



研究生课程教学大纲

课程名称：	油气开采流变学与多相流动		
	Rheology and multiphase flow in oil and gas production		
课程编号：	ZX02207M		
开课单位：	油气开采工程研究所	开课学期：	1
课内学时：	32	学分：	2
适用学科专业及层次：	油气田开发工程学术学位硕士研究生、石油与天然气工程专业学位硕士研究生、石油与天然气工程专业学位博士研究生		
先修课程：	高等数学、工程流体力学、采油工程		
教学团队：	李松岩、王卫阳、李兆敏、李宾飞、张黎明、张超		

一、课程简介与学习目标

本课程属于研究生专业选修课程。

在油气开采和过程中，经常遇到复杂流体及复杂混合物的流动问题，准确预测复杂流动压力损失、流量变化规律是进行各项技术措施优选、参数设计和工况分析的基础，对于保障油气高效开采具有十分重要的意义。本课程主要讲授流体本构方程和控制方程、非牛顿流体裂缝内流动、非牛顿流体管内流动和渗流、油气相态及高压物性计算、多相管流基本模型、气液两相流动计算及应用、固液两相流动计算及应用、泡沫流体流动计算及应用、流变及多相流动参数测量，为今后从事专业工作和科学研究打下良好的基础。

本课程的学习目标是系统学习与油气开过程流变学和多相流动相关的基本概念和研究方法、物理模拟和数学建模方法、工程实用计算模型、商用软件操作方法以及相关领域的最新研究成果。

二、课程内容

第1章 绪论

- 1.1 流变学的研究对象
- 1.2 石油工程非牛顿流体的流动现象
- 1.3 多相流动定义及其分类
- 1.4 多相流动基本特征及参数
- 1.5 油气开采多相流动研究简史

第2章 非牛顿流体本构方程与控制方程

- 2.1 张量基础知识及参考坐标系
- 2.2 流变学常用张量
- 2.3 非牛顿流体本构方程
- 2.4 非牛顿流体控制方程

第3章 非牛顿流体在裂缝内的层流流动

- 3.1 流体的运动特性
- 3.2 流体的应力特性
- 3.3 运动方程的求解
- 3.4 幂律流体平行平板的库塔流
- 3.5 压裂液在裂缝内的层流流动

第4章 非牛顿流体在井筒内的层流流动

- 4.1 运动学与应力特性
- 4.2 运动方程及求解
- 4.3 罗宾诺维奇-莫纳方程
- 4.4 不同流体圆管内的层流流动
- 4.5 圆管流动的力平衡关系式及应用
- 4.6 非牛顿流体在环形空间内的层流流动

第5章 非牛顿流体的渗流

- 5.1 达西定律及非线性渗流
- 5.2 非牛顿流体的单相稳态渗流

第6章 油气相态及高压物性计算

- 6.1 黑油模型
- 6.2 组分模型

6.3 天然气水合物相态计算

第7章 气液两相流动计算及应用

7.1 气液两相动数学建模方法

7.2 经验相关式

7.3 机理模型

7.4 气液两相管流计算应用

7.5 多相流动商用软件简介

第8章 固液两相流动计算及应用

8.1 颗粒在液体中受力分析

8.2 井筒流体携砂流速计算及应用

8.3 水力压裂液固两相流计算及应用

第9章 泡沫流体流动计算及应用

9.1 泡沫流体概述

9.2 泡沫流体管流规律

9.3 井筒泡沫携砂（岩）计算

第10章 流变及多相流动参数测量

10.1 单相流动参数测试方法

10.2 流变参数测试方法

10.3 多相流动参数测试方法

三、教学方式

课堂理论讲授+案例分析，课外文献阅读

四、考核方式

课程大作业+课堂表现+期末考核

五、教材与参考资料

（一）教材

1. 李兆敏，蔡国琰. 非牛顿流体力学. 石油大学出版社，1998.
2. 陈家琅，陈涛平. 石油气液两相管流（第二版），石油工业出版社，2010.

（二）主要参考资料：

1. 杨树人，崔海清. 石油工程非牛顿流体力学. 石油工业出版社，2013.
2. 张立娟，岳湘安. 石油工程流变学. 石油工业出版社，2016.

3. 孙宝江. 石油天然气工程多相流动. 中国石油大学出版社, 2013.
4. 郭烈锦. 两相与多相流动力学. 西安交通大学出版社, 2002.
5. 岳湘安. 液-固两相流基础. 石油工业出版社, 1996.
6. J.P. Brill. *Multiphase Flow in Well*. Richardson Texas, 1999.