

中国石油大学(北京)

油气储运工程专业研究生

实验教学大纲

中国石油大学(北京)机械与储运工程学院

目 录

实验一 原油凝点的测定.....	3
实验二 原油屈服应力、触变性及流变曲线 (τ vs $\dot{\gamma}$) 的测定.....	4
实验三 水平管道中空气-水流型实验.....	5
实验五 多相流动中的蜡沉积规律实验.....	7
实验六 水合物浆液固液两相流动观测实验.....	8
实验七 起伏地形管道清管过程水力冲击实验.....	9
实验八 气液两相管流清管实验.....	10
实验九 立管严重段塞流流动特性及控制实验.....	11
实验十 低温液体物性测试实验.....	12
实验十一: LNG 管道输送模拟实验.....	13

实验一 原油凝点的测定

实验学时：3 学时

实验类型：设计型

实验性质：选修

实验目的：

通过实际操作，了解原油凝点测定的方法和过程，通过观察建立对原油的胶凝过程的感性认识。

实验内容：

原油及含水原油凝点测试。

实验过程：

- 1、凝点的定义
- 2、国标和行标测凝点方法，介绍使用的仪器
- 3、实验注意事项
- 4、实验

主要实验仪器设备名称：

凝点测定仪、凝点试管、凝点温度计、普通温度计（分度 0.5°C ）、控温水浴（用于加热油样）、广口瓶。

每台套主要设备每次实验学生数：凝点测定仪 2 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验二 原油屈服应力、触变性及流变曲线 (τ vs $\dot{\gamma}$) 的测定

实验学时：3 学时

实验类型：综合型

实验性质：选修

实验目的：

通过实际操作，了解原油屈服应力、触变性和平衡流变曲线的测定方法，通过观察建立对原油屈服、触变过程的感性认识

实验内容：

原油的流变性测量

原油屈服应力的测定

原油触变性的测定

原油平衡粘度的测定

实验过程：

- 1、复习基本概念
- 2、介绍仪器使用方法和注意事项
- 3、实验
- 4、数据检查

主要实验仪器设备名称：

流变计（即旋转粘度计）及配套的控温水浴、普通温度计（分度 0.5°C ）、
控温水浴（用于加热油样）、广口瓶等。

每台套主要设备每次实验学生数：旋转粘度计 2 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验三 水平管道中空气-水流型实验

实验学时：3 学时

实验类型：设计型

实验性质：选修

实验目的：

了解多相流实验室的空气/水两相流环道实验装置的流程及其基本的设备，通过气-水两相流实验，观察流型，从感性上认识流型。

实验内容：

了解两相流实验室及实验设备，观察管道中的各种流型，认识各种流型特征。

实验过程：

（一）介绍空气/水两相流环道实验装置

1、环道设计

2、环道上的各种设备

（二）实验教学

1、开始实验

2、从分层流开始，调节各参数，依次出现波浪流、泡状流、段塞流、环状流、雾状流。

3、同时要求学生观察气、液流速等采集到的参数

主要实验仪器设备名称：

多相流实验装置由环道系统、供气系统、供水系统和数据采集/监控系统组成。

每台套主要设备每次实验学生数：空气/水两相流环道 10 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验四 油气水三相流型观测实验

实验学时：3 学时

实验类型：综合型

实验性质：选修

实验目的

了解多相流环道实验装置，结合各种流型判别方法分析流型特征及各流型下气、液流动特征。本实验主要分析：(1) 分层流 (2) 气团流 (3) 段塞流 (4) 波浪流

实验内容：

了解实验环道及重要设备功能，观察各种流型，认识解释各种流型产生的原因。

实验过程

- 1、介绍实验环道装置
- 2、解释各种设备功能
- 3、开始实验，
- 4、观察段观测流型，并使用高速摄像机进行摄像
- 5、在实验段尾部截取混合液，测定平均含水率

实验仪器设备名称

实验装置由管路系统、环道测试系统、气液供应系统、数据采集和控制系统、高速摄像机等组成。

每台套主要设备每次实验学生数：油气水多相流环道 10 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验五 多相流动中的蜡沉积规律实验

实验学时：3 学时

实验类型：设计型

实验性质：选修

实验目的

通过本实验了解多相流蜡沉积环道流程设计方法，多相流管道的运行特点，流型辨识方法及蜡沉积的基本原理。

实验内容

- 1、观察蜡沉积测试端压降随时间的变化。
- 2、不同流型下，测试端压降的变化规律。
- 3、研究不同流型下的蜡沉积规律。

实验仪器设备名称

主要由油水供给系统、测量系统、加气管段、测试段和参比段、分离系统组成。

每台套主要设备每次实验学生数：多相流蜡沉积环道 10 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验六 水合物浆液固液两相流动观测实验

实验学时：3 学时

实验类型：设计创新型

实验性质：选修

实验目的

通过水合物浆液流动实验，了解水合物生成机理及生成条件，观测水合物生成后固液流动形态，通过 PVM（颗粒录像显微镜）观测体系内水滴及水合物的微观形态变化，并根据压降温度的变化能够估计体系内的水合物生成量。

实验内容

1. 介绍环路设计思路
2. 了解各高新设备功能
3. 开始实验：

观察描述水合物生成后体系内固液流动形态

观察 PVM 观测得到过程中水滴及水合物形态变化

记录的溫度、压力

计算得到水合物生成量

实验仪器设备

环路主要由油气水供给系统、测试段、控温保温系统、加药系统、抽真空系统和气体回收系统组成。该环路配有 FBRM(聚焦光束反射测量仪)、PVM（颗粒录像显微镜）、温控仪以及质量流量计等先进的实验仪器。

每台套主要设备每次实验学生数：多水合物浆液实验环道 10 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验七 起伏地形管道清管过程水力冲击实验

实验学时：3 学时

实验类型：综合设计型

实验性质：选修

实验目的

本水力冲击模拟实验基于西气东输管道试压排水后期清管过程，以现场实际为原型，通过注气、注水、排水等系统的设计，模拟实际过程的水力瞬变情况，获得整个过程压力随时间变化关系、压力的最大值、影响压力的因素等参数关系，研究气液两相流动规律、诱发的脉冲压力规律，从而为工程实际提供指导作用。

实验内容

1. 介绍环路设计思路
2. 了解各高新设备功能
3. 开始实验：
观察气囊位置和气囊大小；
改变倾角、背压、开关阀，并记录数据；
计算探索管道末端压力的变化规律

实验设备

模拟试验系统由供气系统、供水系统、排水系统、试验管道系统、测量与数据采集系统六部分构成。

每台套主要设备每次实验学生数：起伏管道清管实验环道 10 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验八 气液两相管流清管实验

实验学时：3 学时

实验类型：综合设计型

实验性质：选修

实验目的

学习两相管流清管的实验方法；了解两相流管道中清管过程中清管器运动以及气液两相流动的理论；观察清管过程中清管器运动不稳定以及气液两相出现分区的现象；学习根据牛顿定律以及流体力学理论分析清管过程，验证清管器运动以及气液两相流动不稳定特点；思考气相管道以及液相管道中清管与气液两相管道清管的不同。

实验内容

1. 介绍实验环路设计思路
2. 了解设备功能
3. 开始实验

观察清管器运动过程；

了解清管器运动的不稳定性及清管器前后气液相运动规律

记录不同气液相速度。

分析清管器速度与气液速度之间的关系。

实验设备

主要实验设备：压缩机，水泵，储水罐，收发球筒，透明有机玻璃管，工程塑料管，相分率仪，数采系统等。

每台套主要设备每次实验学生数：气液两相管流实验环道 10 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验九 立管严重段塞流流动特性及控制实验

实验学时：3 学时

实验类型：设计型

实验性质：选修

实验目的

- 1 学习自由站立式立管内流流动特性，包括流型图、压力、持液率等特性；
- 2 了解自由站立式立管流动控制研究；
- 3 思考如何开展自由站立式立管流动模拟模型。

实验内容：

1. 介绍环路设计思路
2. 了解各高新设备功能
3. 开始实验：
 - 观察水平下倾管段及立管段流型；
 - 观察严重段塞流的产生及发展
 - 记录压力数据及注气量
 - 了解严重段塞控制方法及计算

每台套主要设备每次实验学生数：自由站立式立管实验环道 10 人/台

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验十 低温液体物性测试实验

实验学时：2 学时

实验类型：综合型

实验性质：必修

实验目的

熟悉低温液体操作的方法与原则，了解低温液体的低温特性、气化特征及对材料性能的影响，掌握利用热电偶或热电阻进行低温下温度测量的方法。

实验内容

- (1) 以液氮为试验介质，学习低温液体的低温特性，熟悉低温液体的操作方法与原则；
- (2) 认识低温下常用的热电偶类型及温度巡检仪各部分功能及操作，正确安装测温原件，操作仪器对低温液体的温度进行测量。
- (3) 将不同物质浸入低温液体，观察低温液体对材料物性的影响。
- (4) 将低温液体洒入金属盘内，观察低温液体气化特征。
- (5) 对测量结果进行分析。

3、主要实验仪器设备名称：

热电偶、点温计、低温液体容器。

每台套主要仪器设备每次实验学生数：5 人/套。

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。

实验十一：LNG 管道输送模拟实验

实验学时：2 学时

实验类型：综合型

实验性质：必修

实验目的

了解 LNG 容器及输送管道的基本结构和阀件与仪表流程；掌握低温容器的压力调整、充液与排液操作方法与安全操作规范；熟悉低温液体输送过程的温度、压力测量。

实验内容

- 1、参照实物，学习 LNG 储存容器及输送管道的结构与阀门、仪表，操作相关阀门，将容储存压力调整到一定状态，并利用容器上的压力表观测容器的压力变化过程。
- 2、正确安装低温输送管道的温度与压力测量元件，调整好温度与压力检测设备。
- 3、连接低温管道与实验容器，操作相关阀件，利用压力法将低温液体排出容器，进入低温液体输送管道，并利用容器上的仪表观测容器内部压力的变化过程。
- 4、调节管道上的阀门，通过管道上测仪器，观测低温液体在管道内的输送特性。

主要实验仪器设备名称

LNG 储存容器、低温液体输送管路、温度检测仪、压力传感器及数据采集设备。

每台套主要仪器设备每次实验学生数:10 人/套。

实验考核包括两部分，实验操作和实验报告。