密封放射性物质”、“源库内应根据需要设置安全可靠的贮源坑、贮源柜、贮源箱、放射性废液容器等专用贮存设施，测井放射源、非密封放射性物质及废旧放射源、放射性废物应分别暂存于不同标识和编号的贮存设施内”、“设置贮源坑时，坑深度应大于 100cm，坑上方应盖有适当材料与厚度的防护盖，坑内应保持干燥”、“贮存大于 185GBq 的中子源和大于 18.5GBq 的γ放射源时，应配备机械提升与传送设备”的标准要求。

三、辐射安全和防护措施

（一）放射源库的辐射安全与防护措施

中石化经纬有限公司华东测控分公司放射源库目前采取的辐射安全与防护措施主要有：

1、放射源库为独立建筑物，四周均为 2.2m 高的实体围墙，围墙顶安装刺丝滚笼和脉冲电子围栏；放射源库大门为钢制防盗门，门外设置防冲撞桁架。围墙和大门作为放射源库的最外层屏障，可以有效防止无关人员进入；当检测到有人翻越围墙或冲撞大门时，将会触发警报。放射源库内设有值班室，24h 有专人值守。

2、大源库为独立建筑，位于放射源库围墙内。大源库门口设置电离辐射警告标志及中文说明，内部设置有良好的照明和通风设施，使用面积充裕，均配备有机械提升与传送设备。公司严格管理，源库内一律禁止进食、饮水、吸烟等。

3、大源库内设置贮源坑，源坑深度均为 250cm，每个源坑均配备防护盖，防护盖采用不锈钢+石蜡+铅进行辐射屏蔽。公司拟在贮源坑外表面应设置标示所贮存放射源的源编码、核素种类、出厂活度、出厂时间以及贮存、取出记录的标签。

4、放射源库已建立放射源出入库管理制度，放射源由专人保管。大源库为双人双锁管理，已建立台账、出入库记录；公司对放射源定期盘点，源罐出入库均使用仪器检测确认源罐中是否具有放射源并记录。

5、放射源库门口、四面围墙、大源库内部均设置有无死角监控，监控系统 24h 不间断运行且与公安部门联网，监视器设于放射源库值班室内，监控录像保存时间为 90 天。大源库内安装红外报警装置和门磁报警装置，当检测到人员异常闯入时将触发警报。

6、大源库内配备有应急处理工具箱，放射源库中央位置有消防水池，放射源库

南墙处设有微型消防站。大源库为钢筋混凝土结构，内部地面采用光洁的瓷砖，内外墙面均采用耐腐蚀涂料，并定期检查、补涂。大源库室内地面略高于室外地面，源库四周地面均设计为缓坡面，便于排水的同时可有效防止雨水倒灌。

7、进出放射源库的人员和物品均执行严格登记和检查，非授权人员不得进入放射源库；易燃、易爆及腐蚀性物品不得带入放射源库或在放射源库内存放。

8、公司已为放射源库配备辐射检测仪，安装一套固定式辐射剂量监测系统，日常对大源库、小源库周围辐射水平进行自主检测并记录；定期委托有资质单位对源库周围辐射水平进行检测，并在源库显著位置张贴检测结果。

公司已制定放射源防盗、防抢、防破坏及技术防范系统发生故障等状态下的应急处置预案，并每年开展一次针对性的应急演习。发生放射源丢失、被盗事故时，必须立即报告并保护好现场，密切配合公安、卫生、环保部门工作。发生火灾时，火势较小时应立即用干粉灭火器扑灭火源，如火势较大无法扑灭时应迅速拨打 119 报警，同时报告辐射安全管理小组以便及时处理灭火后的有放射源的现场。

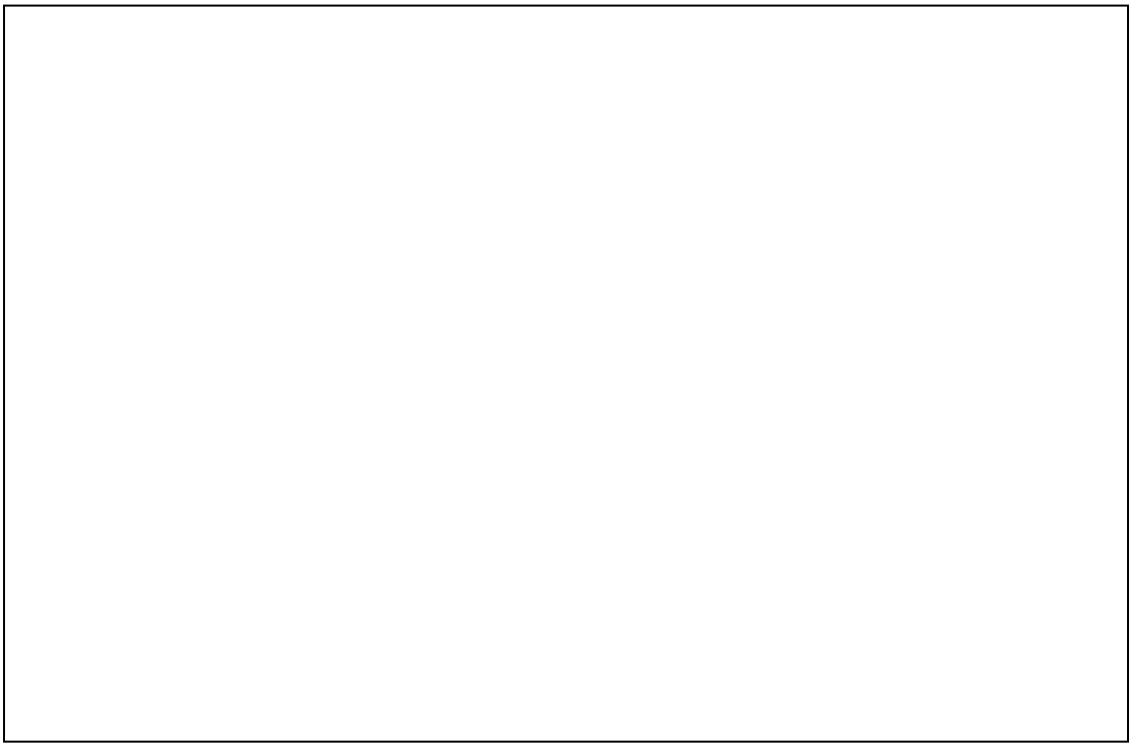

图 10-4 放射源库辐射安全设施示意图

（二）测井现场的辐射安全防护措施

公司在测井现场采取的辐射安全防护措施主要有：

1、在放射源入场前，测井单位根据测井方案划定控制区范围，并设置工作区域警戒线，线高约 1m；在控制区边界放置电离辐射警告标志及中文警示说明，摆放控

制区标识牌和警示灯，对控制区内无关人员进行清场；在监督区边界安排人员值守、巡查，提醒无关人员远离。

2、放射源运抵测井现场，将车辆放置在井场控制区适当位置。由建设单位辐射工作人员对源罐进行表面剂量率检测，确定放射源在源罐内，核对放射源信息。在测井车四周设置警示标志，防止被盗和无关人员接近。

3、实行双人双锁制，测井车防护舱和放射源源罐分别加锁管理。

4、测井过程中，放射源的交接由建设单位安排专人进行台账管理。

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

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

7、在开展测井仪装源工作前，先在井口加装井口盖、放射源托盘、毛毡，防止源落入井口；放射源装入测井仪器源室后，必须锁紧源室盖螺栓，防止放射源脱落掉入井中。

8、待测井完毕，放射源装入源罐，用检测仪器检查源罐和测井现场，确保放射源装入源罐、无遗漏后，将放射源装入测井车的防护舱。

9、所有涉源操作，均不得徒手操作放射源，期间配备至少 1 个中子取源器（长度不小于 1m），辐射工作人员通过使用取源器操作放射源。

10、考虑测井现场临时暂存和使用，还应采取以下安防措施：

表 10-3 测井现场放射源管理“六防”措施一览表

序号	管理要求	拟采取措施
1	防火	测井现场需配备干粉灭火器，同时源罐需远离易燃、易爆物品。
2	防水	放射源在测井现场暂存于测井车防护舱内，尽量远离地表水体，同时做好现场的防雨、防潮措施。
3	防盗、防丢失和防破坏	①放射源在测井现场采用测井车内的防护舱进行暂存，该防护舱及源罐实行双人双锁，放射源的存/取由专人进行台账管理； ②放射源暂存不得与易燃、易爆和易腐蚀等其他危险物品同时存放； ③放射源储存容器进行专门设计，满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023），放射源和源罐不易被破坏； ④现场划分控制区，控制区边界设置警戒线、电离辐射警告标志、警示灯，安排专人巡视，无关人员禁止入内。
4	防射线泄漏	①测井现场配备中子剂量率仪和γ剂量率仪，在每次存放放射源时需进行监测，防止放射源遗漏在测井现场；

		②每个源罐和放射源均应按编码对应，可防止放射源因存放错误出现大剂量照射； ③源罐表面的周围剂量当量率满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）中相应限值要求。

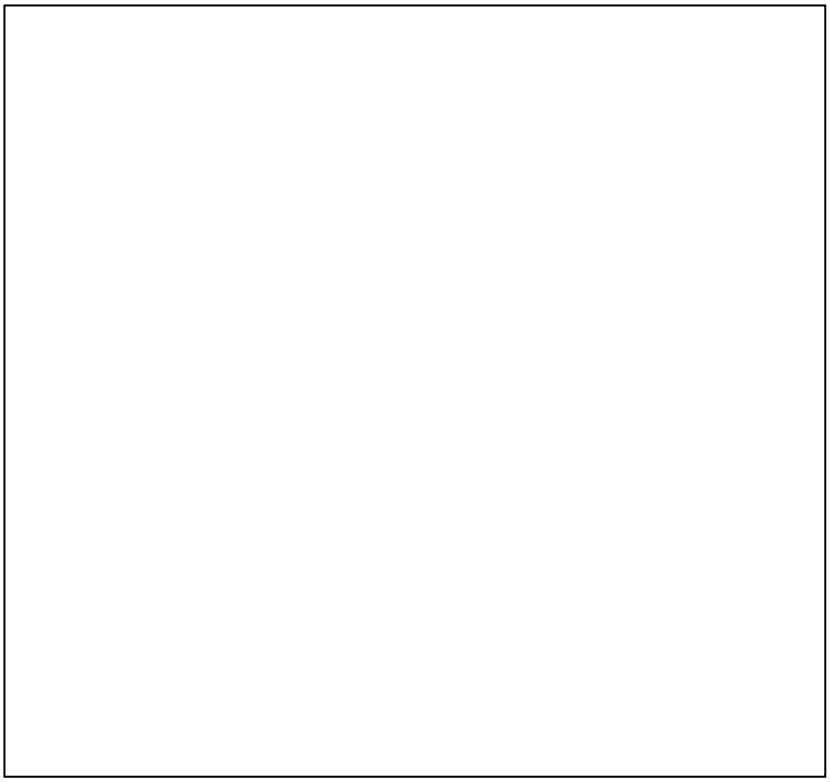

图 10-5 测井现场辐射安全措施示意图

（三）放射源运输过程的辐射安全防护措施

放射源运输工作委托中石化经纬有限公司西南测控绵阳分公司承担（委托协议见附件 7），运输过程的辐射安全与防护措施由中石化经纬有限公司西南测控绵阳分公司负责。中石化经纬有限公司西南测控绵阳分公司已取得放射源运输的道路运输经营许可证（详见附件 7），本报告不再对放射源运输过程的辐射安全防护措施进行评价。

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）有关条款的要求，放射性测井单位应根据所使用的放射源、非密封放射性物质的类别配备并使用必要的辐射监测仪器及防护用品。本项目已配备的辐射监测仪器和防护用品见表 10-4。

表 10-4 公司已配备的监测仪器和防护用品一览表

序号	名称	类型	数量	单位
1	源库辐射剂量监测系统（固定式） （含 2 个环境监测探头和 10 个源坑监测探头）	X-γ、中子双模监测	1	套

2	辐射检测仪（便携式）	X-γ、中子双模监测	12	台
3	个人剂量报警仪	X-γ、中子双模监测	74	台
4	个人剂量计	X-γ、快中子剂量监测	74	个
5	连体铅衣、铅围脖、铅帽子、铅眼镜、铅手套	/	若干	套/件

三废的治理

一、放射性三废

放射源测井工作不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。

本项目 Pu-238/Be 为III类放射源，Am-241/Be 为V类放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中“转让Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议”的要求，建设单位应与 Pu-238/Be 放射源生产厂家签订放射源返回协议，Pu-238/Be 放射源使用报废或退役后，将由放射源生产厂家进行回收处理。Am-241/Be 放射源使用退役后拟送贮城市放射性废物库。

本项目放射源均为密封放射源，经与建设单位核实，日常定期泄漏检测不产生放射性废物；若检测发现产生泄漏，则判定为事故状态。事故状态下，破损放射源由原生产厂家回收，其余放射源废弃物送贮城市放射性废物库。

二、非放射性三废

（一）废气

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

放射源贮存在放射源库的源坑内时，使用源罐将放射源密封保存，不存在裸源直接接触空气的情况，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量也极小。本项目大源库保持良好的通风，臭氧常温下约 50min 可自然分解为氧气，对环境影响较小。

（二）废水

主要是工作人员产生的生活污水。本项目不新增工作人员，因此不新增生活污水产量；未外出的工作人员生活污水将进入公司污水处理站，处理达标后排入城市污水管网；外出测井的工作人员生活污水依托测井现场的生活污水处理设施（施工营地或项目部的卫生间）处理。

（三）固体废物

工作人员产生的生活垃圾，分类收集后由市政环卫部门定期清运。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目仅新增一枚 Pu-238/Be 中子放射源用于油气田测井，测井仪校验使用公司现有的 Am-241/Be 校验源，不对现有放射源库进行改造或扩建，不涉及基础建设施工，不存在建设阶段的影响。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

本项目使用 Pu-238/Be 中子放射源开展中子测井工作，测井仪校验使用公司现有的 Am-241/Be 校验源。放射源运输工作委托中石化经纬有限公司西南测控绵阳分公司承担，因此本报告主要对放射源出入库和测井现场使用放射源的辐射影响进行分析。

（一）源库容积、屏蔽符合性分析

公司大源库内部设计布局为 10 个源坑及 2 个铅柜，其中源坑主要用于测井用放射源的储存，铅柜则主要用于校验用放射源的储存，且各源坑及铅柜均具备容纳多枚放射源的空间能力。源坑的尺寸详见表 10-2，其大体积、深坑式设计便于利用地层厚度进行高效屏蔽，且与人员操作面保持安全距离；铅柜中储存的校验源通活度较低，便于近距离操作和频繁取放。该物理隔离设计严格遵循放射源分类存放、避免混淆误操作的管理原则，杜绝了高活度测井源与标准校验源混放可能引发的剂量监测误差及取源事故。本项目 Pu-238/Be 放射源源罐尺寸为Φ426*530mm，大源库内 5~10#源坑均有充足空间裕量可以存放。

辐射环境现状监测结果表明，大源库内存有 11 枚 Am-124/Be 放射源、17 枚 Cs-137 放射源、4 枚 Ra-226 放射源、2 枚 Am-124 放射源，小源库内存有 12 枚 Am-124/Be 放射源、19 枚 Cs-137 放射源、1 枚 Ra-226 放射源、1 枚 Co-60 放射源的情况下，工作场所的γ辐射剂量率、中子剂量率均能满足 HJ 1325-2023 的标准要求。根据建设单位提供信息，大源库 5~10#源坑现有放射源存放情况见表 11-1。

表 11-1 大源库 5~10#源坑现有放射源存放情况一览表

源坑编号	放射源名称	活度	类别	合计数量
5#	Am-241/Be	[redacted]	[redacted]	[redacted]
6#	Am-241/Be	[redacted]	[redacted]	[redacted]

	Cs-137	[redacted]	[redacted]	
7#	/	/	/	0
8#	Am-241/Be	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	Cs-137	[redacted]	[redacted]	
9#	Am-241/Be	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	Cs-137	[redacted]	[redacted]	
10#	Am-241/Be	[redacted]	[redacted]	[redacted]
	Cs-137	[redacted]	[redacted]	
Am-241/Be 放射源总活度		[redacted]	[redacted]	[redacted]
Cs-137 放射源总活度		[redacted]	[redacted]	[redacted]

由表 10-1 可知，5~10#源坑现有中子放射源活度最大为 7.40E+11Bq（20Ci），远大于本次拟新增放射源；由辐射环境现状监测结果可知，大源库现有防护设计满足活度为 20Ci 的 Am-241/Be 中子放射源的防护要求，则也能满足本项目活度为 6.5Ci 的 Pu-238/Be 中子放射源的防护要求。5~10#源坑现有中子放射源总活度为 79.1Ci，本项目放射源入库后，中子放射源总活度仅增加 8.2%；以辐射环境现状监测结果为参考，即使辐射水平上升 8.2%，也能满足相关标准要求。

综合以上分析可知，大源库现有的“10 源坑+2 铅柜”配置，无论在物理空间容量、放射源分类适配性，还是在辐射屏蔽安全方面，均符合国家相关标准及公司实际运营需求，容积设计合理，安全裕度充足，具备较高的符合性。

（二）放射源出入库期间的辐射影响分析

中石化经纬有限公司华东测控分公司放射源库为公司原有放射源库，已履行环保手续，本次不涉及对源库的改造或扩建，因此本报告不再对放射源库辐射环境影响进行评价，仅对放射源出入库时，工作人员短时间接触源罐的辐射影响进行分析评价。

放射源出库时，先操作源库内机械提升装置吊起源坑封盖，放在一边；再使用提升装置吊出源罐，放在地面或小推车上；再将源坑封盖放回原位。然后工作人员使用专用长柄工具钳住源罐或拉动小推车，将源罐转移到源库外；辐射工作人员需对源罐表面剂量率进行检测，以确保源在源罐内，无误后将源罐转移到放射源运输车的防护舱内，完成放射源出库登记。放射源入库按照出库操作流程逆向进行。出、入库过程

中，人员距源罐距离不小于 1m；每次单向转移，累计操作时间约为 2min；根据公司操作规程，近距离接触放射源时，每人操作时间不超过 30s，放射源出入库由 2 名辐射工作人员轮流交替操作。

1、人员操作位辐射剂量率分析

根据《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）表 1 要求，本项目放射源源罐载源时，源罐表面周围剂量当量率应满足以下要求：

表 11-2 测井放射源源罐载源时表面 5cm 处的周围剂量当量率控制值

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

放射源转移时，人员操作位距源罐约 1m。源罐 1m 处辐射剂量率根据表 11-1 限值要求结合距离衰减规律进行计算。

[redacted] $\cdot\left(\frac{r_0}{r}\right)^2$ [redacted]

[redacted]

表 11-3 距源罐表面 1m 处周围剂量当量率

放射源	Pu-238/Be	Am-241/Be
关注点位置	源罐表面 1m 处	源盒罐表面 1m 处
辐射类型	γ射线+中子	
H_0（mSv/h）	2+10	1+5
r_0（m）	[redacted]	[redacted]
r（m）	[redacted]	[redacted]
H（mSv/h）	0.52	0.11

由表 11-3 计算结果可知，Pu-238/Be 放射源转移期间，人员操作位处的周围剂量当量率为 0.52mSv/h；Am-241/Be 放射源转移期间，人员操作位处的周围剂量当量率

为 0.26mSv/h。

2、人员受照剂量分析

（1）辐射工作人员

辐射工作人员年有效剂量计算采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \qquad \text{公式 11-2}$$

式中：H_{Er}—年有效剂量，mSv/a；

H_r—关注点处剂量率，μSv/h，1mSv=1000μSv；

T—居留因子；

t—年照射时间，h/a。

表 11-4 放射源出入库过程辐射工作人员受照剂量预测结果

放射源	Pu-238/Be	Am-241/Be
关注点位置	源罐表面 1m 处	源盒罐表面 1m 处
H（mSv/h）	0.52	0.11
t（h）	[redacted]	
T	[redacted]	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	[redacted]	[redacted]
合计 H_{Er}（mSv/a）	4.22	

由表 11-4 计算结果可知，放射源出、入库过程对辐射工作人员产生的附加年有效剂量最大为 4.22mSv。假设每次放射源出入库均由相同的 2 名辐射工作人员操作，则平均每人受照剂量约为 2.11mSv，满足 GB 18871-2002 的剂量限制要求和本项目剂量约束值要求。实际不同测井任务，测井队人员不固定，经多人分担后，实际人员有效剂量还将进一步下降。

（2）公众人员

中石化经纬有限公司华东测控分公司放射源库东侧、南侧、北侧均为农田，西侧为河东一号公路。大源库位于放射源库内部，放射源库非授权辐射工作人员不可进入。本项目 50m 评价范围西侧位于放射源库内部，东侧、南侧、北侧至放射源库外农田，因此本报告以放射源库东侧、南侧、北侧外 30cm 处为关注点，以放射源位于大源库

门口处的情况，使用公式 11-1、公式 11-2 对公众年有效剂量进行预测计算，结果见表 11-5。

表 11-5 Pu-238/Be 放射源出入库期间源库周围公众人员受照剂量预测结果

关注点位置	放射源库围墙东侧 30cm 处	放射源库围墙南侧 30cm 处	放射源库围墙北侧 30cm 处
辐射类型	γ射线+中子		
H_0（mSv/h）	2+10		
r_0（m）	[redacted]		
r（m）	[redacted]	[redacted]	[redacted]
H（mSv/h）	[redacted]	[redacted]	[redacted]
t（h）	6.67h（每次转移 2min×出/入库[redacted]		
T	[redacted]	[redacted]	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	1.71E-03	1.91E-04	3.36E-04

[redacted]

表 11-6 Am-241/Be 放射源出入库期间源库周围公众人员受照剂量预测结果

关注点位置	放射源库围墙东侧 30cm 处	放射源库围墙南侧 30cm 处	放射源库围墙北侧 30cm 处
辐射类型	γ射线+中子		
H_0（mSv/h）	1+5		
r_0（m）	[redacted]		
r（m）	[redacted]	[redacted]	[redacted]
H（mSv/h）	[redacted]	[redacted]	[redacted]
t（h）	[redacted]		
T	[redacted]	[redacted]	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	3.09E-04	3.43E-05	6.05E-05

[redacted]

表 11-7 放射源出入库期间源库周围公众人员受照剂量预测结果汇总

关注点位置	放射源库围墙东侧 30cm 处	放射源库围墙南侧 30cm 处	放射源库围墙北侧 30cm 处
Pu-238/Be 剂量贡献值（mSv/a）	1.71E-03	1.91E-04	3.36E-04
Am-241/Be 剂量贡献值（mSv/a）	3.09E-04	3.43E-05	6.05E-05
合计（mSv/a）	2.02E-03	2.25E-04	3.96E-04

由表 11-7 计算结果可知，放射源出、入库过程对周围公众产生的附加年有效剂量最大为 2.02×10^{-3}mSv，满足 GB 18871-2002 的剂量限制要求和本项目剂量约束值要求。

放射源储源期间，均装在源罐置于源坑中，经源罐、源坑及土层屏蔽后，对放射源库外周围公众影响很小。

（二）测井现场的辐射影响分析

1、放射源从运输车转移到测井车环节

放射源随运源车进入测井现场后，建设单位辐射工作人员对源罐（源盒）表面进行剂量率监测，确认放射源处于源罐（源盒）内，核对放射源类型、数量等信息与测井方案一致后，由建设单位辐射工作人员使用专用长柄工具将放射源转移至测井车的防护舱内，每个源搬运时间约 1min。此环节辐射工作人员会受到源罐（源盒）表面泄漏射线（中子、γ射线）辐射影响。

根据操作规程，使用长柄工具转移放射源期间，人员距源罐（源盒）表面距离不得少于 1m。源罐（源盒）表面 1m 处周围剂量当量率水平见表 11-2，放射源从运输车转移到测井车过程辐射工作人员受照剂量使用公式 11-2 计算，结果见表 11-8。

表 11-8 放射源从运输车转移到测井车过程辐射工作人员受照剂量预测结果

关注点位置	Pu-238/Be 源罐表面 1m 处	Am-241/Be 源盒表面 1m 处
H（mSv/h）	0.52	0.11
t（h）	[redacted]	[redacted]
T	[redacted]	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	[redacted]	[redacted]
合计（mSv/a）	1.05	

2、测井仪校验源搬运及校验环节

根据测井规范，每次测井前、后，必须取出校验放射源对测井仪器进行校验。该项目由 2 名辐射工作人员将校验源从测井车防护仓取出，搬运至井场，进行测井仪器下井前校验，校验完成后，将校验源搬回测井车防护仓；测井完成后，还需要进行测井仪器的校验，以确认测井仪器处于正常的工作状态。此过程中，单次放射源从测井车防护舱运输至测井场地、测井场地将放射源搬运至测井车防护仓往返时间约为 6min（单向搬运时间约为 3min），搬运时使用长柄工具，人员距离源盒距离不少于 1m。

源盒表面 1m 处周围剂量当量率水平见表 11-2，校验源从测井车转移到测井现场往返过程辐射工作人员受照剂量使用公式 11-2 计算，结果见表 11-9。

表 11-9 校验源从测井车转移到测井现场往返过程辐射工作人员受照剂量预测结果

关注点位置	源盒表面 1m 处
H（mSv/h）	0.11
t（h）	[redacted]
T	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	1.12

校验时，需将校验源从源盒中取出，安装到测井仪上，然后将测井仪含源段放入标准水箱模体中采集数据。根据模体的标准孔隙度数据和测井仪采集的热中子分布数据对测井仪进行标定。标定完成后，将测井仪含源段从水箱模体中取出，卸下校准源，放回源盒。校验源的安装和拆卸由 2 名专业的辐射工作人员完成，在操作过程中，使用取源器（长度≥1m）进行放射源的安装、拆卸工作，装源、拆卸过程各约 30s，由 2 名工作人员轮换操作。

装源人员工作位辐射剂量率按距裸源 1m 处考虑，Am-241/Be 裸源状态下，其γ射线的空气吸收剂量率可参考《辐射防护导论》（方杰 主编）中公式 3.6、公式 3.7 进行计算。

[redacted] 33.85 [redacted]

r^2

[redacted]

[redacted]

同时由《辐射防护导论》（方杰 主编）公式 3.12 可知，在空气中吸收剂量率等于比释动能率，即 Gy/Sv 可取 1。

由公式 11-3 计算距 Am-241/Be 裸源 1m 处γ辐射剂量率见表 11-10。

表 11-10 距 Am-241/Be 裸源 1m 处γ辐射剂量率

参 数	数 据
放射源活度 A，Bq	[redacted]
照射量率常数Γ，$C\cdot m^2\cdot kg^{-1}\cdot Bq^{-1}\cdot s^{-1}$	[redacted]
参考点距放射源的距离 r，m	[redacted]
γ射线空气吸收剂量率，Gy/s	[redacted]
1m 处γ辐射剂量率，mSv/h	1.87×10^{-7}

对于 Am-241/Be 裸源状态下中子剂量率，可参考《辐射防护导论》P154 例 2 方法进行计算。

[redacted]

由公式 11-4 计算距 Am-241/Be 裸源 1m 处中子辐射剂量率见表 11-11。

表 11-11 Am-241/Be 裸源 1m 处中子辐射剂量率

参 数	数 据
放射源活度 A，Bq	[redacted]
中子产额 Y，$s^{-1}\cdot Bq^{-1}$	[redacted]

参考点距放射源的距离 r，m	[redacted]
剂量当量指数因子 f，Sv/m^2	[redacted]
参考点中子剂量当量率，Sv/s	[redacted]
1m 处中子辐射剂量率，mSv/h	1.53×10^{-7}

使用公式 11-2 计算校验源安装、拆卸环节人员受照剂量计算结果见表 11-12。

表 11-12 校验源安装、拆卸环节辐射工作人员受照剂量预测结果

关注点位置	装源/卸源工作位
辐射类型	γ射线+中子
H（mSv/h）	[redacted]
t（h）	[redacted]
T	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	4.52×10^{-7}

校验期间，校验源安装在测井仪上放入水箱模体中，人员在测井车内操作；控制区边界巡查的工作人员距放射源距离不小于 10m。由表 11-10、表 11-11 计算结果可知，校验源裸源状态 1m 处剂量率已低于环境本底水平，则校验期间对测井车内操作人员和控制区边界巡逻人员的辐射影响可忽略不计。

3、将测井用放射源搬运至井口环节

测井仪器完成校验后，2 名辐射工作人员需将测井用的放射源搬运至井口平台，以便下一步进行测井仪器放射源的安装；此过程会受到源罐表面中子、γ辐射影响。此环节测井放射源位于源罐中，使用长柄工具进行转移，放射源罐表面距人员操作位距离不小于 1m，放射源罐转移至测井现场过程时间约 3min。

源罐表面 1m 处周围剂量当量率水平见表 11-2，将测井用放射源搬运至井口环节辐射工作人员受照剂量使用公式 11-2 计算，结果见表 11-13。

表 11-13 将测井用放射源搬运至井口环节辐射工作人员受照剂量预测结果

关注点位置	源罐表面 1m 处
H（mSv/h）	[redacted]
t（h）	[redacted]

T	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	2.60

4、放射源安装、拆卸环节

测井放射源的装源和拆卸由 2 名专业的辐射工作人员完成，在操作过程中，使用取源器（长度≥1m）进行放射源的安装、拆卸工作，同时在测井现场划定控制区，安排 1 名人员在控制区边界巡逻，防止无关人员进入控制区边界内。此过程放射源处于裸源状态，对装源辐射工作人员产生较大的辐射影响，放射源装源、拆卸过程各约 30s，由 2 名辐射工作人员轮换操作。

装源人员工作位辐射剂量率按距裸源 1m 处考虑，控制区边界巡逻人员工作位辐射剂量率按 2.5μSv/h 考虑。Pu-238/Be 裸源状态下，其γ射线的空气吸收剂量率使用公式 11-3 计算，其中子剂量率使用公式 11-4 计算，结果分别见表 11-14、表 11-15。

表 11-14 距 Pu-238/Be 裸源 1m 处γ辐射剂量率

参　数	数　据
放射源活度 A，Bq	[redacted]
照射量率常数Γ，$C\cdot m^2\cdot kg^{-1}\cdot Bq^{-1}\cdot s^{-1}$	[redacted]
参考点距放射源的距离 r，m	[redacted]
γ射线空气吸收剂量率，Gy/s	[redacted]
1m 处γ辐射剂量率，mSv/h	[redacted]

表 11-15 Pu-238/Be 裸源 1m 处中子辐射剂量率

参　数	数　据
放射源活度 A，Bq	
中子产额 Y，$s^{-1}\cdot Bq^{-1}$	
参考点距放射源的距离 r，m	
剂量当量指数因子 f，Sv/m^2	
参考点中子剂量当量率，Sv/s	
1m 处中子辐射剂量率，mSv/h	

注：Pu-238/Be 与 Am-241/Be 的中子平均能量均为 4.5MeV，查《辐射防护导论》（方杰 主编）表 5.6，f 取 $39.5\times10^{-15}Sv/m^2$。

使用公式 11-2 计算放射源安装、拆卸环节人员受照剂量计算结果见表 11-16。

表 11-16 放射源安装、拆卸环节辐射工作人员受照剂量预测结果

关注点位置	装源/卸源工作位	巡逻工作位
辐射类型	γ射线+中子	
H（mSv/h）	0.057+0.147	2.5×10^{-3}
t（h）	[redacted]	
T	[redacted]	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	0.34	4.17E-03

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

5、放射源搬运回测井车环节

放射源从测井仪上拆卸下来后，装入源罐，搬运回测井车。这一步是将放射源从测井车搬运到井口的逆向操作，操作方式和操作时间与第 3 环节相同，人员受照剂量同表 11-13。

6、放射源从测井车转移到运输车环节

辐射工作人员对源罐表面进行剂量率监测，确认放射源处于源罐内，核对放射源类型、数量等信息与测井方案一致后，由建设单位辐射工作人员使用专用长柄工具将放射源转移至运输车的防护舱内。这一步是将放射源从运输车转移到测井车的逆向操作，操作方式和操作时间与第 1 环节相同，人员受照剂量同表 11-8。

7、测井过程人员受照剂量汇总

表 11-17 测井过程人员受照剂量汇总

序号	操作环节	附加年有效剂量（mSv）
1	放射源从运输车转移到测井车	1.05
2	校验源往返转移	1.12
	校验源安装和拆卸	4.52E-7
3	放射源从测井车搬运到井口	2.60
4	放射源安装和拆卸	0.34

	控制区边界巡逻	4.17E-03
5	放射源从井口转移到测井车	2.60
6	放射源从测井车转移到运输车	1.05
合计		8.76

由表 11-17 计算结果可知，本项目使用 Pu-238/Be 开展中子测井工作产生的附加年有效剂量为 8.76mSv。根据公司工作安排，每支测井队含 1 名负责人、1 名安全员和 6 名测井操作人员，测井过程主要由测井操作人员进行操作。即使本项目测井工作全部由同 1 支测井队承担，则平均每名测井操作人员的年有效剂量为 1.46mSv。本项目实际运行中，不同测井任务的辐射工作人员是不固定的，公司会根据工作量合理调配人员组成测井队，则测井工作量经分担后，实际每名工作人员的有效剂量相较于 1.46mSv 还将进一步降低，满足 GB 18871-2002 的职业照射剂量限值要求和本项目辐射工作人员剂量约束值要求。

根据建设单位提供的辐射工作人员近一年内的个人剂量监测报告（详见附件 8），公司现有辐射工作人员连续一年的个人累积剂量见表 11-18。

表 11-18 公司现有辐射工作人员连续一年的个人累积剂量监测结果

序号	姓名	检测结果（mSv）				累积剂量（mSv）
		2025 年第二季度	2025 年第三季度	2025 年第四季度	2026 年第一季度	
1	黄　敏					0.220
2	程　磊					0.225
3	于红波					0.250
4	王建林					0.275
5	马旭鹏					0.220
6	林文锋					0.420
7	赵海波					0.500
8	秦德江					0.490
9	闫　凯					0.220
10	樊春景					0.860

11	张瑞哲				0.300
12	王明岗				0.220
13	潘永超				0.740
14	孙春阳				0.640
15	汪　辉				0.420
16	王建秋				0.790
17	王明根				0.850
18	吴　迪				0.885
19	张　勇				0.615
20	胡　凯				0.410
21	黄　栋				0.830
22	黄小革				0.395
23	黄祥春				0.390
24	汤松兵				0.760
25	章　利				0.880
26	吴天宇				0.700
27	谭盛林				0.525
28	苏宏兵				0.745
29	王金虎				0.220
30	许俊峰				0.950
31	吕卫强				0.615
32	李　兵				0.755
33	陈红雷				0.360
34	郭永春				0.330
35	蒋宏斌				0.375
36	钱国兵				0.290

37	咸会雨				0.460
38	曹　阳				0.270
39	陈　兵				0.235
40	陈万慧				0.245
41	杜　琨				0.290
42	杜石峰				0.345
43	高步根				0.225
44	葛国良				0.560
45	辜根堂				0.320
46	韩旭岩				0.220
47	贺传杰				0.225
48	蒋　俊				0.220
49	李东旭				0.320
50	刘康君				0.605
51	陆卫清				0.220
52	倪爱华				0.450
53	孙家勇				0.255
54	汪二林				0.245
55	王　巍				0.220
56	王　岩				0.220
57	王振华				0.265
58	夏　海				0.220
59	肖宝红				0.220
60	许锡陵				0.220
61	杨忠泽				0.360
62	詹雅林				0.460

63	成志超					0.220
64	张　亮					0.330
65	张　睿					0.290
66	章　荣					0.220
67	赵海涛					0.220
68	赵　虎					0.265
69	郑　康					0.220
70	朱晶金					0.220
71	朱明君					0.275
72	宗　昕					0.245
73	戴　彬					0.220
74	刘　巍					0.280

由表 11-18 可知，公司现有辐射工作人员年有效剂量最大为 0.950mSv。本项目投运后对辐射工作人员造成的附加年有效剂量最大不超过 1.46mSv，即使考虑本项目辐射工作人员兼职其他辐射工作的剂量叠加影响，辐射工作人员年有效剂量最大为 2.41mSv，仍能满足 GB 18871-2002 的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求。

测井操作过程中，辐射工作人员应提高操作熟练程度，减少测井仪器装、卸放射源时间，进一步减少职业人员年附加有效剂量。

由于测井现场多为人迹罕至的野外，开展测井工作时需要关注的公众人员多为现场除辐射工作人员以外的其他工作人员。测井现场以 2.5μSv/h 的剂量率水平确定控制区边界，在控制区边界设置警戒线与巡逻岗，非辐射工作人员严禁入内。

以控制区边界为公众人员参考点，考虑装源、拆卸源过程裸源状态，对公众人员年有效剂量进行预测计算，结果见表 11-19。

表 11-19 测井现场周围公众人员年有效剂量预测计算结果

关注点位置	控制区边界
辐射类型	γ射线+中子
H（mSv/h）	[redacted]

t（h）	[redacted]
T	[redacted]
H_{Er}（mSv/a）	4.17E-05

由表 11-18 计算结果可知，单次测井任务对测井现场周围公众造成的附加年有效剂量最大为 4.17×10^{-5}mSv，满足 GB 18871-2002 的公众照射剂量限制要求和本项目工作人员剂量约束值要求。

实际测井工作中，周围公众极少能到达控制区边界；且每次测井均为不同的地区，多次测井也不会对周围公众产生剂量叠加影响。

二、三废的治理

（一）放射性三废

放射源测井工作不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。

本项目 Pu-238/Be 为III类放射源，Am-241/Be 为V类放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中“转让Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议”的要求，建设单位应与 Pu-238/Be 放射源生产厂家签订放射源返回协议，Pu-238/Be 放射源使用报废或退役后，将由放射源生产厂家进行回收处理。Am-241/Be 放射源使用退役后拟送贮城市放射性废物库。

本项目放射源均为密封放射源，经与建设单位核实，日常定期泄漏检测不产生放射性废物；若检测发现产生泄漏，则判定为事故状态。事故状态下，破损放射源由原生产厂家回收，其余放射源废弃物送贮城市放射性废物库。

（二）非放射性三废

1、废气

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

放射源贮存在放射源库的源坑内时，使用源罐将放射源密封保存，不存在裸源直接接触空气的情况，因此其产生的臭氧和氮氧化物产生量也极小。本项目大源库保持良好的通风，臭氧常温下约 50min 可自然分解为氧气，对环境影响较小。

2、废水

主要是工作人员产生的生活污水。本项目不新增工作人员，因此不新增生活污水

产量；未外出的工作人员生活污水将进入公司污水处理站，处理达标后排入城市污水管网；外出测井的工作人员生活污水依托测井现场的生活污水处理设施（施工营地或项目部的卫生间）处理。

3、固体废物

工作人员产生的生活垃圾，分类收集后由市政环卫部门定期清运。

事故影响分析

一、主要事故风险

本项目拟使用的 Pu-238/Be 中子放射源为III类放射源，Am-241/Be 为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》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故 4 个等级，详见表 11-20。

表 11-20 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

本项目可能发生的事故情形如下：

1、由于工作人员疏忽、失职及管理人员管理不当，造成放射源丢失、被盗；

2、现场测井时，监督区、控制区边界管控不力，导致公众误入控制区内，受到超剂量照射；

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

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

5、测井现场因火灾或局部压力作用，源罐破损、屏蔽失效，造成裸源事故；

6、放射源因未上紧，在下井、出井过程中受外力作用掉落入井内；

7、放射源安装、拆卸时，未在井口放置井盖，人员操作不慎将放射源跌落入井中。

III类放射源的丢失、被盗、失控属于较大辐射事故，一旦事故发生，公众人员和职业人员都将面临近距离接触裸源的风险。根据表 11-8 计算结果，裸源状态下，距源 1m 处辐射剂量率高达 204μSv/h。在该剂量率水平下，若事故时间持续 29.4min，公众受照剂量将会超过 0.1mSv/a 的剂量约束值要求；若事故时间持续 24.5h，职业人员受照剂量将会超过 5mSv/a 的剂量约束值要求。

二、事故预防和处理措施

公司可采取以下事故预防措施：

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

2、现场安装、拆卸放射源时，须在井口放置井盖，防止放射源落入井内；

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

4、定期对源罐进行检修，防止源罐出现破损；

5、定期对测井仪器检修，防止出现放射源无法上紧或卸源时出现卡源的情况；

6、实行双人双锁制，测井车防护舱和放射源源罐分别加锁管理；

7、放射源库大门实行双人双锁制并严格管理；

8、安排专人做好放射源的台账管理工作，所有放射源必须在校对正确信息后才能被取出或存入。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下处理措施：

1、发生辐射事故时，应第一时间启动应急预案。

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

3、发生卡源事故时，应立即停止活动，迅速撤离事件现场有关工作人员，按照

划分的控制区范围封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节，现场人员立即向本单位应急值班负责人报告，商议确定合适的回源方案及事故处理人员，并按程序向生态环境部门报告。事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪进入事故现场，在满足辐射防护的条件下进行操作。

4、发生放射源跌落入井内的事故时，应立即停止测井作业，现场立即成立应急指挥领导小组，收集现场信息，核实现场情况，商议确定合适的回源方案及事故处理人员。事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪进入事故现场，在满足辐射防护的条件下进行操作。根据公司应急措施预案，使用强磁对跌入井内的放射源进行打捞。

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

6、应急处置后，对事故现场和周边环境进行检测，保证辐射环境恢复本底水平。

公司应定期对各项辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。公司还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目拟新增使用的 Pu-238/Be 中子放射源为III类放射源。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用III类放射源的单位应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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并参加考核。

中石化经纬有限公司华东测控分公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。公司应根据本次新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目修订相关文件，明确公司相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全公司的辐射安全管理工作中。本项目辐射工作人员由公司从现有人员中调配，每支测井队配备 8 名辐射工作人员，辐射工作人员均需通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，辐射工作人员参加“放射性测井”类、管理人员参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核并取得培训合格证书后方可上岗。公司应及时关注辐射工作人员和管理人员的辐射安全和防护专业知识培训时间，如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、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、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。目前公司已制定相关辐射安全与防护管理制度，如《关于调整华东测控分公司放射性同位素安全管理领导小组的通知》《关于印发〈华东测控分公司放射性同位素及射线装置管理实施细则〉的通知》《操作规程》《涉源维护维修管理制度》《保安管理制度》《放射性检测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射工作人员个人剂量管

理制度》《辐射人员培训管理规定》等，公司现有管理制度内容较为全面，基本满足公司从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。公司拟根据新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

1.操作规程

公司已制定《操作规程》，明确了放射源操作过程中使用的工具、操作步骤和应急处置措施。重点是：

（1）使操作人员熟知各装源工具的外观、结构、功能，并能够熟练使用，每次领用前须确保工具性能状态良好，以便在放射源操作时，尽可能缩短操作时间并降低事故风险；

（2）明确放射源装源和卸源的操作步骤、操作过程中的注意事项、操作人员的轮换和必须进行辐射监测的环节，操作过程中须使用的个人防护用品和辐射检测仪器；

（3）明确出现意外事故时的应急处置措施，包括事故上报流程和现场管控措施，人员误照射时送医检查救治措施等。

2.岗位职责

公司已制定《华东测控分公司放射性同位素及射线装置管理实施细则》，明确放射源使用工作人员、台账管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

3.辐射防护和安全保卫制度

公司已制定《保安管理制度》。重点是：

（1）划分监督区和控制区，严格管理，非授权人员严禁入内。所有进入控制区的人员必须佩戴个人剂量计、携带报警式辐射仪，并接受出入登记与剂量审核。

（2）放射源存放及使用区域实现 24 小时无死角视频监控，录像保存至少 90 天。安装脉冲电子围栏入侵探测器，与公司安防中心及属地生态环境、公安部门联网。一旦发生非法闯入或源位置异常，系统自动触发声光报警并同步上报责任人。

（3）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全措施/设施、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

（4）工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康监护。

4.设备检修维护制度

公司已制定《涉源维护维修管理制度》，明确涉源设备和辐射监测设备维修计划，维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保涉源设备、安全措施（警示标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5.人员培训计划和健康管理制度

公司已制定《辐射人员培训管理规定》和《辐射工作人员个人剂量管理制度》，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握辐射防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。公司拟制定《辐射工作人员职业健康管理制度》，明确辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

6.辐射环境监测方案

公司已制定《放射性检测方案》，明确监测频次和监测项目，按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

7.个人剂量监测

公司已制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》，委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，监测周期不少于 1 次/三个月。辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

8.放射性同位素（放射源）使用登记

公司已制定《华东测控分公司放射性同位素及射线装置管理实施细则》，明确了建

立放射性同位素（放射源）的储存、领取、使用、归还登记和检查制度，严格履行登记、检查制度，做到物账相符。放射源台账信息应包含核素名称、出厂活度、标号、国家编码、半衰期（年）、生产厂家、出厂日期、储存位置和使用情况等内容，并要求永久保存。

本项目辐射工作人员应在公司放射性同位素安全管理领导小组的领导下，继续明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的辐射安全措施进行检查。公司在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各项管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

辐射监测

根据辐射管理要求，中石化经纬有限公司华东测控分公司已配备源库辐射计量监测系统 1 套（含 2 个环境监测探头和 10 个源坑监测探头）、辐射检测仪 12 台、个人剂量计 74 个，拟为本项目配备个人剂量报警仪 8 台，用于辐射防护监测和报警。自主监测仪器应按规定进行定期检定/校验，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

一、委托有资质的单位定期对项目周围环境 X-γ、中子辐射剂量率进行监测，周期：1～2 次/年；

二、辐射工作人员配备个人剂量计（X-γ、中子双剂量）监测累积剂量，定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，包括控制区工作场所和周围毗邻区域人员居留处，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌证。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案；

五、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在 1 小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

公司辐射工作场所监测计划一览表见表 12-1。

表 12-1 工作场所监测计划一览表

监测对象	监测项目	监测点位	监测类别	监测周期	监测方式
大源库	X-γ、中子辐射剂量率	距源库墙体、门表面 30cm 处	验收监测	竣工后 3 个月内	委托有资质单位监测

			日常监测	不少于 1 次/3 个月	自主监测
			年度监测	1～2 次/年	委托有资质单位监测
放射源源罐	X-γ、中子辐射剂量率	源罐表面 5cm 处	日常监测	放射源出入库时，放射源装入源罐后，日常清点时	自主监测
测井现场	X-γ、中子辐射剂量率	控制区边界	验收监测	首次开展测井工作期间	委托有资质单位监测
			日常监测	开展测井工作期间	自主监测
辐射工作人员	个人剂量当量	/	日常监测	1 次/3 个月	委托有资质单位监测

中石化经纬有限公司华东测控分公司已根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于 1 次/季）使用辐射监测仪器对放射源库周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；每年委托有资质的单位定期对放射源库周围环境 X-γ、中子辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境行政主管部门。2025 年度公司已开展辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况。

公司已为现有辐射工作人员配备个人剂量计（X-γ、中子双剂量），组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1 次/3 个月）和职业健康体检（1 次/2 年），公司辐射安全管理领导小组负责公司辐射工作人员个人剂量的收发和管理，职业健康监护、个人剂量监测档案均存放于档案室。2025 年度公司已委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等国家相关标准要求，均未出现异常。

公司每年编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括放射源台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据公司《2025 年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2025 年度公司未发生辐射事故，公司辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；公司已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，

各项制度和措施得到了落实。公司自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

一、应急机构和职责分工；

二、应急的具体人员和联系电话；

三、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；

四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

五、辐射事故调查、报告和处理程序。

公司在定期监测或委托监测时发现异常情况时，应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

中石化经纬有限公司华东测控分公司已经制定了《华东测控分公司生产安全事故应急预案（2026 版）》，该预案已包括应急组织机构及职责、应急响应、后期处理、应急保障和专项应急等。由公司放射性同位素安全管理领导小组组织辐射工作人员定期（1 次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。公司开展核技术利用项目至今，未发生辐射事故。

表 13　结论与建议

结论

一、项目概况

中石化经纬有限公司华东测控分公司拟新增 1 枚 Pu-238/Be 中子放射源，用于开展中子放射性测井工作。Pu-238/Be 中子放射源最大活度为 2.4×10^{11}Bq，即 6.5Ci，属III类放射源。测井仪校验使用公司现有的 Am-241/Be 校验源，其活度为 2.5×10^{5}Bq，即 6.7μCi，属V类放射源。

二、实践正当性

中石化经纬有限公司华东测控分公司拟开展放射性测井项目，在落实相应辐射防护制度与措施前提下，项目对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”原则。

三、项目产业政策符合性分析

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

四、选址合理性

中石化经纬有限公司华东测控分公司位于江苏省扬州市市辖区-瘦西湖风景名胜区老虎山 22 号，公司放射源库位于江苏省扬州市江都区真武镇，测井现场工作地点不固定，常为人迹罕至的野外。

放射源库东侧、南侧、北侧均为农田，西侧为河东一号公路。放射源库内设有值班室、休息室、监控室、杂物间、同位素分装室、衰减池、大源库、小源库、水池及卫生间等。大源库内设有 10 个源坑，本项目放射源拟贮存于大源库的 5~10 号源坑，根据源坑实际占用情况合理安排。

大源库周围 50m 评价范围东侧、南侧、北侧均至放射源库外农田，东北侧至九华淹河，西侧位于放射源库内部。项目投入运行后的主要环境保护目标为本项目辐射工作人员和评价范围内的其他公众等。本项目仅新增放射源，不对放射源库进行改造；大源库为独立建筑，且位于放射源库内部，与外界有围墙隔离；评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目放射源库已安全运行多年，场地稳定、地质条件良好，

周围无危险性、爆炸性物品经营、贮存场所，项目选址合理。

五、辐射环境现状评价

中石化经纬有限公司华东测控分公司放射源库及周围环境γ辐射剂量率为54nGy/h~101nGy/h，中子辐射剂量率为1.38nSv/h~600nSv/h，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

六、环境影响评价

根据理论估算结果，新增Pu-238/Be中子放射源测井项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

七、“三废”的处理处置

本项目Pu-238/Be为III类放射源，Am-241/Be为V类放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中“转让Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议”的要求，建设单位应与Pu-238/Be放射源生产厂家签订放射源返回协议，Pu-238/Be放射源使用报废或退役后，将由放射源生产厂家进行回收处理。Am-241/Be放射源使用退役后拟送贮城市放射性废物库。

当放射源暴露在空气中，空气受放射源强电离作用产生臭氧和氮氧化物；但由于测井期间放射源暴露时间很短且场地开阔，臭氧可快速扩散；臭氧常温下约50min可自然分解为氧气，对周围环境影响较小。工作人员生活垃圾经分类收集后由市政环卫部门定期清理；生活污水依托现有生活污水处理设施处理。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

Pu-238/Be中子放射源使用过程中γ射线、中子外照射影响和最终产生的报废/退役放射源是本项目主要污染源。

公司现有放射源库满足放射源的贮存需求。测井过程中，工作人员严格按照操作规程操作，实行清场并划分控制区、监督区进行管理；源罐转移必须对表面剂量率进行检测，以确保放射源在源罐内；所有涉源操作必须使用长柄工具，不得徒手操作；放射源贮存和使用场所必须落实防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、放射线泄漏的“六防”措施；配备必要的辐射检测仪器，并为辐射工作人员配备必要的个人防护用品。

落实以上辐射安全与防护措施后，本项目能够满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）的标准要求。

九、辐射安全管理评价

公司已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确其管理职责。公司已制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合项目实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

公司已为辐射工作人员配置 X-γ、中子双剂量个人剂量计，定期送有资质单位监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行职业健康检查，建立个人职业健康监护档案。公司已配备有 1 套源库辐射剂量监测系统、12 台辐射检测仪、74 台个人剂量报警仪，已为本项目配备 8 台个人剂量报警仪，均为 X-γ、中子双模监测仪。此外，公司拟根据相关标准要求，为本项目工作人员配备足够数量的个人防护用品。

综上所述，中石化经纬有限公司华东测控分公司新增 Pu-238/Be 中子放射源测井项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

二、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

四、公司取得本项目环评批复、具备辐射安全许可证申领条件后，应及时申请换领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作。环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。公司已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：大源库的墙壁均为370mm混凝土，屋顶均为290mm混凝土，防护门均为100mm钢板；源坑均为下沉井式，深度为250cm，外壁采用50cm混凝土，内壁采用8mm钢板，中间填充石蜡和10mm铅板；源罐采用不锈钢和含硼聚乙烯材料屏蔽。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求。	■
	安全措施：放射源库建有围墙，安装电子脉冲围栏、视频监控，配备有辐射监测仪器，建立放射源出入库台账，安排专人24h值守；大源库内安装机械提升装置，配备应急处理工具箱，门口设置电离辐射警告标志。 测井过程中，工作人员严格按照操作规程操作，实行清场并划分控制区、监督区进行管理；源罐转移必须对表面剂量率进行检测，以确保放射源在源罐内；所有涉源操作必须使用长柄工具，不得徒手操作；放射源贮存和使用场所必须落实防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、放射线泄漏的“六防”措施；配备必要的辐射检测仪器，并为辐射工作人员配备必要的个人防护用品。	满足《放射性测井辐射安全与防护》（HJ 1325-2023）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	/
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	公司已配备有1套源库辐射剂量监测系统、12台辐射检测仪、74个人剂量报警仪台，均为X-γ、中子双模检测仪；辐射工作人员随身佩戴个人剂量计，均为X-γ、中子双剂量监测	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	/
	已为本项目配备8台个人剂量报警仪，均为X-γ、中子双模检测仪		

	配备必要的个人防护用品		/
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、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	/
总计	/	/	■

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14　审批

下一级环保部门预审意见：   公 章 经办人　　年　月　日
审批意见   公 章 经办人　　年　月　日