

# 水平井多段压裂示踪剂监测研究及应用

梁涛 马伟

(新疆准东石油技术股份有限公司 新疆 阜康市 831511)

摘要：压裂液返排的示踪监测法是将一定量的示踪剂随压裂液压入地层，用示踪剂跟踪压裂液流动轨迹，用示踪剂的产出动态反映压裂液的返排状况，在井口定期取样检测返排液中示踪剂的浓度变化，根据累计返排出的示踪剂量和返排液的体积，综合判断出压裂液的返排状况。本文通过对示踪剂产出曲线特征进行归类分析，确定储层类型，结合静态资料，进一步深化对储层的认识。通过对油井措施效果评价提供新方法。

关键词：示踪剂；水平井；产出曲线；措施效果

### 0 引言

低渗透、超低渗透油气储量正成为我国各主力油田的上产主体，对于致密油中的水平井，以压裂为核心的储层改造技术成为开发中将起主导作用。但是，由于完井和配合分段压裂的井下管柱限制，不具备下入仪器进行测试的动态，无法评价水平井分段压裂效果，无法形成对各段地层流体流动形态进行有效监测，无法判断各段产液剖面的贡献情况[1]。

监测压裂液的返排情况和各段出液贡献率，对多级压裂水平井，在压裂时随着压裂液注入油水示踪剂，之后生产排液取样检测示踪剂浓度。示踪剂在常规水驱和汽驱油藏解释理论和软件已成熟，但对于多级压裂水平井的解释在国内、国外都是空白。通过本项目的研究，找到多级压裂水平井示踪剂的解释方法，建立典型曲线模版，定量分析各段压裂液返排率和产液贡献率，定性分析渗流通道特征，评价压裂效果，为压裂工艺优化提供依据。

### 1 典型曲线特征

致密油藏示踪剂监测，针对水平分段压裂特点，目的主要是监测压裂后各段压裂液的返排速度和返排量，其次是分析各压裂段的动用情况，评价产出能力，为压裂级数和工艺参数优化提供依据。现场实施操作过程中，采取水剂示踪剂随压裂液一起注入，当压裂完成开井生后，在本井连续取样监测，除分析压裂液返排和各段的动用程度外，还根据示踪剂产出曲线形态，判断产出段的裂缝特征。分析参数有见剂浓度、峰值浓度、见剂日期-峰值日期、持续时间、曲线形态特征（见图1），其中：

见剂浓度：代表该段开始动用的强度；

峰值浓度：代表该段动用最好时的强度；

见剂日期-峰值日期：代表该段开始出液到出液最高的时间；

持续时间：代表该段出液且见剂后，符合见剂标准持续出液时间。

曲线形态：判断该段出液渗流的渗流特征：裂缝、基质、裂缝+基质，目前对于分段压裂监测只能定性判断。

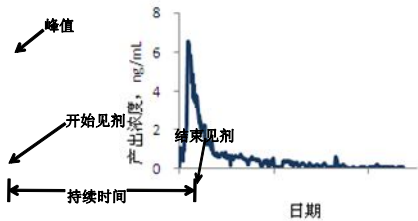


图1 分段压裂示踪剂监测曲线

### 2 示踪剂产出量分析

某XX1水平井水示踪剂监测12段，从压裂段产液量构成图可以看出，靠近B点第1、3、4段前期产液量低，后期第4段出液量明显上升，整体上第5段出液量高，第6、7、9、11、12、16段出

液量相对接近。

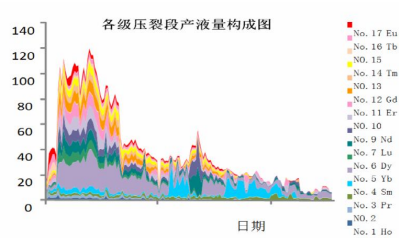


图3 XX1压裂段产液量构成图

从示踪剂累计产出量分析，开井生产后随着峰值的出现，产出量快速上升，随着峰值形态下降而趋于缓慢上升，当峰值形态结束时，累计产出量曲线趋于平稳，总体上第5段产出量最多、第1和3段产出量低。

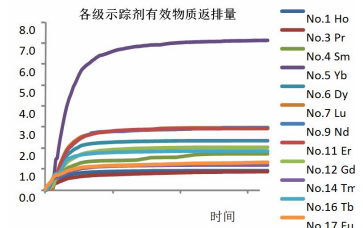


图2 XX1示踪剂有效物质返排量

### 3 分段动用程度

根据监测井示踪剂产出浓度的比例对日产水量进行劈分后求和，算出生产过程中各段的贡献率，分析各段贡献率得出该井动用相对均匀井，产油量较高。该井动用不均主要反映为靠近B点压裂段贡献率低。

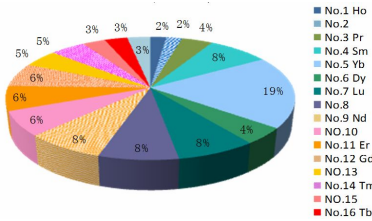


图3 XX1压裂层产液贡献率

### 4 示踪剂回采率分析

监测段的示踪剂回采率都低于10%，而单井压裂液返排率高在30%~105%，示踪剂回采率与压裂液返排率不一致的原因有两方面：

(1) 地层内水体稀释，注入各段的示踪剂在段内液体、井内全部液体、地层内全部液体（包括地层水），稀释的体积增大，浓度下降，而且稀释后的液体不可能全部产出。通过产出水分析得出：由于地层水为NaHCO<sub>3</sub>型，检测产出水HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>都比Cl<sup>-</sup>低。