



INNER MONGOLIA UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY
内蒙古科技大学

教 案

瑞利：伟大精深啊，自然造物之奇妙！研究探索吧，
求得世界的奥秘，乐在其中矣！

课程名称 流体力学

总学时数 72 学 时

使用班级 能源与动力工程 2019-1,2,3

任课学期 2020/2021 学年第一学期

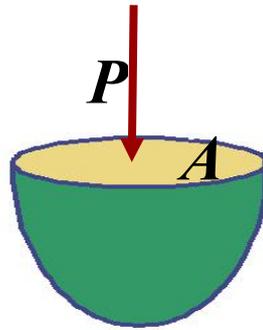
任课教师 郑坤灿、张大鹏

编制时间 2020 年 8 月 20 日

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第一章 绪论 (第二次)	
教学目标	掌握流体受到的力、流体性质和牛顿粘性定律, 具有计算机器润滑过程摩擦力的能力。	
重点难点	重点: 流体上的力、粘性及牛顿内摩擦定律 难点: 牛顿内摩擦定律的应用	
思政点	牛顿及粘性定律的发现、不可压和理想流体模型 (相对与绝对的关系)	
课前	课前, 学生观看线上媒体: 二力、五性和三模型文本学习并做相应测试, 选看名师课堂。教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>案例导入: 滑滑板阻力计算</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>1.1 流体中的力</p> <p>按力的表现形式分为质量力和表面力</p> <p>一、质量力 (非接触力)</p> <p>(1) 定义;</p> <p>(2) 单位质量力:</p> <p>二、表面力 (接触力)</p> <p>(1) 定义;</p> <p>(2) 表面力分解;</p> <p>(3) 应力-单位面积的表面力</p> <p>三、区分质量力和表面力及技巧 (重点和难点)</p>	<p>问题监测点: 质量力和表面力的区分; 运动粘度和动力粘度的区分; 粘性定律及其应用; 三大模型实际应用条件。</p>



思考：重力、惯性力、电场力、浮力是质量力还是表面力，为什么？

1.2 流体的基本性质

一、惯性

- (1) 定义；
- (2) 重度与比重；

可补充：[惯性之奥秘](#)

二、压缩性和热胀性

- (1) 液体系数定义及影响因素；
- (2) 气体压缩和热胀性描述；
- (3) 不可压缩与可压缩流体举例（*注意通常状况与特殊状况*）；

可补充：[压缩性和热胀性的工程应用](#)

三、表面张力特性与毛细现象

可补充：[生活中的表面张力](#)

四、粘性及粘性力（重点与难点）

- (1) 粘性定义

课程导入：大家对粘性的理解时怎样的？（**前测**）

理解**粘性**（定义—>机理—>影响因素）（**重难点**）

提问和思考：粘性如何定量？（科学需要定量化）

- (2) 牛顿实验和牛顿粘性定律及重要性

思政引入：牛顿简介，哲学的意义/宗教和科学的对立统一/阻力兼动力的两面性（人生观和世界观）。

- (3) 粘度及其影响因素

粘度（回答了提问）—>常用粘度—>温度影响（**重难点**）

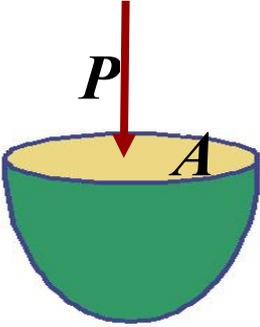
- (4) 粘性定律的应用（结合实际讲 2-3 个算例）

	<p>粘性定律的应用及举例（生活与工程案例 3 个，学生练习 1 个，学生课后探索 1 个）（学科前沿）（难点）</p> <p>粘性定律的重要意义（测定了粘性力、定义了粘度、定义了牛顿流体和非牛顿流体、本构方程后才有粘性流体力学才有大名鼎鼎的 N-S 方程也才有普朗特的边界层理论、非牛顿力学的基础）</p> <p>1.3 流体力学三大模型</p> <p>一、连续介质模型</p> <p>（1）假设的内容：1753 年欧拉（数学家）</p> <p>（2）流体微团（或流体质点）：基本单位</p> <p>（3）模型应用、意义及局限性：</p> <p>二、理想流体模型</p> <p>（1）假设的内容</p> <p>（2）模型应用及意义</p> <p>三、不可压流体模型</p> <p>（1）假设的内容</p> <p>（2）模型应用及意义</p> <p>思政引入：相对与绝对的关系</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（1）粘性是怎么产生的？</p> <p>（2）读自然哲学的数学原理-流体阻力部分，思考牛顿解决流动阻力之道？</p> <p>（3）智慧树平台：学习 3.4</p> <p>统一作业：1-1,1-2,1-3,1-5,1-7</p> <p>提高作业：1-8（基础扎实生和考研究生）</p> <p>网络教学平台（优慕课）：章节测试</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1.《由流层间的相互作用力推导牛顿粘性定律》</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p>	

	(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。	
预习任务	网络教学平台：名师课堂学习静压强特性及分布规律，阅读文本并做对应测试。	

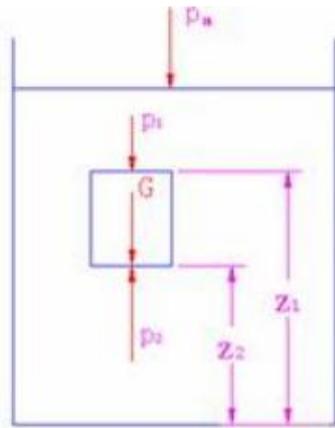
内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第二章 静力学 (第一次)	
教学目标	掌握静压强特性及分布规律, 为最终压力计算打基础	
重点难点	静压强特性及分布规律	
思政点	帕斯卡及其原理 (科学精神和方法)、压强和压力 (小如何胜大?)	
课前	课前, 学生观看线上媒体: 网络教学平台观看名师课堂学习静压强特性及分布规律, 阅读文本并做对应测试。教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>网络教学平台问题反馈</p> <p>重点内容回顾</p> <p>案例导入: 三峡大坝和三峡双线五级船闸受压计算</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>2.1/2.2 静压特性及其分布规律</p> <p>一、静压强 (需要图示)</p> <p>(1) 静压力</p> <p>(2) 静压强</p> <p>思政引入: 小可胜大, 弱能胜强, 比的是什么?</p> <p>二、静压强特性</p> <p>(1) 方向为内法线方向</p> <p>(2) 大小随空间位置变, 同一位置与方向无关</p> <p>(3) 帕斯卡原理</p> <p>思政引入: 帕斯卡科学精神、态度和方法</p> <p>三、静压强分布规律 (重点)</p> <p>(1) 质量力仅有重力时的分布规律 (高中所学直接给出)</p>	<p>问题监测点: 静压强大小和方向; 水平面为等压面的条件及应用; 区分表压、相对压强和真空度。</p> 

(2) 势能守恒方程 (根据图由 (1) 得 (2))

图示



可以引申出伯努利能量方程

四、水平面 (举一例说明)

直接由常识给出结论: 均质和非均质的流体, 只要满足同种、静止和连续三个条件, 水平面 (如分界面和自由面) 是等压面、等密面和等温面。该结论是流体中静压强和压力的计算的基础。

2.3 压强计算基准和量度单位 (简介和复习)

一、压强计算基准 (绝对压强和相对压强)

- (1) 绝对压强
- (2) 相对压强
- (3) 真空度
- (4) 表压

此处注意区分: ①表压和相对压强; ②表压与真空度

二、压强三种度量单位 (应力/大气压/液柱高)

提问和思考: 选择测试题

课程思政引入角度: 善于全方位的思考问题, 勇于提出自己的观点。

提问: 都有哪些单位能表述压强大小?

- (1) 应力单位
- (2) 大气压
- (3) 液柱高

可以只强调工程大气压、和巴及毫巴的单位及关系。

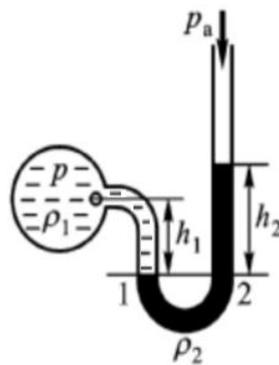
2.4 液柱测压计

压强的测量仪表

金属弹性式、电测试、液柱式

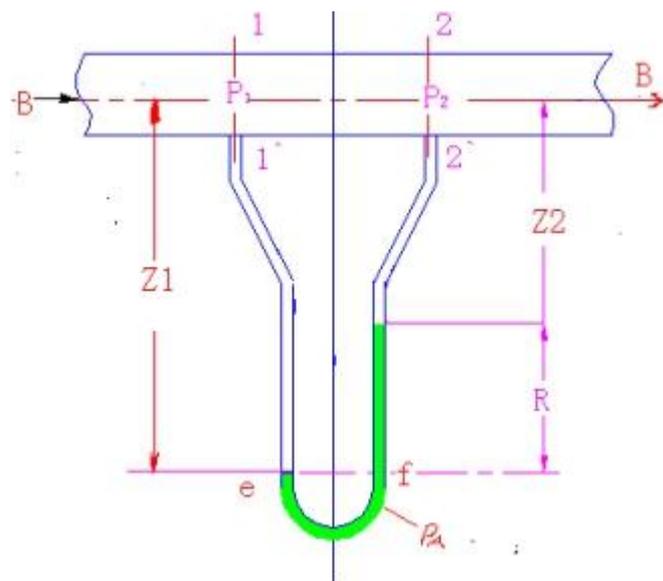
课程思政引入角度：高精设备等国产化、大国工匠精神。

一、测压计（测单点）

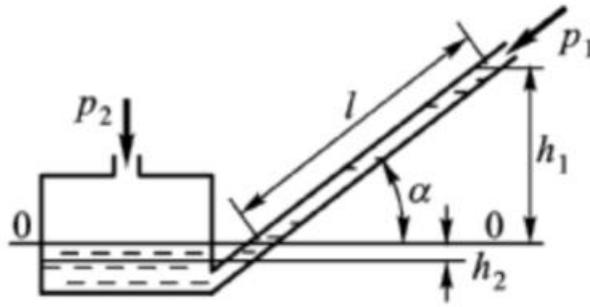


课程思政引入角度：解决科学性问题的思想方法。引导学生对后续的微压计和差压计自行进行应用迁移分析。

二、压差计（测两点之差）



三、微压计（测微小压强）



微压计因为压力小一般采用密度较小的液体做为测量介质，比如蒸馏水和酒精等。

课后作业

思考题：

- (1) 水平面为等压面的条件是什么？
- (2) 如果要增加一个液柱式压强计的精度，可以进行怎样的设计改动？

统一作业：2-1,2-2,2-5

提高作业：2-3（基础扎实生和考研生）

网络教学平台（优慕课）：章节阶段性测试

教学评价

- (1) 通过学生上课互动效果进行评估；
- (2) 通过学生课堂练习进行评估；
- (3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；
- (4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
- (5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

预习任务

网络教学平台：观看平面压力计算名师课堂，学习文本并做相应测试；为便于理解可以先看智慧树在线课程流动美鉴赏与哲学科学启示 2.9 节。

内蒙古科技大学教案

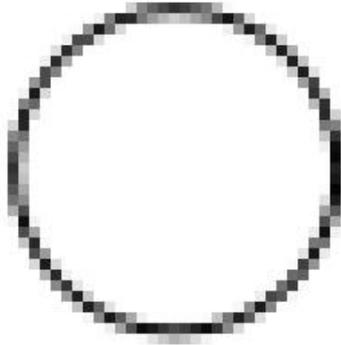
课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第二章 静力学 (第二次)	
教学目标	掌握平面压力求解解析法与图解法, 解决工程上水中物体受压问题	
重点难点	重点: 平面压力求解解析法与图解法 难点: 压强分布图形作法、压力作用点	
思政点	三峡大坝压力计算 (工程问题、大国工程)	
课前	课前, 学生观看线上媒体: 观看平面压力计算名师课堂, 学习文本并做相应测试; 为便于理解可以先看智慧树在线课程流动美鉴赏与哲学科学启示 2.9 节。教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。工程问题导入: 动力学解决三峡大坝水压的问题</p> <p>思政引入: 三峡大坝介绍, 感受中国近年来的飞速发展和日益强大, 展现大国自信 (中国特色社会主义制度的优越性)</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>2.5.1 作用于平面的液体压力-图解法</p> <p>压强分布图形及图解法</p> <p>(1) 水平面受压</p> <p>从最简情况得到图解法求解平面受压的方法 (包括大小和作用点)</p> <p>(2) 竖直面和倾斜面受压</p> <p>作出几种情况的压力分布图形, 可选竖直平面为例求压力。</p> <p>2.5.2 作用于平面的液体压力-解析法</p> <p>课程思政引入角度: 科学的方法思路</p> <p>一、解析方法描述</p>	问题监测点: 作压强分布图形; 作用点确定。

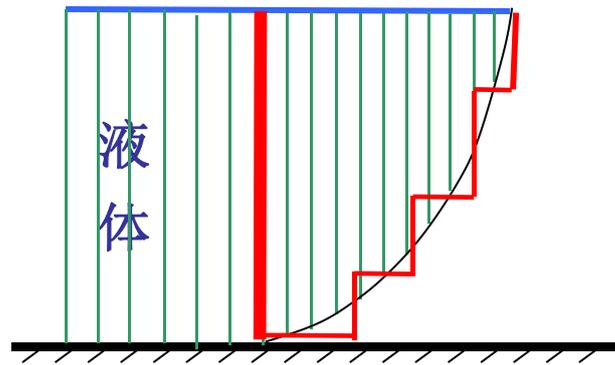
	<p>平面微分，每一分区求压力，平面积分求总压。</p> <p>二、坐标设置 (图示)</p> <p>坐标轴、形心、作用点、任一点描述方法</p> <p>三、平面压力解析解 (图示)</p> <p>(1) 大小为平面形心处压强乘以平面面积</p> <p>(2) 作用点在形心下</p> <p>(3) 惯性矩 (常见矩形、圆形、三角形)</p> <p>2.5.3 作用于平面的液体压力-解析法和图解法例题</p> <p>例 1 水下竖直闸门的受力 (解析法与图解法)</p> <p>例 2 水下倾斜闸门的受力 (解析法与图解法)</p> <p>例 3 水下闸门两侧受力 (解析法与图解法)</p>	
课后作业	<p>思考题:</p> <p>(1) 作用点的坐标怎么确定?</p> <p>统一作业: 2-27,2-28</p> <p>提高作业: 2-29,2-30 (基础好的和考研生)</p> <p>推荐课下阅读文献:</p> <p>1. 《三峡工程设计论文集》-- 5.水上设计篇</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估;</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估;</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估;</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络教学平台: 观看名师课堂学习曲面压力求解解析法与图解法, 学习文本并做对应测试。</p>	

内蒙古科技大学教案

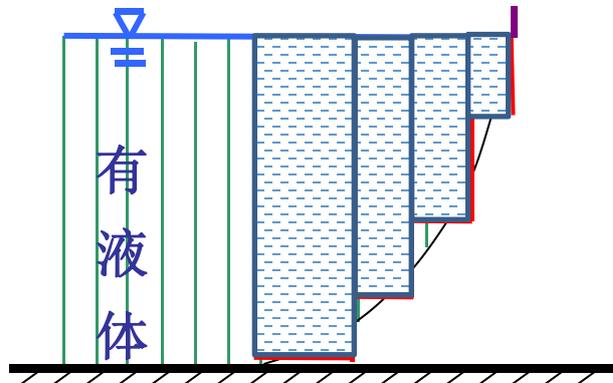
课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第二章 静力学 (第三次)	
教学目标	掌握曲压力求解解析法与图解法, 解决工程上水中物体受压问题	
重点难点	重点: 曲面压力水平与竖直分力求法 难点: 压力体; 合力作用点	
思政点	曲面压力分析 (对曲面曲线本质的认识, 复杂问题分析解决)	
课前	课前, 学生学习线上媒体: 观看曲面压力计算名师课堂、阅读文本并做相应测试。 教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生问题的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>课程导入: 很多大坝是曲面, 那又应该怎样计算液体对它的压力? (前测)</p> <h3>2.6 作用于曲面的液体压力</h3> <h4>一、曲上的压力 (图示)</h4> <p>(1) 曲面分解</p> <p>分解方法及其思想</p>  <p>课程思政引入: 认识曲面和曲线的本质, 然后就自然得到曲面压力的求解方法, 这是复杂问题的分析解决训练。</p>	问题监测点: 压力体的做法; 曲面压力的计算。

(2) 求水平分力 (竖直平面受压)



(3) 求竖直分力 (水平面受压)



压力体对竖直分力的求法十分关键，既是重点又是难点，需要多练习。

- 1) 例子：水下半球、水下全球、水下圆柱包括不同方位
- 2) 说明浮力的实质

(4) 求合力大小和方向

(5) 求作用点

二、压力体的概念

- (1) 压力体的组成：
- (2) 实压力体和虚压力体辨识
- (3) 压力体的绘制

压力体绘制拓展案例 (讨论分析)

	<p>总结：静止液体作用在曲面上的总压力的计算程序。</p> <p>三、曲面压力求解例题（讲 2 道例题）</p> <p>书上例题 1 道和自编圆柱例题 1 道</p> <p>讨论学习</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（1）思考汽车落水后在水中受压如何计算？</p> <p>统一作业： 2-36,2-37</p> <p>提高作业： 2-39, 2-40（基础扎实生和考研究生）</p> <p>（2）案例提交</p> <p>网络教学平台（优慕课）： 章节阶段性测试</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1. 《三峡工程设计论文集》-- 5.水上设计篇</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>（5）通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络教学平台： 观看相对平衡名师课堂、阅读文本并做相应测试。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第二章 静力学 (第四次)	
教学目标	掌握平衡微分方程和相对平衡压强分布, 为解决相对平衡时水中物体受压问题打基础。	
重点难点	重点: 平衡微分方程和相对平衡压强分布 难点: 平衡微分方程	
思政点	达朗贝尔与动平衡 (对平衡认识的拓展、惯性力思考)	
课前	课前, 学生观看线上媒体: 观看相对平衡名师课堂、阅读文本并做相应测试。教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>2.7 流体平衡微分方程</p> <p>一、平衡的概念 (静止或匀速、匀加速直线、匀速圆周)</p> <p>核心是流体内部无相对运动。</p> <p>思政引入: 对平衡和惯性力的再思考, 探索自然奥秘</p> <p>二、平衡微分方程</p> <p>(1) 推导方法和过程, 重在方法</p> <p>(2) 方程意义 (质量力和压力平衡; 内力和外力平衡;)</p> <p>三、平衡微分方程讨论</p> <p>(1) 当没有质量力时, 显然压力梯度为 0, 压强无空间分布 (处处相等)。</p> <p>(2) 当质量力只有重力时</p> <p>$X=0, Y=0, Z=-g$, 可得到传统压强分布规律</p> <p>(3) 当质量力只有惯性力时</p> <p>匀加速运动 $X=-a, Y=0, Z=0$</p>	问题监测点: 相对平衡的概念; 平衡微分方程的意义。

(4) 当质量力只有惯性力时，匀速转动， r 方向有离心力

(5) 因为压强是空间的连续函数，且对空间的各阶偏导数存在，所以有微分：

$$dp = \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho X dx + \rho Y dy + \rho Z dz = \rho dW$$

W 为有势力， ρ 为常数时，积分上式可得

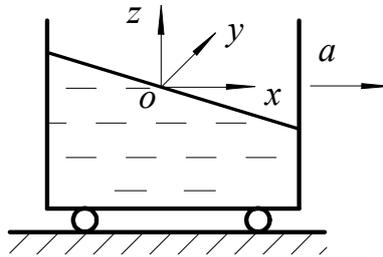
$$p_2 - p_1 = \rho(W_2 - W_1)$$

四、等压面

f 与等压面和等势面一定处处正交

2.8.1 等加速直线运动流体平衡

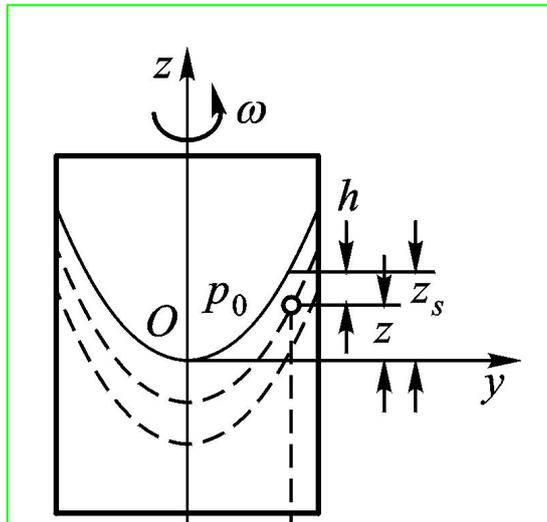
一、压强分布



二、倾斜自由面方程

2.8.2 匀速转动流体平衡

一、压强分布



二、抛物自由面方程

二、平衡微分方程求解例题（讲 2 道例题）

例题 1 等加速直线运动道

例题 2 匀速转动例题

课后作业

思考题：

(1) 惯性力究竟是怎么来的？

统一作业：2-41,2-44

提高作业：2-46（基础扎实生和考研究生）

教学评价

(1) 通过学生上课互动效果进行评估；

(2) 通过学生课堂练习进行评估；

(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；

(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；

(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

预习任务

复习第二章内容，自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题，反馈给老师。

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第二章 静力学 (第五次)	
教学目标	帮助解决习题中存在的问题, 结合习题进一步巩固重难点	
重点难点	流体中物体受压的计算复习巩固	
思政点	无	
课前	课前, 学生复习第二章内容, 自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题, 反馈给老师。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>第二章内容复习串讲</p> <p>习题课</p> <p>四、压力分布及合力作用点类型题</p> <p>五、虚设自由面类题目</p> <p>六、压力体类题目</p> <p>四、案例评述与分析</p>	问题监测点: 压强分布图形和合理作用点; 虚拟自由面; 压力体。
课后作业	思考题: (1) 相对平衡时的压力如何求? 统一作业: 详细总结第二章内容 提高作业:	
教学评价	(1) 通过学生上课互动效果进行评估; (2) 通过学生课堂练习进行评估; (3) 通过学生课后作业完成情况进行评估; (4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估; (5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。	

预习任务	网络教学平台：观看名师课堂-动力学基本概念和连续性方程，学习文本并做对应测试。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第三章 动力学 (第一次)	
教学目标	掌握流体动力学基本概念和连续性方程的应用。	
重点难点	重点: 连续性方程 难点: 拉格朗日法和欧拉法	
思政点	中国智慧都江堰四六分水和二八排沙	
课前	学习网络教学平台: 观看名师课堂-动力学基本概念和连续性方程, 学习文本并做对应测试, 教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>案例导入: (1) 都江堰如何实现四六分水? (2) 案例导入: 空客 A380 升力计算</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>思政引入: 中国智慧都江堰</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>一、拉格朗日法和欧拉法</p> <p>二、流线、迹线和脉线</p> <p>三、连续性方程</p> <p>课程导入—达·芬奇: 鸟类飞行手稿 由此涉及的各种科学问题 达芬奇质量守恒定律</p> <p>课程思政引入角度: 大胆假设, 小心求证。</p> <p>普遍形式的质量守恒定律</p> <p>连续性方程 (重点)</p> <p>连续性方程的推导</p>	

	<p>工程实例</p> <p>都江堰水利工程</p> <p>课程思政引入角度：大国工匠精神、文化自信</p> <p>思考：都江堰四六分水的原理</p> <p>问题：鱼嘴分水原理？</p> <p>连续性方程的分汇流情况</p> <p>二次流现象</p> <p>连续性方程的应用习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>使用刚刚学习的连续性方程对简单的工程应用问题进行计算。连续性方程相关习题难度均为简单。</p> <p>2. 课堂练习（后测）</p> <p>课堂练习为选择题，根据课堂剩余时长动态调整题量，使用雨课堂进行实时做题反馈，掌握学生本节课程内容掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（1）在流体流动过程中什么量才能代表流体漩涡？</p> <p>统一作业：1.1,1.5,1.7</p> <p>提高作业：1.11,1.15（基础扎实生和考研究生）</p> <p>（2）都江堰案例提交</p> <p>网络教学平台（优慕课）：章节阶段性测试</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1. 《我国古代运用系统工程思想的典范——都江堰水利工程》</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William. S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p>	
预习任务	<p>网络教学平台：网络教学平台：阅读恒定总流能量方程，观看智慧树第四章 4.1 和 4.2，并做对应测试，基础好和考研的同学建议观看本节名师课堂。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第三章 动力学 (第二次)	
教学目标	掌握伯努利原理、方程和应用。	
重点难点	重点: 伯努利方程及其应用 难点: 伯努利方程三种形式和应用	
思政点	伯努利和伯努利原理 (做人做事做学问、科学原理的广泛应用)	
课前	课前, 学生学习线上媒体: 阅读恒定总流能量方程, 观看智慧树第四章 4.1 和 4.2, 并做对应测试, 基础好和考研的同学建议观看本节名师课堂。教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生问题的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>一、伯努利和伯努利原理</p> <p>课程导入--事件引入:</p> <p>1912 年“奥林匹克号”船吸事故, 沉寂了近 200 年的伯努利原理被重新重视。</p> <p>问题: 大家对事故原因有什么见解?</p> <p>思政引入: 做人做事做学问、科学原理的广泛应用。</p> <p>二、伯努利原理广泛应用</p> <p>(1) 船吸车吸现象 [重点演示实验+学生分组参与]</p> <p>实验器材: 吹风机、乒乓球、气球或海绵块</p> <p>演示方法: 老师先演示分析然后学生演示探索</p> <p>由气球实验引回船吸事故, 引导学生总结伯努利原理: 在水流或气流里, 如果速度小, 压强就大, 如果速度大, 压强就小。(但有局限性)</p> <p>提问和思考: 伯努利原理应用如此之广, 但它真的适用所有情况吗?</p>	问题监测点: 香蕉球的原理; 伯努利方程的三种形式。

伯努利方程有哪些局限性，什么情况下可以使用伯努利方程进行计算？

- (1) 恒定流 **Steady Flow**;
- (2) 理想流体 **Ideal Fluid** ;
- (3) 不可压缩流体 **Incompressible Fluid**。

具体实例由教师解释 2-3 个，其余由学生自主学习理解。

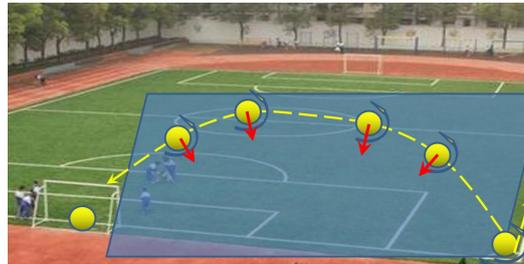
- (2) 香蕉球（简要说明）

视频引入 1: 精彩足球任意球比拼

问题：同学们能用伯努利原理来解释吗？

视频引入 2: 观察视频中足球任意球的踢法

讨论：如何踢好香蕉球？



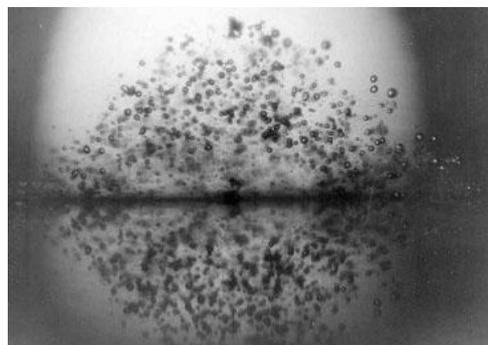
应用：图示角球应该怎么踢？

思政引入：实践是检验真理的唯一标准，熟能生巧

迁移：同学们还能举出哪些类似例子？

- (3) 空化（简要说明）

小小气泡摧毁钢铁巨无霸（工程上的空蚀现象）



空化空蚀原理及危害

流体中低压的形成

空蚀机理

机械破坏、化学破坏、热力融化

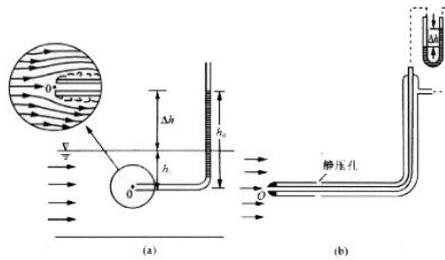
思政引入&学科前沿：潜艇、军舰的螺旋桨空化问题如何解决？培

培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

三、伯努利方程及应用

(1) 工程测量中的应用（需定量分析）-皮托管（小试牛刀）

问题：如何用两根玻璃管测定流体中某点的流速？



皮托管的发明

皮托管的原理及应用

今后工作生活中哪里可以用到？

拓展问题：对于管内放置，皮托管一般放在什么位置？

皮托管广泛应用于飞机上，是飞行测速的主要手段。

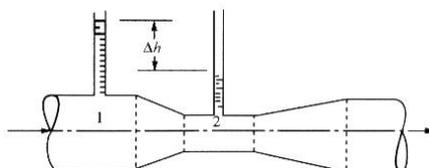


应用习题：通过一道具体例题进行计算。

思政引入&学科前沿：C919、歼-20，皮托管问题如何解决？培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

(2) 工程测量中的应用（需定量分析）-文丘里管

问题：如何用两根玻璃管或透明塑料管测定一条小溪的流量？



文丘里流量计测量原理

文丘里管在工程中用于测量管道中流体的流量。

原理及用途，今后工作生活中哪里可以用到

课后作业

思考题：

	<p>(1) 练习踢会香蕉球</p> <p>统一作业: 3-9,3-10</p> <p>提高作业: 3-11,3-12 (基础扎实生和考研究生)</p> <p>网络教学平台 (优慕课): 章节阶段性测试</p> <p>推荐课下阅读文献:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 《流体力学中伯努利方程》 2. 《论伯努利方程的物理意义》 3. Introduction to Fluid Mechanics, William. S. Janna, 4ed, CRC, 2010 	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估;</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估;</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估;</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络教学平台: 阅读恒定总流能量方程, 观看智慧树第四章 4.3、4.4 和 4.5, 并做对应测试。基础好和考研的同学建议观看本节名师课堂。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第三章 动力学 (第三次)	
教学目标	掌握伯努利原理、方程和应用。	
重点难点	重点: 伯努利方程及其应用 难点: 伯努利方程三种形式和应用	
思政点	无	
课前	课前, 学生学习线上媒体: 阅读恒定总流能量方程, 观看智慧树第四章 4.3、4.4 和 4.5, 并做对应测试。基础好和考研的同学建议观看本节名师课堂。教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>3.7 过流断面的压强分布</p> <p>一、均匀流与非均匀流</p> <p>(1) 定义</p> <p>(2) 具体实例 (渐扩、渐缩、突扩、突缩、直角转弯、阀门、三通、四通)</p> <p>此处可以展示一些实物。</p> <p>二、断面上的压强分布</p> <p>(1) 均匀流和渐变流断面上压强分布-服从静压强分布</p> <p>(2) 急变流断面上压强分布-弯曲流线服从转动流体压强分规律</p> <p>此处可以用 ppt 展示些实际图片。</p> <p>思考急变流为什么会有那样的断面压强分布?</p>	问题监测点: 均匀流的概念; 均匀流、渐变流和急变流上压强分布。恒定总流能量放适用条件; 动能修正系数;

	<p>3.8 恒定总流能量方程</p> <p>一、恒定总流能量方程</p> $\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{11-2}$ <p>二、恒定总流能量方程的适用性说明</p> <p>(1) 恒定流或者基本恒定；</p> <p>(2) 不可压缩流（液体和大部分气体流动）；</p> <p>(3) 过流断面一般需要选在均匀流或者渐变流中；</p> <p>(4) 断面间有能量 H 输入输出时要加在方程中；</p> <p>(5) 断面间有分流和合流时沿流动路线分别遵守恒定流能量方程；</p> <p>(6) 任一断面上的压强水头和位置水头须要取同一点上的。</p> <p>二、恒定总流能量方程的求解</p> <p>能量方程解题步骤</p> <p>恒定总流能量方程例题（2-3 个）</p> <p>水头线的概念和做法</p>	
<p>课后作业</p>	<p>思考题：</p> <p>(1) 分流和合流的能量方程是什么样的？</p> <p>统一作业：3-19</p> <p>提高作业：3-17（基础扎实生和研究生）</p> <p>(2) 空客 A380 案例提交</p>	
<p>教学评价</p>	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p>	

	(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估； (5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。	
预习任务	网络教学平台：阅读恒定气流能量方程和动量方程，观看智慧树第四章 4.5，并做对应测试。基础好和考研的同学建议观看本节名师课堂。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第三章 动力学 (第四次)	
教学目标	掌握动量方程和应用, 可以分析力与速度变化的关系	
重点难点	重点: 恒定流动量方程及其应用 难点: 恒定流动量方程及其应用	
思政点	动量守恒思想 (守恒律与对称性)	
课前	课前, 学生学习线上媒体: 阅读恒定气流能量方程和动量方程, 观看智慧树第四章 4.5, 并做对应测试, 基础好和考研的同学可以观看名师课堂。教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>3.11 恒定气流能量方程</p> <p>一、相对压强的气流能量方程 (注意与液体的区别)</p> <p>(1) 通用的绝对压强形式</p> <p>(2) 气流的相对形式</p> <p>(3) 各种压强形式</p> <p>二、恒定气流压强线举例 (气流能量方程的应用)</p> <p>根据时间和学生理解程度可以调到习题课结合习题讲解</p> <p>3.12 恒定流动量方程</p> <p>课程导入—神州十二号载人飞船发射成功:</p> <p>从发射图中可以读出什么信息?</p>	问题监测点: 气流能量方程与液流能量方程的区别; 位压; 恒定流动量方程及应用;

恒定流动量方程 *Momentum equation in constant flow*



由此涉及的各种科学问题

课程思政引入角度：培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

一、恒定一元流动量方程（由动量定理直接给出分量形式）

恒定流动量方程（重点）

长征 2F 遥十二运载火箭动量守恒分析

需要解释流动过程的动量变化率

思政引入：守恒律与对称性

二、恒定总流动量方程（仍由动量定理直接给出分量形式）

需简要说明动量修正系数

三、恒定流动量方程应用举例（书中两个例题）

烟花、军工、火箭、航天

霍尔推进器

课后作业

思考题：

(1) 恒定流动量方程实质是什么？

统一作业：3-20,3-27

提高作业：3-33（基础扎实生和考研究生）

网络教学平台（优慕课）：章节阶段性测试

推荐课下阅读文献：

1. 《射频离子微推进器的设计与实验研究》

2. Introduction to Fluid Mechanics, William. S. Janna, 4ed, CRC, 2010

教学评价

(1) 通过学生上课互动效果进行评估；

	<p>(2) 通过学生课堂练习进行评估;</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估;</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	学生复习第三章内容，自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题，反馈给老师。	
课堂小结		

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第三章 动力学 (第五次)	
教学目标	帮助解决习题中存在的问题, 结合习题进一步巩固重难点	
重点难点	连续性方程、能量方程和动量方程的复习与巩固	
思政点	无	
课前	课前, 学生复习第三章内容, 自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题, 反馈给老师。	
课中	<p>第三章内容复习串讲</p> <p>第三章习题课</p> <p>一、连续性方程习题 3-8</p> <p>掌握可压缩流体的流动连续性方程</p> <p>四、伯努利能量方程习题</p> <p>(1) 习题 3-9 (流向判断)</p> <p>(2) 习题 3-19 (水头线)</p> <p>(3) 习题 3-20 (气流能量方程和压强线) 和习题 3-27</p> <p>三、恒定流动量方程习题</p> <p>习题 3-33 (动量方程、连续性方程、能量方程、静压力的综合类题目)</p> <p>四、案例评述与分析</p>	问题监测点: 水头线; 位压; 压强线; 动量方程应用。
课后作业	<p>思考题:</p> <p>(1) 本章三大方程与三大守恒方程的联系与区别?</p> <p>统一作业: 3-28,3-29</p> <p>提高作业: 3-34 (基础扎实生和考研究生)</p>	

教学评价	(1) 通过学生上课互动效果进行评估； (2) 通过学生课堂练习进行评估； (3) 通过学生课后作业完成情况进行评估； (4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估； (5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。	
预习任务	网络教学平台：观看名师课堂阻力损失的概念和原理，学习文本并做对应测试。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第四章 流动阻力和能量损失（第一次）	
教学目标	掌握能量损失和圆管层流阻力计算公式和方法，层流、湍流和雷诺数的概念	
重点难点	能量损失和圆管层流阻力计算公式和方法；层流、湍流和雷诺数的概念	
思政点	层流与湍流的辩证关系；雷诺和雷诺实验（科研方法思想，复杂问题解决之道）；湍流粘性和混合长思想（类比法）	
课前	课前，学生学习线上媒体：观看名师课堂阻力损失的概念和原理，学习文本并做对应测试。教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。。	
课中	<p>教学流程：首先案例导入。其次针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生问题的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>生活案例导入：如何计算你家暖气管道流动过程的能量损失问题？</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>4.1 沿程损失和局部损失</p> <p>一、阻力和能量损失</p> <p>（1）沿程阻力和沿程损失</p> <p>（2）局部阻力和局部损失</p> <p>（3）实例</p> <p>二、能量损失计算</p> <p>（1）沿程损失用达西公式</p> <p>（2）局部损失</p> <p>（3）总能量损失</p>	问题监测点：达西公式；雷诺数；湍流应力与粘性应力的区别。

能量损失的计算关键在于阻力系数计算，而本章的目标和任务就是计算阻力系数。

4.2 层流、湍流和雷诺数

一、层流与湍流

课程思政引入：层流与湍流的关系变化与包容（矛盾和辩证法）

二、雷诺实验和雷诺数

(1) 雷诺其人和雷诺实验简介

课程思政引入：雷诺其人/实验的意义和未尽问题，引导学生认真实验，大胆质疑，小心求证，学会复杂问题的解决之道。（科学精神和方法）

(2) 实验结论

1) 发现了流动可以分为层流、过渡和湍流三种状态，并确立了它们的特征；

2) 发现了管流层流向湍流转变的临界雷诺数为 2000；

3) 定义了无量纲雷诺数 $Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{ud}{\nu} = \frac{\text{[惯性力]}}{\text{[粘性力]}}$

4) 上下临界速度和阻力损失变化

能量损失与流态相关研究

如何判断层流和紊流（重点）

雷诺数（重难点）

感受生活场景中的雷诺数



层流和紊流的应用

层流紊流的创新应用-血压计

思考讨论：结合自己的实际体会，让学生讨论血压计的原理

血压计发明过程介绍

课程思政引入角度：勇于实践，不断创新的科学精神；良好的科学素养；保持一颗探索的心。

三、管流层流底层、过渡层和湍流核心

三、例题

例1 有一管径 $d=25\text{mm}$ 的室内上水管，如管中流速 $v=1.0\text{m/s}$ ，水温 $t=10^\circ\text{C}$ 。1) 试判别管中水的流态；2) 管内保持层流状态的最大流速为多少？

4.4 湍流特征和湍流应力

一、湍流特征和雷诺时均

- (1) 湍流特征-随机性（脉动）、掺混、有旋
- (2) 雷诺时均、雷诺分解

二、雷诺切应力(雷诺数于 1895 基于动量交换提出)

- (1) 定义及表达式
- (2) 与粘性切应力比大很多

三、混合长度理论

课程思政引入：类比法解决湍流粘性和提出混合长概念

- (1) 思想和方法
- (2) 表达式
- (3) 速度分布

课后作业	<p>思考题：</p> <p>(1) 湍流阻力主要来自哪里？</p> <p>统一作业：4-1, 4-2</p> <p>提高作业：</p> <p>网络教学平台（优慕课）： 章节阶段性测试</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1. 《湍流》是勋刚</p> <p>2. Turbulent flow, Pope</p> <p>3. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台：阅读文本层流阻力损失系数和尼古拉兹实验，并做对应测试。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第四章 流动阻力和能量损失（第二次）	
教学目标	解决层流阻力系数和人工粗糙管阻力系数	
重点难点	层流阻力系数；流动状态细分；尼古拉兹曲线	
思政点	尼古拉兹流动状态细分和人工粗糙（复杂问题的解决之道二）	
课前	课前，学生学习线上媒体：观看名师课堂，阅读文本层流阻力损失系数和尼古拉兹实验，并做对应测试。教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>4.3 圆管层流阻力损失</p> <p>一、圆管层流速度分布</p> <p>（1）推导思路和方法</p> <p>（2）速度分布</p> <p>二、圆管层流的粘性力和能量损失</p> <p>（1）平均速度和最大速度</p> <p>（2）粘性力</p> <p>（3）能量损失</p> <p>（4）阻力系数</p> <p>三、例题</p> <p>例1 有一管径 $d=25\text{mm}$ 的室内上水管，如管中流速 $v=1.0\text{m/s}$，水温 $t=10^\circ\text{C}$。1) 试判别管中水的流态；2) 管内保持层流状态的最大流速为多少？</p>	问题监测点：管流速度分布和应力分布规律；层流阻力系数计算；湍流应力与粘性应力的区别。

4.5 尼古拉兹粗糙管阻力系数

一、沿程阻力系数的影响因素

课程导入问题：过渡层再向层流底层发展会怎么样？（前测）
应该用什么标准去评判？

- （1）影响因素雷诺数和粗糙度
- （2）如何解决粗糙度问题

二、尼古拉兹人工粗糙实验

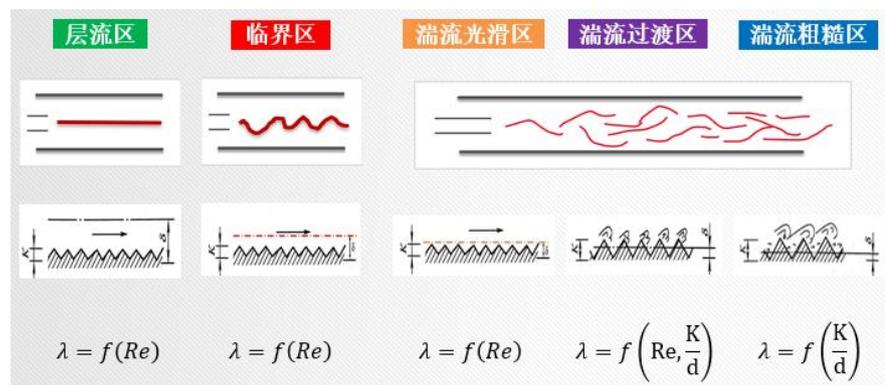
- （1）尼古拉兹图

尼古拉兹实验

实验设计方法

课程思政引入角度：科学性方法

- （3）尼古拉兹实验曲线（重点）五个分区及特征



曲线识别、五个阻力区

课程思政引入：尼古拉兹分区和粗糙问题的解决思路。（科学精神与方法）

三、粗糙度对流动的影响

- （1）紊流光滑区 ($K \ll \delta$)
- （4）紊流过渡区 ($K \approx \delta$)
- （5）紊流粗糙区 ($K \gg \delta$)

	<p>思考：尼古拉兹粗糙管与实际管道相差很大，做这样的实验有何意义？</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>(1) 层流阻力系数如何计算？</p> <p>(2) 尼古拉兹粗糙管与实际管道相差很大，做这样的实验有何意义？</p> <p>统一作业： 4-6,4-9</p> <p>提高作业： 4-8（基础扎实生和考研生）</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1. 《关于尼古拉兹实验问题的探讨》</p> <p>2. Turbulent flow, Pope</p> <p>3. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台：阅读实际管道沿程阻力损失系数计算，观看名师课堂，并做对应测试。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第四章 流动阻力和能量损失（第三次）	
教学目标	解决实际工业管道阻力系数	
重点难点	重点：工业管道阻力系数计算（沿程系数莫迪图和公式法） 难点：莫迪图	
思政点	实际粗糙问题的解决（复杂问题的解决之道二续）	
课前	课前，学生学习线上媒体：阅读实际管道沿程阻力损失系数计算，观看名师课堂，并做对应测试，教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>4.6 实际粗糙管阻力系数-莫迪图与经验公式</p> <p>思政引入：如何根据尼古拉兹人工粗糙解决实际粗糙</p> <p>一、莫迪图</p> <p>(1) 当量糙粒高度</p> <p>(2) 莫迪图介绍</p> <p>(3) 查莫迪图</p> <p>二、经验公式</p> <p>(1) 光滑区计算公式</p> <p>(2) 粗糙区计算公式</p> <p>(3) 过渡区计算公式</p> <p>三、阻力计算应用举例</p> <p>例 1 和例 2（分别应用查图法与公式法）</p>	问题监测点：莫迪图查阻力系数；局部阻力系数计算；当量直径和水力半径；非圆管阻力系数处理方法（条件）。

课后作业	<p>思考题：</p> <p>(3) 实际管道阻力系数如何计算？</p> <p>统一作业： 4-26,4-30</p> <p>提高作业： 4-32 (基础扎实生和考研究生)</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台： 观看名师课堂， 阅读文本， 并做对应测试。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第四章 流动阻力和能量损失（第四次）	
教学目标	解决实际工业管道阻力系数	
重点难点	重点：工业管道阻力系数计算（局部系数图表和公式法，非圆管道处理方法）	
思政点	非圆管道阻力处理方法（复杂问题的解决之道三续）	
课前	课前，学生学习线上媒体：观看名师课堂，阅读文本，并做对应测试，教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>思政引入：如何处理非圆管道的阻力问题？（复杂问题的解决之道三续：当量法，已知推测未知）</p> <p>4.7 非圆管沿程损失</p> <p>一、水力半径和当量直径</p> <p>二、非圆管的沿程损失计算</p> <p>（1）计算方法</p> <p>（2）例外</p> <p>三、谢才公式</p> <p>市政和水力工程等专业，沿程损失计算多采用谢才公式该公式适用管流和明渠流，与达西公式实质是一致的。</p> <p>4.8 局部阻力损失</p> <p>一、局部损失影响因素</p> <p>（1）层流局部损失</p> <p>课程导入问题：管道流动的局部损失由哪些？（前测）</p>	问题监测点：莫迪图查阻力系数；局部阻力系数计算；当量直径和水力半径；非圆管阻力系数处理方法（条件）。

(2) 湍流局部损失

发生部位、发生原因、局部阻碍

突变

渐变（渐扩管、渐缩管）

课程思政引入角度：科学性思维和科学性方法

沿程阻力和局部阻力似乎是完全不同的两类阻力，为什么规律会如此相似？

课程思政引入角度：思维角度不同、对立与统一

变管径的局部损失

突然扩大

渐扩管

突然缩小

渐缩管

管道进口

弯管的局部损失

断面形状

曲率半径与管径之比 R/d

转角度数

三通的局部损失

“Y”形分流三通

“T”形合流三通

局部阻力之间的相互干扰

两个相互干扰的局部阻碍的总阻力系数

二、局部损失计算

局部损失直接采用公式和图表，请参考教材 P120-125。

例题

1. 计算例题

旨在考查局部阻力系数，题目由简单至中等难度，要求所有学生可

	<p>以掌握，较难的题目由基础好的和有考研意愿的学生课下自学并进行答疑。</p> <p>2. 课堂练习（后测）</p> <p>课堂练习共 4 道，为问答题，根据课堂剩余时长动态调整题量，使用雨课堂进行实时做题反馈，掌握学生本节课程内容掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（4）非圆管阻力系数处理方法和限制条件？</p> <p>（5）案例提交</p> <p>网络教学平台（优慕课）：章节阶段性测试</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1. 《局部阻力系数表》</p> <p>2. Turbulent flow, Pope</p> <p>3. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>（5）通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台：学生复习第四章内容，自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题，反馈给老师。阅读减少阻力损失的方法和策略，查阅各种新的减阻方法文献，并做对应测试。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第四章 流动阻力和能量损失（第五次）	
教学目标	解决管流减阻方法和策略	
重点难点	减阻方法和策略	
思政点	粗糙减阻-挑战常识；仿生减阻-虚心向大自然学习；	
课前	<p>课前，学生学习线上媒体：学生复习第四章内容，自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题，反馈给老师。阅读减少阻力损失的方法和策略，查阅各种新的减阻方法文献，并做对应测试。教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。</p>	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>4.8 局部阻力损失</p> <p>三、局部阻碍之间的干扰</p> <p>局部阻碍之间距离小于 3 倍管径时，要考虑相互间的干扰，引入干扰系数 c_{1-2} 来进行修正。$\zeta_{1-2} = c_{1-2}(\zeta_1 + \zeta_2)$。</p> <p>干扰系数多数情况下需要通过实验确定，而且其值可大于 1 也可小于 1。具体值参考教材（P125）和相关手册。</p> <p>4.9 减小阻力损失的措施</p> <p>（1）减阻剂（DRA）</p> <p>水溶性的主要有人工合成 PEO（聚氧化乙烯）、PAM（聚丙烯酰胺）、天然的瓜胺、田青粉、槐树豆、皂角等。</p> <p>油溶性的主要有烯烃均聚物和共聚物、聚甲基丙烯酸酯和表面活性剂等。</p> <p>例如，CONOCO 公司的 CDR102 油相减阻剂在添加 0.00005(wt)% 时，就可有 9% 的减阻率（平均流速 2.5m/s，管内径 25mm，介质：0 号柴油）。添加 0.0001 (wt) % 即能达到 50% 的减阻效率，因此在</p>	<p>问题监测点：干扰系数取值；有哪些减阻剂；形状减阻。</p>

	<p>管道运输行业中被普遍应用。</p> <p>(2) 减小相对粗糙度（湍流过渡区和粗糙区）</p> <p>(3) 入口减阻-入口形状不同阻力系数相差较大。</p> <p>(4) 突扩改渐扩或者多级。</p> <p>(5) 光滑弯管内加导流叶片和三通折角改缓</p> <p>(6) 一些新的减阻措施正在应用，比如沟槽减阻、肋条减阻、壁面气泡减阻、壁面吹气吸气减阻、振动减阻、仿生减阻等等，请参考扩展阅读材料。</p> <p>重点习题讲解和案例评述与分析（时间不够可安排在答疑时间）</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>(6) 有哪些减阻方法，效果如何？</p> <p>统一作业：查阅文献，总结更多的减阻方法。</p> <p>提高作业：</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台：学习孔口管嘴流量计算部分，阅读公道杯并按要求制作公道杯进行简单实验，并做对应测试。</p>	

补充教案：公道杯小制作（虹吸）-伯努利能量方程应用

教学时间：90 分钟（2 课时）

教学对象：能源与动力工程专业大学二年级

教材：流体力学泵与风机

主讲人：郑坤灿

教学内容分析：

学生通过“公道杯制作”理解虹吸为伯努利能量方程的应用，进而掌握虹吸的水力计算原理和方法。同时学生在有趣轻松的氛围中质疑、探索流动中的奥秘。

学生情况分析：

学生已经掌握了伯努利能量方程，将其用于公道杯的解释和水力计算。学生在课前已经通过线上课程了解了公道杯的历史和制作方法及实验要求，学习了虹吸的水力计算。已经分组制作好了公道杯，并经过展示、部分同学进行了相关实验。

教学目标：

一、知识与技能

- 1.由公道杯理解虹吸原理；
- 2.了解虹吸在生活工程中的广泛应用，理解“原理”二字的内涵；
- 3.通过虹吸课堂实验理解伯努利能量方程在静力学和动力学中的应用；
- 4.掌握虹吸过程的水力计算，包括速度计算、阻力计算、和公道杯中液体流尽时间计算；

二、过程与方法

- 1.让学生通过动手实验制作，亲身体验课程的乐趣，探索其中的流体力学原理；
- 2.让学生通过学习，能联系生活实际，应用伯努利原理解决生活工程中遇到的问题。

三、情感态度与价值观（课程思政）

- 1.培养学生积极动手和积极探究的精神；
- 2.培养实事求是的科学态度；
- 3.理解“公道”为人处世的价值与意义，处理好贪与不贪之间的关系。

教学重点与难点：

教学重点：虹吸原理及虹吸水力计算。

教学难点：非稳定状态下流速、流量和流尽时间的计算。

教学策略与手段：

围绕公道杯制作和实验的启发探究式教学

课前准备（混合课程和实践教学法）：

线上课程预习和学习：

了解公道杯的历史和制作方法及实验要求；

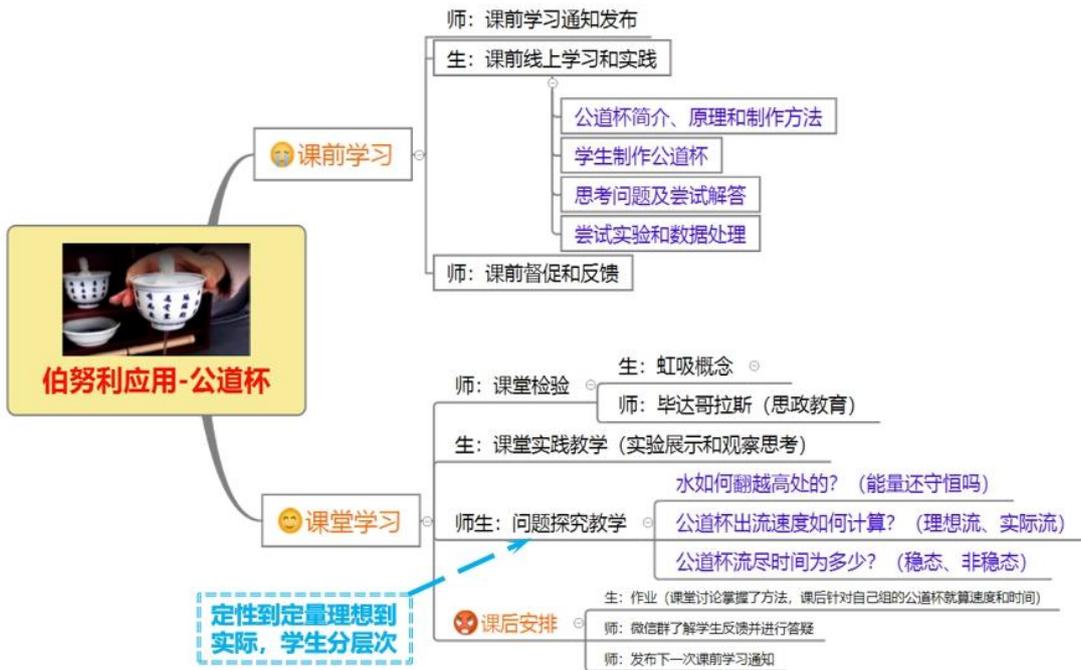
分组制作好了公道杯，思考其中原理，利用伯努利原理加以解释；

学有余力或者喜欢探索的同学可以进行探索性的实验，比如公道杯流尽时间与水量之间的关系等；(实验教学法)

尝试进行简单的数据分析与处理；

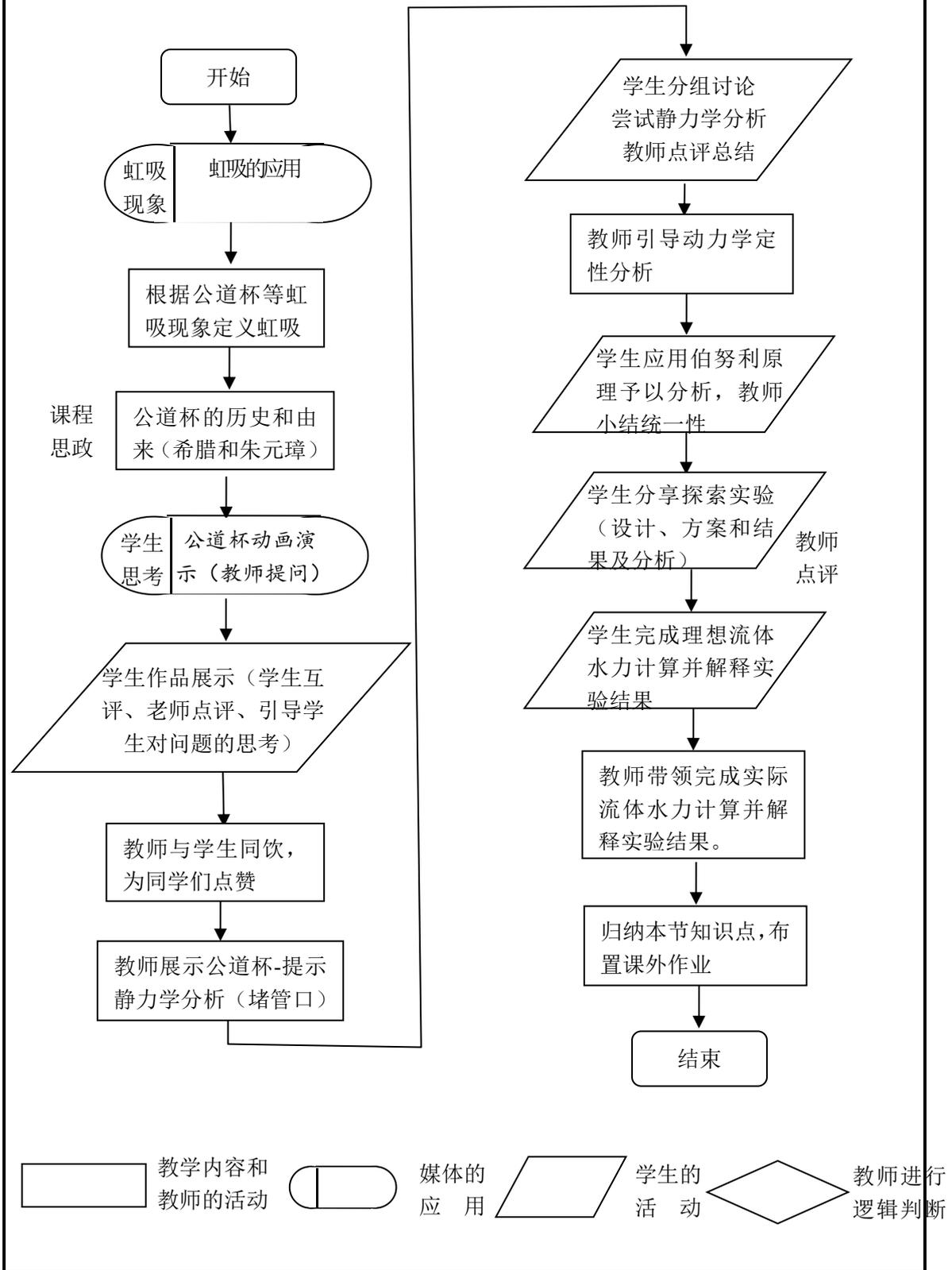
学习了线上内容虹吸的水力计算。

导学：



教学流程设计：

教学流程图



教学过程设计:

教学过程	教师活动	学生活动
开场白	发布一条流体力学学科前沿进展	与学生探讨一些科学话题
复习	聊天式回顾伯努利方程和阻力计算方法	学生互动
从线上提出的问题导入 (课程思政引入)	<p>生活和工程中常见的虹吸现象? (知识点虹吸现象的应用)</p> <p>公道杯的中外历史及名字由来? (最初毕达哥拉斯杯, 毕达哥拉斯及其贡献; 公道杯名字的由来, 朱元璋的公道杯启示-谦受益满招损; 另外公道杯的一位设计者沈奎先生在杯上题了如下一首诗: “基液平心位, 再添漏尽空。愿君知节制, 处世乐融融。)</p> <p>PPT 动画展示公道杯定义虹吸的概念</p> <p>继续问: 水为什么能够翻过高处流出? (回答从两种思路: (1) 静力学角度; (2) 动力学角度。提醒学生在后续展示中仔细观察)</p>	<p>学生列举生活中常见的虹吸现象</p> <p>与学生讨论科学的缘起和科学精神</p> <p>学生尝试根据公道杯定义虹吸概念</p> <p>学生准备尝试解答</p>
公道杯展示和静力学动力学分析(实践性教学+启发教学)	<p>1.公道杯分组展示, 先让 5-7 组同学上讲台展示。</p> <p>然后其余组在台下展示, 老师观看各组展示, 给出鼓励和指出问题, 引导学生思考为什么会出现这样的问题, 比如许多同学用的饮料导致液体出流不畅或者根本就流不出去。</p> <p>2.公道杯的静力学分析, 老师演示静力学实验, 将流动着的公道杯吸管一端堵住, 然后放开, 流体继续流动。引导学生对管内任意断面进行受力分析。</p>	<p>同学们给予评价并发现问题</p> <p>同学们经过讨论和进一步用矿泉水尝试观察, 发现主要原因为气泡阻塞, 教师在此时要因势利导, 让同学们用伯努利原理去解释气泡产生的原因。</p> <p>讨论: 同学尝试用静力平衡和静压强分布规律应用到管内液体的任意断面得出流动方向是压差决定。</p>

	<p>3.公道杯的动力学定性分析，教师引导学生从能量的角度去定性分析，先解释速度是怎么产生的，然后解释速度产生后流动是如何维持的，阻力对流动如何影响。教师可以让学生从简单的理想流体开始，然后再考虑粘性流体阻力的影响。</p> <p>4.教师小结：静力学和动力学的统一性</p>	<p>讨论：学生尝试分析理想流体（无阻力）时位能和动能之间的转换；然后尝试有阻力时位能被一部分转为热能会导致动能下降。</p>
<p>公道杯的探索实验和水力计算(实践性教学+启发教学+探究式教学+分层教学)</p>	<p>公道杯流尽时间与液面高度之间的关系探索性试验</p> <p>安排学生图示讲解，组内互相补充。</p> <p>教师点评实验设计技巧。</p> <p>带领学生进行水力计算，计算流出的速度。</p> <p>分为两种情况：</p> <p>（1）无阻力稳定液位理想流体时的速度计算，然后改变液位，得到液位和流尽时间关系。并与实验值比较分析，找到差距原因；</p> <p>（2）实际流体稳定液位速度计算，然后改变液位得到液位和流尽时间的关系，再与实验值对比，分析误差来源。着重实际管道的沿程阻力和各局部阻力计算（注意先估算速度和雷诺数范围）。教师先带领学生计算，然后学生根据自己的公道杯完成自己的计算。</p>	<p>学生分享探索实验目的、方法、方案和实验结果分析（实验设备公道杯、直尺、白纸条，手机秒表）</p> <p>无阻力时计算安排做实验组的学生进行（课前做好准备）</p> <p>掌握计算方法，后学生针对自己的公道杯进行计算，课堂算不完，下课作为大作业继续计算完毕上交。</p>
<p>情景教学调动学生积极应用虹吸原理解决生活中的问题</p>	<p>当你参加一个科考队来到如图所示的大山脚下，要在这里驻扎一段时间，你的营地周围无饮用水。只有一条小路翻过山可以通往800m 路程的水库，那里有甘甜的清泉，你们也没有任何取水用具和电动工具，只有用于实验的软管不缺，请用所学虹吸原理解决取</p>	

	水问题。如何做？		
回顾总结	教师知识点回顾：公道在我心，满招损、贪心则无；虹吸现象的生活工程应用；虹吸定义；虹吸的原理；虹吸的水力计算。		
作业	作业布置：各组利用自己的公道杯设计简单测试实验，测试自己组的公道杯流尽时间和水位之间的关系？用 Origin 等软件画出图来，用理论分析所得结果看看是否相符，分析为什么？（测试器材：手机秒表、游标卡尺、直尺、粗糙度查工业用塑料管）		
板书设计			
公道杯示意图	虹吸应用 虹吸概念 虹吸原因	虹吸水力计算	学生展示
教学反思：			

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

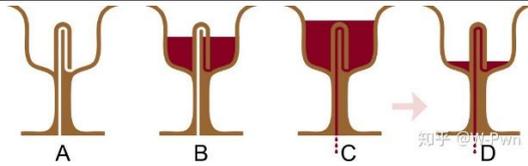
授课章节	第五章 孔口管嘴管路流动（第一次）	
教学目标	解决孔口管嘴的流量计算方法和虹吸水力计算	
重点难点	孔口管嘴的流量计算方法和虹吸水力计算	
思政点	三峡大坝泄洪孔关键技术（前沿进展）	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习孔口管嘴流量计算部分，观看名师课堂，教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>生活案例导入：公道杯案例分析</p> <p>工程案例导入：三峡大坝泄洪案例</p> <p>思政引入：三峡大坝泄洪孔关键技术（前沿进展）</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>5.1-5.3 孔口与管嘴出流</p> <p>一、孔口与管嘴</p> <p>（1）定义（孔口自由、孔口淹没和管嘴出流）</p> <p>（2）流速流量计算</p> <p>二、孔口出流修正</p> <p>（1）全部收缩</p> <p>（2）非全部收缩</p> <p>三、孔板流量计</p> <p>（1）图示说明</p>	问题监测点：作用水头；速度系数、流量系数；孔口管嘴的流量计算。

	<p>(2) 流量表达</p> <p>四、管嘴出流控制条件</p> <p>例题：例 5-3、例 5-4</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>(7) 孔口、管嘴的概念和区别？</p> <p>统一作业：5-1,5-2</p> <p>提高作业：</p> <p>(2) 工程案例提交</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台：学习简单管路，阅读公道杯并按要求制作公道杯进行简单实验，并做对应测试。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第五章 孔口管嘴管路流动（第二次）	
教学目标	掌握简单管路和虹吸水力计算	
重点难点	虹吸水力计算	
思政点	公道杯（中国文化魅力、西方科学精神、大国工匠精神）	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习简单管路，阅读公道杯并按要求制作公道杯进行简单实验，教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>5.4 简单管路</p> <p>一、管路分类</p> <p>（1）定义</p> <p>（2）实际例子</p> <p>二、简单管路计算</p> <p>（1）水头阻抗形式</p> <p>（2）压强阻抗形式</p> <p>三、水泵系统</p> <p>水泵管路系统水力计算</p> <p>水泵的安装方式（自灌式、吸入式）</p> <p>水泵的扬程</p> <p>讨论：生活中水泵的应用场景，都应该注意些什么？</p> <p>四、虹吸系统（详细参考公道杯补充教案）</p> <p>课程思政引入：公道杯（朱元璋，沈奎），毕达哥拉斯杯，虹吸的生活工程应用（感受西方科学精神和中国传统文化的魅力）</p>	问题监测点：阻抗；虹吸概念与应用；虹吸流量和阻力计算。



提问和思考：公道杯玄机何在？（前测）

课程思政引入角度：贪婪将会一无所有。

学生自己动手实验

引导学生尝试通过公道杯归纳虹吸的概念

提问和尝试解答：

（1）虹吸为何能够翻越高处？（补充比较量子隧穿效应）

（2）虹吸能流多快，都与哪些因素有关？

课后思考和动手：用直尺和手机测量自己小组制作的公道杯流尽时间和水位的关系，并尝试用前面流体力学理论进行解释。

（3）虹吸是否能翻越无限高？

虹吸生活工程应用（生活小技巧）（学科前沿）

（1）鱼缸如何放水？

（2）抽水马桶如何选取？

（3）工程上虹吸输水的好处是什么？

课后作业

思考题：

（8）虹吸有哪些应用？

统一作业：5-12

提高作业：

（9）生活案例提交

网络教学平台（优慕课）：章节阶段性测试

推荐课下阅读文献：

1. 《中国古代对虹吸和倒虹吸的认识和应用》

2. 《虹吸作用在水利建设中的应用》

3. 《穿河倒虹吸抗洪减震的设计理念及应用》

4. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010

教学评价

（1）通过学生上课互动效果进行评估；

（2）通过学生课堂练习进行评估；

（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；

（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；

	(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。	
预习任务	网络平台：看名师课堂学习管路管网的水力计算基础。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第五章 孔口管嘴管路流动 (第三次)	
教学目标	掌握复杂管路流量、阻力损失和阻抗特点及计算方法和水击及防治方法	
重点难点	管路流量、阻力损失和阻抗特点; 水击危害及防治	
思政点	水流水阻和电阻类比	
课前	课前, 学生学习线上媒体: 看名师课堂学习管路管网的水力计算基础, 教师通过平台统计分析, 了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>5.5-5.6 管路和管网</p> <p>思政引入: 电路类比法掌握水量、水阻特点</p> <p>一、串联管路-中途无分流合流</p> <p>(1) 流量 $Q_1 = Q_2 = Q_3$</p> <p>(2) 损失 $h = h_1 + h_2 + h_3$</p> <p>(3) 阻抗 $S = S_1 + S_2 + S_3$</p> <p>二、并联管路-有分流合流</p> <p>(1) 流量</p> <p>(2) 损失</p> <p>(3) 阻抗</p> <p>三、枝状管网</p>	<p>问题监测点: 并联管路的阻抗特征; 有压管水击的产生; 水击的危害和防治。</p>

- (1) 流量
- (2) 阻抗与损失
- (3) 最不利管路
- (4) 例题

四、环状管网

- (1) 流量
- (2) 阻抗与损失
- (3) 例题（根据时间可以选讲）

5.7 有压管水击

一、水击及其危害

课程导入问题：如果突然将管路中的阀门或水泵关停，会产生什么现象？（前测）

(1) 定义

(2) 危害：

- 1) 产生强烈振动和噪声；
- 2) 反复冲击会使金属表面损坏，打出许多麻点；
- 3) 管道断裂、泄漏甚至爆裂；
- 4) 破坏管道上设备，如破坏阀门、水泵受损和压力表弹性元件塑性变形。

二、水击原理

参考教材第 152 页。



水锤效应的四个阶段过程

	<p>课程思政引入角度：科学性思维和科学性方法三、水击类型</p> <p>(1) 直接水击</p> <p>(2) 间接水击</p> <p>(3) 正水击</p> <p>(4) 负水击</p> <p>由正水击过程进行知识迁移</p> <p>四、水击计算</p> <p>五、水击防治</p> <p>(1) 增加阀门启闭时间，避免直接水击；</p> <p>(2) 管道上装设安全阀门或空气室（图 1），以限制压力突然升高或降低；</p> <p>(3) 在管道中的阀门前安装蓄压器，贮气罐等，或在低压管中接一橡胶管段，如图 1，吸收水击能量加大管系的弹性，降低 a 值，使 Δp_{\max} 下降。</p> <p>(4) 尽量缩短管道的长度，增大管道直径；</p> <p>(5) 汽水管道投入运行前，应彻底疏水和充分暖管。</p> <p>问题：水锤效应可以利用吗？</p>	
<p>课后作业</p>	<p>思考题：</p> <p>(10) 管路流量、阻力和阻抗有哪些特征？</p> <p>(11) 水击的危害和防治</p> <p>统一作业：5-15</p> <p>提高作业：5-16（基础扎实和考研究生）</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1. 《DIY 水锤泵，自制无动力水泵的详细制作过程》</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
<p>教学评价</p>	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p>	

	<ul style="list-style-type: none">(2) 通过学生课堂练习进行评估;(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估;(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。	
预习任务	网络平台：学习圆断面和平面射流。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第六章 气体射流（第一次）	
教学目标	掌握圆断面与平面射流计算方法及应用	
重点难点	圆断面与平面射流特征及计算方法	
思政点	工程案例：雾炮机和高压干雾设备的工程应用（保护环境就是保护人类自己）	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习圆断面和平面射流文本，教师通过平台统计分析，了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：首先案例导入。其次针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生问题的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>工程案例引入：雾炮机和干雾设备的工程应用和计算（不考虑温度和浓度变化）</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>思政引入：保护环境就是保护人类自己</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>6.1 无限空间淹没紊流射流的特征</p> <p>一、射流概念和分类</p> <p>（1）气体射流概念</p> <p>（2）射流分类</p> <p>二、射流几何特征（图示）</p> <p>三、射流运动特征</p> <p>四、射流动力特征（图示）</p> <p>6.2 圆断面与平面射流计算</p> <p>一、圆断面与平面射流的计算方法（表格，ppt）</p>	问题监测点：射流三大特征和射流计算方法。

	二、例题（例 6-1 和例 6-2）	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（12）射流过程质量和动量是否守恒，为什么？</p> <p>统一作业： 6-2,6-3,6-6</p> <p>提高作业：</p>	
教学评价	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>（5）通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	网络平台：学习温差、浓差和旋转射流文本。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第六章 气体射流（第二次）	
教学目标	掌握温差、浓差射流计算方法及应用	
重点难点	温差、浓差和旋转射流特征及温差和浓差射流的计算方法	
思政点	无	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习温差、浓差和旋转射流文本，教师通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。以工程上的雾炮机和高压干雾设备两个典型案例来讲解射流基本特征和应用。</p> <p>工程案例引入：雾炮机和干雾设备的工程应用和计算（考虑温度和浓度变化）</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>6.3 温度差、浓度差射流</p> <p>一、温差射流、浓差射流</p> <p>（1）概念</p> <p>（2）计算方法</p> <p>二、射流弯曲（图示说明）</p> <p>三、例题讲解（例 6-3 和例 6-4）</p> <p>6.4 旋转射流</p> <p>一、旋转射流定义</p> <p>二、射流结构和流速分布（图示和 ppt）</p> <p>三、射流中心压强（图示和 ppt）</p> <p>四、旋转强度和断面流量（ppt）</p>	问题监测点：温差、浓差和旋转特征和温差浓差射流计算方法。

课后作业	<p>思考题：</p> <p>(13) 温差浓差射流与一般射流有何不同？</p> <p>统一作业： 6-9,6-11</p> <p>提高作业：</p> <p>(2) 案例提交</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台：学习有限空间射流文本。学生复习第六章内容，自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题，反馈给老师。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第六章 气体射流 (第三次)	
教学目标	掌握有限射流特征及应用	
重点难点	有限射流特征	
思政点	无	
课前	课前, 学生复习第六章内容, 自己做出简要总结并列出自己不懂的主要问题, 反馈给老师。学生学习线上媒体: 学习温差、浓差和旋转射流文本, 教师通过网络教学平台了解学生学习情况, 通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>6.4 有限空间射流</p> <p>一、有限空间射流定义</p> <p>(1) 概念</p> <p>(2) 特征</p> <p>二、有限空间射流计算</p> <p>三、例题讲解 (例 6-6 和例 6-7)</p> <p>四、重点习题讲解和案例评述分析 (时间不够可以安排在答疑时间)</p>	问题监测点: 射流三大特征和射流计算方法。
课后作业	思考题: (14) 温差浓差射流与一般射流有何不同? 统一作业: 6-9,6-11 提高作业:	
教学评价	(1) 通过学生上课互动效果进行评估; (2) 通过学生课堂练习进行评估;	

	<p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估;</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	网络平台: 学习流体微团运动分析和有旋流动, 观看名师课堂。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第七章 不可压缩动力学基础 (第一次)	
教学目标	掌握流体微团运动及定理; 掌握有旋与无旋运动、涡通量与环量及相关概念定理	
重点难点	流体微团运动及其描述; 有旋与无旋运动、涡通量与环量及相关概念定理	
思政点	流体微团运动分解量定义质疑和 liutex 前沿进展	
课前	课前, 学生学习线上媒体: 学习流体微团运动分析和有旋流动文本, 观看名师课堂, 教师通过网络教学平台了解学生学习情况, 通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程: 针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问, 起到对主要和重要内容的复习和对学生问题的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>一、流体微团的运动</p> <p style="padding-left: 40px;">(1) 运动分解</p> <p style="padding-left: 40px;">(2) 线变形速度</p> <p style="padding-left: 40px;">(3) 角变形速度</p> <p style="padding-left: 40px;">(4) 旋转角速度</p> <p>二、亥姆霍兹分解定理</p> <p>课程思政引入: 引入现代前沿, 新的分解方法简介, 引导学生学会质疑, 不要轻信权威, 学会批判学习 (科学批判和真理的相对性)。</p> <p>7.2 有旋运动</p>	<p>问题监测点: 线变形速度、角变形速度和旋转角速度定义和表达。</p>

	<p>讲述时间：约 45 分钟</p> <p>一、无旋流（势流）与有旋流</p> <p>（1）涡量定义及涡量连续性方程</p> <p>（2）无旋流与有旋流</p> <p>二、涡量、涡通量和速度环量</p> <p>（1）涡通量及守恒</p> <p>（2）速度环量</p> <p>三、涡线、涡面、涡管和涡束</p> <p>（1）涡线</p> <p>（2）涡面（管）</p> <p>（3）涡束</p> <p>四、汤姆逊定理</p>	
<p>课后作业</p>	<p>思考题：</p> <p>（15）究竟如何定义流体微团的旋转和变形，目前定义有何问题？</p> <p>统一作业：7-1,7-2</p> <p>提高作业：7-3, 7-4（基础好的和考研究生）</p>	
<p>教学评价</p>	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>（5）通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
<p>预习任务</p>	<p>网络平台：学习名师课堂连续性微分方程和欧拉微分方程，阅读相关文本。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第七章 不可压缩动力学基础（第二次）	
教学目标	掌握连续性微分方程和 N-S 方程及应用	
重点难点	重在方程推导思想、方法及方程本身的意义	
思政点	本构方程及重要意义；两大微分方程的本质和意义；N-S 方程的历史和湍流谜题	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习名师课堂连续性微分方程和欧拉微分方程，阅读文本，教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>7.3 不可压缩流体连续性微分方程</p> <p>一、连续性微分方程推导</p> <p>（1）推导思想和方法</p> <p>（4）不同形式的微分方程与管流积分形式间的关系</p> <p>流体运动微分方程式</p> <p>一、粘性应力</p> <p>二、粘性应力的微分方程式</p> <p>7.5 应力和变形速度的关系</p> <p>（1）牛顿粘性定律推广（问题质疑）</p> <p>（2）正应力与速度关系</p> <p>7.6 纳维-斯托克斯方程（N-S 方程）</p> <p>N-S 方程的历史</p> <p>N-S 方程的实质</p>	问题监测点：连续性微分方程及意义；推广的牛顿粘性定律。

	将应力应变关系代入运动方程即可得到 N-S 方程。	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>(16) N-S 方程的本质和各项意义是什么？</p> <p>统一作业：习题 7-5 (1,2,3)</p> <p>提高作业：习题 7-6,7-7 (基础好的和考研究生)</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	网络平台：学习 N-S 方程应用和定解条件。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第七章 不可压缩动力学基础（第三次）	
教学目标	掌握 N-S 方程的简化及初步应用	
重点难点	N-S 方程简化和定解条件给定	
思政点	数学模型和对中医及阴阳五行理论的合理认识	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习 N-S 方程简化和定解条件文本，观看名师课堂，教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>7.7 理想流体运动微分方程及其积分</p> <p>一、N-S 方程的简化</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 理想流体-欧拉微分方程（可得伯努利方程）(5) 静力学方程 <p>二、N-S 方程的应用（管流层流求解）</p> <p>7.8 流体流动的初始条件和边界条件</p> <p>一、初始条件</p> <p>二、边界条件</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 在固体接触面上(2) 不同液体的分界面：两侧液体的速度和压强保持连续(6) 液体和蒸汽的界面(7) 自由液面，若忽略表面张力的影响(5) 流道的入口和出口的边界条件 <p>课程思政引入：控制方程与定解条件类比中国的命运观（合理认识中国传统文化阴阳五行学说和中医）</p>	问题监测点：初始条件和各种边界条件。

	7.9 不可压缩粘性流体紊流运动的基本方程及封闭条件（可自学）	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（17）通解和定解与实际情况的联系是什么？</p> <p>统一作业：书中例题圆管层流求解（改为竖直圆管）</p> <p>提高作业：习题 7-8,7-9（基础好的和考研究生）</p>	
教学评价	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>（5）通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	网络平台：学习流函数、势函数及标量函数叠加。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	第八章 理想流体和绕流（第一次）	
教学目标	掌握流函数、势函数及标量函数叠加	
重点难点	流函数、势函数、标量函数叠加及满足的条件	
思政点	流动叠加：理解复杂世界的简单性（道生一，一生二，二生三，三生万物；无极生太极，太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦.....）	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习势函数、流函数和势流叠加流动文本。教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>案例导入：滑滑板绕阻计算</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>8.1 无旋流动</p> <p>一、无旋必有势，得势必得速</p> <p>二、无旋不可压必满足拉普拉斯方程（有解析解）</p> <p>8.2 平面无旋流动</p> <p>一、平面不可压流动中流函数及其物理意义</p> <p>（1）定义</p> <p>（2）等流线物理意义</p> <p>（3）无旋时流函数满足拉普拉斯方程</p> <p>二、平面问题流函数和势函数的关系</p> <p>8.3 几种简单的平面无旋流动</p> <p>一、均匀直线流动</p>	<p>问题监测点：势函数和流函数的表示，势函数和流函数存在的条件。</p>

	<p>二、源流和汇流</p> <p>三、环流</p> <p>四、直角内的流动</p> <p>8.4 势流叠加</p> <p>势流叠加思想（拉普拉斯为线性方程）</p> <p>思政角度：理解复杂世界的简单性（道生一，一生二，二生三，三生万物；无极生太极，太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦.....）</p> <p>一、均匀直线流中的源流</p> <p>二、匀速直线流中的等强源汇流</p> <p>三、偶极流绕柱体的流动（$a \rightarrow 0$ 等强源汇流）</p> <p>四、源环流</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（18）通过势流叠加还能得到哪些流动（可以通过编程来实现各种势流任意组合和叠加）？</p> <p>统一作业：习题 8-1 (a, b, c) , 8-2 (a, b, c) , 8-3 (a, b, c)</p> <p>提高作业：习题 8-12（基础好的和考研究生）</p>	
教学评价	<p>（1）通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>（2）通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>（3）通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>（4）通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>（5）通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	网络平台：学习边界层分离和非平板绕流阻力计算名师课堂。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第八章 理想流体和绕流（第二次）	
教学目标	掌握边界层概念、理论及平板阻力计算	
重点难点	边界层概念、理论及平板阻力计算	
思政点	普朗特科学精神；边界层的意义和思想方法 复杂问题解决之抓住主要矛盾（科研方法）	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习边界层概念、理论和绕流阻力计算名师课堂。教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>8.6 绕流运动与附面层基本概念</p> <p>一、边界层理论的思想（普朗特大师的介绍）</p> <p>课程思政引入：普朗特简介，边界层的意义和思想方法 复杂问题解决之抓住主要矛盾（科研方法）</p> <p>二、边界层定义</p> <p>三、管流边界层</p> <p>8.8 平板上层流附面层的近似计算</p> <p>一、平板上层流边界层动量方程及补充方程</p> <p>二、平板上层流边界层方程组的解</p> <p>8.9 平板上紊流附面层的近似计算</p> <p>一、平板上紊流边界层的方程组</p> <p>二、平板上紊流边界层方程组的求解</p>	问题监测点：边界层概念、方法和意义，平板阻力计算方法。

课后作业	<p>思考题：</p> <p>(19) 边界层概念和方法在流体力学中有何重要意义？</p> <p>统一作业：习题 8-19,8-24</p> <p>提高作业：习题 8-21 (基础好的和考研究生)</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	<p>网络平台：学习边界层分离和绕流阻力计算名师课堂，智慧树在线课 5.1-5.3。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	第八章 理想流体和绕流（第三次）	
教学目标	掌握边界层分离概念和非平板绕流阻力计算	
重点难点	边界层分离概念、应用和非平板绕流阻力计算	
思政点	卡门简介，卡门涡街发现—观察思考的重要性，钱—卡门公式（立志，科研方法和民族自信）	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习边界层分离和绕流阻力计算名师课堂，智慧树在线课 5.1-5.3。教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>8.10 曲面附面层的分离现象与卡门涡街</p> <p>一、边界层分离</p> <p>二、卡门涡街</p> <p>课程导入：</p> <p>2020 年广东虎门大桥异常振动事件</p> <p>1940 年塔科马大桥风毁事件</p> <p>课程导入问题：同学们对该事件有什么看法？能否尝试解释该现象？（前测）</p> <p>课程思政引入：卡门简介，卡门涡街发现—观察思考的重要性，卡门涡街的工程应用，钱—卡门公式（立志，科研方法和民族自信）</p> <p>问题：卡门涡街的产生都是有害的吗？</p> <p>课程思政引入角度：辩证分析。</p> <p>问题：你还能列举出哪些卡门涡街现象？能怎样使用卡门涡街进行解释？（后测 1）</p>	问题监测点：边界层怎么分离的？什么是压差阻力；什么是悬浮速度。

8.11 绕流阻力和升力

一、绕流升力

视频引入：飞机起降

不同攻角下的压强分布

飞机起降过程升力的控制

课程思政引入角度：培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

知识拓展：抓地力

天花板上的赛车

二、绕流阻力

(1) 摩擦阻力

(2) 压差阻力

(3) 边界层控制

绕流阻力计算举例（根据课堂情况可以课下练习）

三、悬浮速度及计算举例

悬浮速度的计算

颗粒受力

悬浮状态方程

$$u = \sqrt{\frac{4}{3C_d} \left(\frac{\rho_m - \rho}{\rho} \right) g d}$$

状态分析

$D+B>G$ 上升

$D+B<G$ 下降

$D+B=G$ 悬浮

课程思政引入角度：科学性思维

悬浮速度的计算习题

1. 计算例题

通过悬浮速度计算公式进行案例计算，题目难度中等。

2. 课堂练习（后测）

	<p>课堂练习为选择题，根据课堂剩余时长动态调整题量，使用雨课堂进行实时做题反馈，掌握学生本节课程内容掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。</p>	
课后作业	<p>思考题： (20) 边界层分离如何导致阻力增加？</p> <p>统一作业：习题 8-24</p> <p>提高作业： (21) 案例提交</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 《粘性流体动力学》 2. 《不同粒径固体颗粒的悬浮速度计算和测试》 3. 《平板大攻角绕流升力和阻力系数的计算》 4. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010 	
教学评价	<ol style="list-style-type: none"> (1) 通过学生上课互动效果进行评估； (2) 通过学生课堂练习进行评估； (3) 通过学生课后作业完成情况进行评估； (4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估； (5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。 	
预习任务	<p>网络平台：学习相似概念和相似准数的获取方法名师课堂和阅读文本。</p>	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学** Fluid Mechanics

授课章节	相似原理（第一次）	
教学目标	掌握相似概念、内容和相似准数	
重点难点	相似概念、内容和相似准数	
思政点	相似现象（共性-事物之间的普遍联系）；相似性的生活应用	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习相似概念和相似准数的获取方法名师课堂和阅读文本。教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>案例导入：如何为法拉利赛车设计一个阻力测试的模型实验？，如果测得风洞中阻力系数、阻力和汽车周围的速度，计算得到真实汽车的对应值？</p> <p>明白本章的学习根本目的、核心任务和生活工程的典型应用。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>10.1 力学相似原理</p> <p>一、相似原理和模型实验的意义</p> <p>问题导入及讨论：为什么要做模型实验？有什么意义？（前测）</p> <p>模型实验的意义</p> <p>汽车风洞实验</p> <p>课程思政引入角度：科学性思维，培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。</p> <p>模型实验案例</p> <p>二、相似概念</p> <p>课程思政引入：相似现象（共性-事物之间的普遍联系）；相似性的生活应用</p>	问题监测点：相似和类比的差别？三个主要准数的表示和物理意义。

	<p>三、力学相似内容</p> <p>(1) 几何相似</p> <p>(2) 运动相似</p> <p>(3) 动力相似</p> <p>10.2 相似准数</p> <p>一、由动力相似获得相似准数</p> <p>(1) 由粘性力和惯性力成比例可得雷诺准数</p> <p>(2) 由压力和惯性力成比例可得欧拉准数</p> <p>(3) 由重力和惯性力成比例可得欧拉准数</p> <p>二、由数学方程获得相似准数</p>	
课后作业	<p>思考题：</p> <p>(22) 说说流体力学方程的无量纲化的基本思路？</p> <p>统一作业：</p> <p>提高作业：将流体力学动量方程无量纲化并得到相应准数（基础好的与考研究生）。</p> <p>推荐课下阅读文献：</p> <p>1. 《相似准则在管流摩阻系数测试中的应用》</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估；</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	网络平台：学习因次分析法及应用名师课堂，阅读文本。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	相似原理（第二次）	
教学目标	掌握因次概念和因次分析方法	
重点难点	因次分析方法	
思政点	因次分析方法-复杂问题解决之道	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习模型律和模型实验名师课堂，阅读文本。教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>10.4 因次（量纲）分析法</p> <p>一、因次的概念</p> <p>二、量纲和谐原理</p> <p>三、因次分析法</p> <p>（1）π定理（布金汉定理）</p> <p>（2）利用π定理探求物理现象函数关系的具体步骤如下：</p> <p>四、例题讲解（例 10-3）</p>	<p>问题监测点：相似和类比的区 别？三个主要准数的表示和物理意义。</p>
课后作业	<p>思考题：</p> <p>（23）因次和单位与量纲有什么区别？</p> <p>统一作业：习题 10-11</p> <p>提高作业：习题 10-12（基础好的与考研究生）</p> <p>（2）案例提交</p>	
教学评价	（1）通过学生上课互动效果进行评估；	

	<p>(2) 通过学生课堂练习进行评估；</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估；</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	网络平台：学习因次分析名师课堂和阅读文本。	

内蒙古科技大学教案

课程名称: **流体力学 Fluid Mechanics**

授课章节	相似原理（第三次）	
教学目标	掌握相似三定理和模型律及其应用	
重点难点	模型律及其应用（模型实验）	
思政点	模型实验的意义；模型与原型之间的联系理解（抓住主要矛盾）；	
课前	课前，学生学习线上媒体：学习因次分析名师课堂，阅读文本。教师通过网络教学平台了解学生学习情况，通过微信和答疑等了解学生主要的薄弱环节。	
课中	<p>教学流程：针对线上了解到学生的主要问题进行进一步测试或者提问，起到对主要和重要内容的复习和对学生的确认。然后针对确认问题和重点内容进行讲解和深入学习。</p> <p>上次课重要内容回顾或测问</p> <p>10.3 相似定理和模型实验</p> <p>课程思政引入：模型实验的意义</p> <p>一、相似三定理</p> <p> (1) 相似第一定理</p> <p> (2) 相似第二定理</p> <p> (3) 相似第三定理</p> <p>二、模型实验</p> <p> (1) 模型律</p> <p> (2) 全局相似与局部相似</p> <p>课程思政引入：模型与原型之间的联系理解（抓住主要矛盾）</p> <p> (3) 模型律应用实例</p> <p>三、例题讲解（例 10-1 和桥墩或汽车模型实验）</p> <p>四、案例评述与分析</p>	问题监测点：相似三定理；全局相似与局部相似。
课后作业	思考题：	

	<p>(24) 为什么模型实验不考虑全局相似而只能考虑模型相似?</p> <p>(25) 尽可能列举模型律应用实例。</p> <p>统一作业: 习题 10-1,10-8,</p> <p>提高作业: 习题 10-2,10-4 (基础好的与考研究生)</p>	
教学评价	<p>(1) 通过学生上课互动效果进行评估;</p> <p>(2) 通过学生课堂练习进行评估;</p> <p>(3) 通过学生课后作业完成情况进行评估;</p> <p>(4) 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;</p> <p>(5) 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。</p>	
预习任务	全书重点内容回顾。	