



# 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5327—2008

代替 SY/T 5327—1999

## 放射性核素载体法示踪测井技术规范

Specification for radioactive species carrier tracer logging

2008—06—16 发布

2008—12—01 实施

国家发展和改革委员会 发布

Radtek Radtek Radtek  
Radtek Radtek Radtek  
Radtek Radtek Radtek

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 示踪剂的选择和用量原则 .....	1
4 地面设备和下井仪器 .....	1
5 施工流程 .....	2
6 测井原始资料质量要求 .....	3
7 安全、防护及环保要求 .....	3
附录 A(规范性附录) 示踪剂使用活度和用量计算 .....	4
附录 B(资料性附录) 放射性示踪测井通知单(格式) .....	5
附录 C(资料性附录) 放射性示踪测井施工设计及现场记录(格式) .....	6

SY/T 5327—2008

## 前 言

本标准是对 SY/T 5327—1999《放射性核素载体法示踪测井》的修订。

本标准与 SY/T 5327—1999 相比，主要变化如下：

- 将标准名称《放射性核素载体法示踪测井》更名为《放射性核素载体法示踪测井技术规范》；
- 增加了地面设备要求（本版的 4.1）；
- 细化了测井施工过程（本版的 5.4.1，5.4.2，5.4.3，5.4.10，5.4.11）；
- 增加了定点测量自然伽马统计曲线的要求（本版的 5.4.6）；
- 在测井资料质量要求条款中引用标准 SY/T 6547—2003《注入、产出剖面测井原始资料质量规范》，代替了 SY/T 5327—1999 中引用的 SY/T 5132—1997《测井原始资料质量要求》（本版的 6.1）；
- 增加了示踪剂单井设计使用活度的计算公式（本版的 A.1）；
- 增加了测井施工过程的安全、防护和环保要求（本版的 7.1，7.3，7.4，7.6，7.7，7.9，7.11，7.12）；
- 将 SY/T 5327—1999 的附录 C 和附录 D 合并，重新设计了放射性示踪测井施工设计及现场记录（SY/T 5327—1999 的附录 C 和附录 D；本版的附录 C）；
- 删除了自然伽马仪的现场刻度要求；
- 删除了 SY/T 5327—1999 附录 A 中 A.2 计算相对注水量部分；
- 删除了 SY/T 5327—1999 中有关解释的条款。

本标准的附录 A 是规范性附录，附录 B 和附录 C 是资料性附录。

本标准由石油测井专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准主要起草单位：大庆油田有限责任公司测试技术服务分公司。

本标准参加起草单位：大庆石油管理局钻探集团测井公司、中国石化集团胜利石油管理局测井公司、中海油田服务股份有限公司测井中心。

本标准主要起草人：郭振雷、张永奎、杨伟民、杨立、杨玉、刘立。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- SY/T 5327—1988，SY/T 5327—1999。

## 放射性核素载体法示踪测井技术规范

### 1 范围

本标准规定了放射性核素载体法示踪测井（以下简称放射性示踪测井）的施工工艺方法、流程及测井资料录取要求。

本标准适用于油田放射性示踪法测量注水井的注水剖面及生产井和注水井的找窜、找漏。放射性示踪测井评价压裂和封堵效果亦可参照使用。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- SY 5131 石油放射性测井辐射防护安全规程
- SY/T 6277 含硫油气田硫化氢监测与人身安全防护规程
- SY/T 6547 注入、产出剖面测井原始资料质量规范
- SY/T 6548 油矿承荷电缆、电缆连接器使用和维护规范

### 3 示踪剂的选择和用量原则

#### 3.1 核素的选择

放射性示踪剂（以下简称示踪剂）应选用低毒组且半衰期不大于 30d 的伽马射线核素，目前常用的放射性核素有： $^{131}\text{Ba}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{113}\text{In}$  等。

#### 3.2 载体的选择

##### 3.2.1 示踪剂载体室内检测指标要求：

- a) 载体为固相颗粒，颗粒密度应为  $1.00\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.06\text{g}/\text{cm}^3$ ；
- b) 颗粒在注入水中应呈分散悬浮状，其沉降速度不大于  $8\text{mm}/\text{s}$ ；
- c) 颗粒在水中浸泡，应在 20d 内分解成直径小于  $10\mu\text{m}$  的微粒。

##### 3.2.2 现场施工对载体的要求：

- a) 载体粒径应大于地层孔隙的孔喉直径，一般选择为  $300\mu\text{m} \sim 600\mu\text{m}$ ；
- b) 在正常注水冲刷下，吸附在载体颗粒中的放射性核素脱附率应低于 5%；
- c) 载体颗粒耐压应不小于  $80\text{MPa}$ 。

#### 3.3 示踪剂的用量

##### 3.3.1 单井示踪剂用量按附录 A 计算。

3.3.2 以找漏、找窜为目的注水剖面测井，示踪剂的用量按 3.3.1 计算；找漏、找窜井段为  $300\text{m} \sim 500\text{m}$  时，放射性沾污补偿用量增加一倍；井段大于  $500\text{m}$  时，放射性沾污补偿用量增加两倍，并且示踪剂可分段释放。

### 4 地面设备和下井仪器

#### 4.1 地面设备

4.1.1 装备测井地面系统和与井口防喷装置配套的测井电缆的测井仪绞车一台，测井井架车（吊车）

SY/T 5327—2008

一台。

4.1.2 耐压指标应不小于井口压力 1.5 倍的井口高压密闭防喷装置一套。

4.1.3 测井电缆上第一个深度磁性记号前，应预留 40m 电缆零长，之后每 20m 应做有一个深度磁性记号，每 100m 应做有一个特殊深度磁性记号。测井电缆上深度磁性记号也可按 SY/T 6548 的要求制作。

4.1.4 测井电缆的使用和校准应符合 SY/T 6548 的要求。

#### 4.2 下井仪器

4.2.1 下井组合仪器串应由磁性定位器、自然伽马测井仪、示踪剂释放器、加重组成，并可根据施工设计要求增加井温测井仪、压力计和流量计等其他辅助仪器。五参数仪器串通常的组合顺序为磁性定位器、自然伽马测井仪、井温测井仪、压力计、流量计（带扶正器）、示踪剂释放器和加重。

4.2.2 应使用校准合格的下井仪器。

### 5 施工流程

#### 5.1 测井方案编制

5.1.1 放射性示踪测井通知单应由测井用户编写，并在预定测井日期前不少于 3d 送达测井施工单位，放射性示踪测井通知单的格式参见附录 B。

5.1.2 测井施工单位根据测井通知单编写放射性示踪测井施工设计，格式参见附录 C。

#### 5.2 测井施工条件

5.2.1 井口闸门齐全完好，压力表和水表工作正常。

5.2.2 井口注入量稳定。

5.2.3 井下管柱结构符合放射性示踪测井施工要求，井内油管管柱畅通。特殊管柱井测井，用户方应提供管柱结构图及通径数据。

5.2.4 配注井进行注水剖面测井施工时，配注管柱末端深度应大于射孔井段底界深度 15m 以上。

5.2.5 合注井进行注水剖面测井施工时，井底遇阻深度应大于射孔井段底界深度 15m 以上，油管管柱深度应小于遇阻深度。

#### 5.3 施工前准备

5.3.1 测井施工单位按施工设计要求准备示踪剂。

5.3.2 测井电缆的使用应符合 SY/T 6548 的要求。

#### 5.4 注入剖面测井施工要求

5.4.1 测井小队到达井场，应确认施工井号，核实该井的井况数据，包括注入压力、注入量及近期该井生产、作业以及井下管柱结构等情况。

5.4.2 测井队长进行安全及施工条件评估，判定能否进行测井施工。

5.4.3 确定可以施工后，测井队长确定安全通道，安排各车车位，进行安全讲话和布置工作。

5.4.4 根据施工设计要求连接下井仪器串，并进行仪器下井前通电检查，确保下井仪器串工作正常。

5.4.5 施工中应安装使用井口高压密闭防喷装置，测井施工时注水量应调节至配注量。

5.4.6 选取测量井段以上 200m~300m 处某一深度点作为自然伽马统计起伏曲线的测量点，记录测前和测后自然伽马统计起伏曲线。

5.4.7 将仪器下至测量井段底部，上提测量本底自然伽马曲线和磁性定位曲线。本底自然伽马曲线应测重复曲线，重复测量井段为射孔段内自然伽马曲线起伏变化相对明显的 50m~100m 井段。

5.4.8 将仪器串上提至测量井段顶界以上（至少 100m），释放示踪剂。

5.4.9 用自然伽马测井仪跟踪监视示踪剂悬浮液的移动，若示踪剂悬浮液的移动方向、速度与注入量明显不符时，应与甲方联系，查明原因。出现示踪剂上移现象时，应跟踪查出漏失点。

5.4.10 重复上提测量放射性示踪测井曲线和磁性定位曲线，直到两次测量的示踪测井曲线形态基本



一致。解释用放射性示踪曲线应不少于两条形态基本一致的全井段重复曲线。

5.4.11 温度、压力和流量等其他辅助参数测井，应符合 SY/T 6547 的要求。

5.4.12 应填写放射性示踪测井施工记录，格式参见附录 C。

5.4.13 施工结束后，将井口各闸门恢复到原始状态，注入量调节至施工前配注量。

#### 5.5 找漏、找窜测井施工

5.5.1 施工设计程序按 5.1 执行。

5.5.2 施工井条件按 5.2 执行。

5.5.3 按 5.4.7 测量设计找漏、找窜井段的本底自然伽马曲线。

5.5.4 根据单井注入量，一般在设计井段以上 10m~50m 释放示踪剂，注水替挤示踪剂悬浮液。

5.5.5 测量找漏、找窜放射性示踪测井曲线。在非射孔层段内找漏、找窜施工，宜监视示踪剂悬浮液移动出设计井段后，测量放射性示踪曲线。在射孔层段内的找漏、找窜施工，按 5.4.10 测量放射性示踪曲线。

### 6 测井原始资料质量要求

6.1 放射性示踪测井原始资料应符合 SY/T 6547 的规定。

6.2 自然伽马曲线和放射性示踪曲线以横向比例为 10API/格、30API/格或 10API/格、50API/格记录两条曲线，深度比例应为 1:200；找漏、找窜测井曲线的深度比例为 1:500。

6.3 注水剖面的示踪曲线原图上，注水层显示应明显且能清楚地划分。

6.4 温度、压力和流量等其他辅助参数测井资料质量，应符合 SY/T 6547 的规定。

### 7 安全、防护及环保要求

7.1 测井施工场地应在显著位置放置安全警示牌、安全通道指示牌；在占用道路或处于过往人员较多地区，还应拉放安全警戒线围住施工区并派人值守。

7.2 施工全过程应在井口密闭条件下进行。

7.3 应使用可控制的井下示踪剂释放器。

7.4 测井施工中，仪器串在油管井段的电缆起下速度应不大于 3000m/h；仪器串通过有井下工具、喇叭口或斜锥的管柱段时，电缆起下速度应不大于 1000m/h。

7.5 对出砂井在停注或反施工测井时，应始终使测井电缆处于运动状态，防止测井电缆被刺断。

7.6 测井结束后，仪器串起至距井口 100m 时减速，起至距井口 20m 时停用绞车，用人工将仪器串拉入防喷管内。

7.7 施工前和施工后应使用手持式  $\gamma$  辐射仪监测井口及井口周围半径 10m 范围内井场的放射性本底并记录最大值，检测结果应填入放射性示踪测井施工记录，格式参见附录 C。

7.8 在施工全过程中，使用放射性物质的安全防护应符合 SY 5131 的规定。

7.9 施工结束后，恢复井场环境，清理施工过程中产生的所有废弃物，并将废弃物带回驻地处理。

7.10 在生产井和注水井的自由套管井段禁止用放射性示踪法找漏、找窜。

7.11 在含硫油气田施工时，硫化氢的监测和防护应执行 SY/T 6277 的规定。

7.12 在井内流体硫化氢含量大于 30g/L 的区块，禁止进行放射性示踪法测井施工。

SY/T 5327—2008

## 附录 A

(规范性附录)

## 示踪剂使用活度和用量计算

A.1 示踪剂单井设计使用活度计算见式 (A.1):

$$I' = K \cdot H + A \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

 $I'$ ——单井设计放射性活度,单位为贝可 (Bq); $K$ ——单位层厚示踪剂使用活度,单位为贝可每米 (Bq/m); $H$ ——油层射开总厚度,单位为米 (m); $A$ ——单井示踪剂沾污损耗补偿活度,单位为贝可 (Bq)。 $K$ ,  $A$  的取值可根据本地区所使用的示踪剂类型和单位层厚用量的实际经验值确定。大庆地区  $K$ ,  $A$  的取值:

$$K = 1.5 \times 10^5 \text{ Bq/m};$$

$$A = 30 \times 10^5 \text{ Bq}.$$

A.2 计算示踪剂用量

A.2.1 测井时示踪剂的放射性核素活度按放射性衰变规律公式计算,见式 (A.2)。

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} t} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

 $I$ ——使用时放射性核素活度,单位为贝可 (Bq); $I_0$ ——出厂时放射性核素活度,单位为贝可 (Bq); $T$ ——放射性核素的半衰期,单位为天或小时 (d 或 h); $t$ ——放射性核素从出厂到使用时所经历的时间,单位为天或小时 (d 或 h)。

A.2.2 使用时示踪剂放射性比活度按式 (A.3) 计算:

$$N = \frac{I}{W} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

 $N$ ——使用时示踪剂放射性比活度,单位为贝可每毫升或贝可每克 (Bq/mL 或 Bq/g); $I$ ——使用时放射性核素活度,单位为贝可 (Bq); $W$ ——示踪剂量,单位为毫升或克 (mL 或 g)。

A.2.3 单井示踪剂用量按式 (A.4) 计算:

$$M = \frac{I'}{N} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

 $M$ ——单井示踪剂用量,单位为毫升或克 (mL 或 g); $I'$ ——单井设计放射性核素活度,单位为贝可 (Bq); $N$ ——使用时示踪剂放射性比活度,单位为贝可每毫升或贝可每克 (Bq/mL 或 Bq/g)。



附录 B  
(资料性附录)  
放射性示踪测井通知单 (格式)

放射性示踪测井通知单 (格式) 见表 B.1。

表 B.1 油田放射性示踪测井通知单

井号: \_\_\_\_\_ 作业区: \_\_\_\_\_ 采油队: \_\_\_\_\_

测井目的						
基本数据						
完钻日期		射孔井段	m			
人工井底	m	射开总厚度	m			
套管规范及深度	m	射开总有效厚度	m			
套补距	m	油补距	m			
注水情况						
注水压力	MPa	注水工艺	笼统注水/分层配注			
日注量	m <sup>3</sup> /d	注入水质	清水/污水			
转注 (投产) 日期		累计注水 (产油) 量	m <sup>3</sup>			
配注方案		测试注水		管柱结构		
配注层位	日注量 m <sup>3</sup> /d	年 月 日 日注量, m <sup>3</sup> /d	工具 名称	工具型号	深度 m	管柱结构图
全 井						
备注:						

设计人: \_\_\_\_\_ 校对入: \_\_\_\_\_ 审核人: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_  
设计单位: \_\_\_\_\_

SY/T 5327—2008

附录 C  
(资料性附录)

放射性示踪测井施工设计及现场记录 (格式)

放射性示踪测井施工设计及现场记录 (格式) 见表 C.1。

表 C.1 \_\_\_\_\_ 油田放射性示踪测井施工设计及现场记录

井号: \_\_\_\_\_

采油队: \_\_\_\_\_

测井目的			
完成期限		设计单位	
施工要求			
测井项目			
测量井段	m	核素名称	
测速	m/h	示踪剂粒径	$\mu\text{m}$
深度比例	1:200 <input type="checkbox"/> 1:500 <input type="checkbox"/>	设计活度	MBq
横向比例	1:1 <input type="checkbox"/> 1:3 <input type="checkbox"/> 1:5 <input type="checkbox"/>	释放深度	m
日注量	$\text{m}^3/\text{d}$	替注时间	h
组合参数: 井温 <input type="checkbox"/> , 压力 <input type="checkbox"/> , 密度 <input type="checkbox"/> , 连续流量 <input type="checkbox"/> , 点测流量 <input type="checkbox"/> .			
其他技术要求:			
设计人:	校对人:	审核人:	日期:
现场施工记录			
测井系统		测井时间	
下井仪器编号			
注入压力	MPa	核素名称	
实际日入量	$\text{m}^3/\text{d}$	示踪剂粒径	$\mu\text{m}$
测量井段	m	使用活度	MBq
测速	m/h	示踪剂用量	mL (g)
深度比例	1:200 <input type="checkbox"/> 1:500 <input type="checkbox"/>	释放深度	m
横向比例	1:1 <input type="checkbox"/> 1:3 <input type="checkbox"/> 1:5 <input type="checkbox"/>	替注时间	h
测前井场本底	$\mu\text{Sv/h}$	测后井场本底	$\mu\text{Sv/h}$
技术说明:			
施工单位:	测井队长:	操作员:	

Radtek Radtek Radtek

Radtek Radtek Radtek

Radtek Radtek Radtek

中华人民共和国  
石油天然气行业标准  
放射性核素载体法示踪测井技术规范  
SY/T 5327—2008

\*

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
石油工业出版社印刷厂排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

880×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 19 千字 印 1—1000  
2008 年 11 月北京第 1 版 2008 年 11 月北京第 1 次印刷  
书号: 155021·6321 定价: 8.00 元  
版权专有 不得翻印