

摘要

随着低渗透油田的大规模开发，生产实际和室内实验都表明，流体在特低渗透储层中的流动属于非线性渗流，已经提出了各种形式的非线性渗流数学方程。但到目前为止，对这些非线性渗流方程只有数值解，还缺乏解析解。对于众多石油科学技术工作者来说，非线性方程的解析解是我们追求的重要目标，它对于我们提升现有计算方法，对于我们更准确地预测油田生产动态，提高石油科技水平，无疑都是非常重要的。为此，我们在这方面进行了探索。

一、我们以三参数非线性渗流方程为基础，依据稳态逐次替换法求解非稳态、非线性偏微分方程的基本原理，提出了一套求解非线性偏微分方程的解析方法。分析了油井产量变化规律，分析了影响产量的因素；分析了定产条件下，井底压力变化规律，以及非线性参数对井底压力变化的影响。

二、基于同伦变换原理，提出了求解应力敏感耦合非线性偏微分方程的解析方法。分析了压力分布的特点，探讨了影响产量递减规律的因素和井底压力下降的规律。提出了附加表皮因子和附加启动压力梯度两种近似方法。讨论了附加表皮因子法与附加启动压力梯度法井底压力和产量递减规律。

三、建立了分段压裂水平井有限导流能力产量递减模型，分析了非线性及应力敏感性的影响。分析了水平井筒压降规律和雷诺数变化规律及对

产量的影响。

四、基于点源函数理论，提出了统一表征线性与非线性的格林函数及求解方法。论证了非线性渗流解析方法满足纽曼乘积条件，提出了归一化拟时间的概念，初步论证了非线性格林函数的解析方法，讨论了垂向渗透率对产量递减规律的影响。

关键词：解析方法，拟流量，非线性，非线性格林函数法