

## 20 套精选教学设计方案

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！



为伊消得人憔悴，衣带渐宽终不悔。

设计制作成员：流体力学课程教学团队

设计制作单位：内蒙古科技大学

设计制作时间：2018 年 8 月

# 教学设计方案（一）

## 一、主题名称

绪论

*Introduction*

## 二、课时数

1 课时，50 分钟

## 三、学情分析

本课时为《流体力学》第 1 课时内容，为学生大二学年第一学期首门专业基础课程。学生经过一年的大学学习和生活，已经很好地使用了大学的学习方式，思维活跃度强，有较强的接受能力，让课堂讨论、自主学习、小组合作等学习方式成为可能，并且学生对于信息技术的依赖性越来越强，可以依托信息技术对课程内容进行丰富，维持学生上课下课对于课程的兴趣。结合本课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

### 1. 知识层面

通过大一基础课程的学习，学生已掌握《高等数学》、《大学物理》等先修课程的相关知识，其中流体力学相关的基本物理参数以及质量守恒、能量守恒、动量守恒等概念学生已有相关知识基础，但流体力学研究的更加深入并且会在此基础上继续延伸。因此需要学生在充分理解现有知识的基础上再进行提高。

### 2. 技能层面

学生目前所学基本上仍是纸面上的知识居多，缺少与实际的联系能力，分析问题、解决问题的能力还有待提高。

### 3. 情感层面

学生对于能源与动力工程专业已有所了解，在专业众多的分支中也已初步找到自己的兴趣点和未来的努力方向，因此流体力学作为所有后续内容的基础课程，学生对于本课程有较高的期待值。

#### 4. 思维层面

学生虽然已经学习过《大学物理》等强逻辑性课程，但在科学研究的思维方法上还有很多欠缺，需要进行引导和训练。

### 四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 1. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 2. 培养学生的科学性思维

通过绪论中各种实例引导鼓励学生思考。并且通过思想的提出、实验的构建以及结果的分析引导学生的科学性思维能力。

#### 3. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

### 五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 8、12 条目标。**

### 六、课程资源

#### 1. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

#### 2. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 3. 本节内容补充

1. 《解析流动：画说流体力学》

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

### 4. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

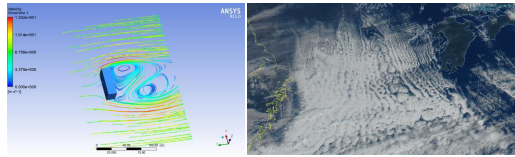
### 5. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
绪论
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
绪论（一）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
流体力学概论、流体力学发展简史
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
1.4 流动的星空（梵高）、1.7 都江堰与中国智慧、2.8 流体动力学和  
水利工程设计
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 七、教学内容与过程

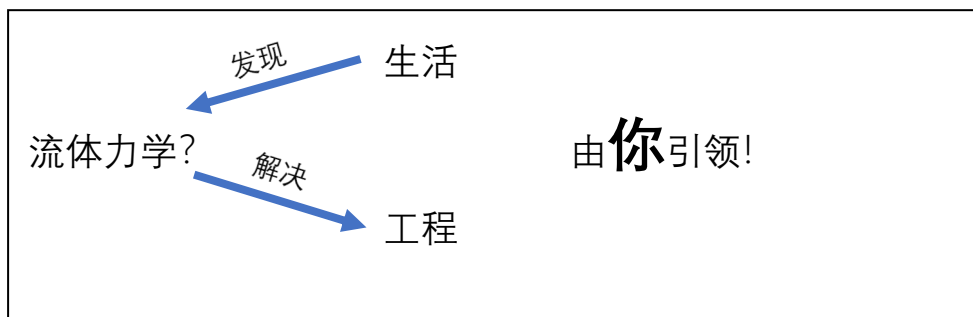
教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
互动提问 (约 5 分钟)	视频引入—Chroma Galaxies (节选) <b>问题:</b> 同学们从中看到了什么? 大家认为流动是什么样子的? 什么是流体? 流体的概念 什么是流体力学? 流体力学的概念	借助多媒体资源引入课程,提升学生兴趣,并且设置大量的问题引导学生思考,让学生自己加强对学科的认识。	课堂讨论
互动反馈:流体力学的应用 (约 5 分钟)	讨论:大家认为都在哪里会用到流体力学?并讲讲自己认为流体力学在其中的作用。(前测)	结合日常生活实例,让学生畅所欲言,尝试发散学生思维,并且以此作为前测大致了解学生对流体力学的认识情况。	课堂讨论
主题讲授: 流体力学的应用(约 10 分钟)	流体力学的应用 1. 航天领域 2. 船舶工业 3. 水利工程等的理论计算、设计、勘察 4. 石油工业 5. 医疗  生活中的流体力学	对刚得到的知识进行发散性思考,尝试引导学生尝试科学思考问题。	课堂讨论

	 <p><b>思政引入&amp;学科前沿:</b> 由航天、深海探测、三峡工程等项目引入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。由生活中的小例子鼓励学生善于观察，勤于思考。</p>		
<p>主体讲授： 工程实例 (约 5 分钟)</p>	<p><b>工程实例:</b> 都江堰 都江堰工程介绍</p> <p><b>思政引入:</b> 民族自信、文化自信。</p> <p><b>思考:</b> 都江堰鱼嘴分水堤是怎样做到四六分水的？如果要变成三七分水你需要怎样改动设计？</p>	<p>通过都江堰水利工程的引入让学生知道人类对流体力学的应用很早，学习流体力学的目的就是实际应用并培养学生自主学习能力以及后续的解决问题能力。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>主体讲授： 流体力学发展 简况 (约 10 分钟)</p>	<p><b>流体力学发展简况</b></p> <p>第一阶段—经验阶段</p> <p>第二阶段—理论阶段</p> <p>第三阶段—理论、实验全面展开</p> <p>第四阶段—多学科互相渗透</p>	<p>带领学生了解流体力学的发展历程以及目前的发展现状，加深学生对课程的了解。</p>	<p>课堂讲授</p>

<p>主体讲授： 流体力学相关知识 (约 10 分钟)</p>	<p>流体力学的分类： 理论流体力学 工程流体力学 <input checked="" type="checkbox"/> 水力学</p> <p>流体力学的研究方法： 实验模拟、理论分析、数值计算</p> <p>流体力学的研究对象—流体</p> <p>流体力学的研究内容</p>	<p>通过讲解让学生对流体流体力学有最基本的了解，并且学习整门课程的核心研究方法。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 2 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p> <p><b>推荐课下阅读文献：</b></p> <p>1. 《解析流动：画说流体力学》</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>布置作业 (约 3 分钟)</p>	<p><b>思考题：</b></p> <p>1. 都江堰鱼嘴分水堤是怎样做到四六分水的？如果要变成三七分水你需要怎样改动设计？</p> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：无 提高作业：无</p>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>

	<p>网络教学平台（优慕课）： 章节测试：无</p> <p>介绍网络教学平台</p>  <p>介绍流体力学习题 APP</p>  <p>预习任务 无</p>		
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 八、板书设计





## 九、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。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 十、预习任务及课后作业

### 1. 预习任务

本次课无预习任务。

### 2. 课后作业

思考题：

1. 都江堰鱼嘴分水堤是怎样做到四六分水的？如果要变成三七分水你需要怎样改动设计？

课后作业：

统一作业：无

提高作业：无

网络教学平台：章节测试：无

## 教学设计方案（二）

### 十一、主题名称

粘性定律

*Law of viscosity*

### 十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 3 课时内容，为第一章节核心内容。前 2 学时课程已进行《流体力学》绪论介绍以及流体的五个基本物理属性中惯性（重度）、可压缩性、表面张力和汽化的介绍，本节课时将对流体的五个基本物理属性中最重要粘性进行介绍，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 5. 知识层面

学生通过上一学时的学习已经对流体的五个基本物理属性有了初步的认识，并且通过对其中惯性（重度）、可压缩性、表面张力和汽化的讲述已经有了初步的认识；对于粘性，学生在生活中可能有一些感受，但并不全面，需要对粘性的范围进行拓展。本课时需要学生《大学物理》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

粘性（难度：中/学生兴趣：高）

粘性定律（难度：中/学生兴趣：中）

**重点**：粘性定律的应用

**难点**：粘性概念的理解；粘性定律的综合应用

#### 6. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生学习自主性较差，知识迁移能力较弱，需要课程引导及训练。

#### 7. 情感层面

学生通过绪论的课程引入和大量的生活实例，目前学生对课程有较强的兴趣，对新课程内容期待值较高。

#### 8. 思维层面

学生刚接触课程核心理论，尚未形成科学的思维方式，本课时为《流体力学 A》第一个重要的核心内容，需在科学性和思想性对学生进行初步引导。

## 十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 4. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 5. 培养学生的科学性思维

通过牛顿的简介鼓励学生思考正确的人生观和世界观。并且通过思想的提出、实验的构建以及结果的分析引导学生的科学性思维能力，尝试让学生通过自己分析同样得出相同的结论。

#### 6. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

## 十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 1：**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，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**

- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，对应 OBE 第 8、12 条目标。

## 十六、课程资源

### 1. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 2. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 3. 本节内容补充

《由流层间的相互作用力推导牛顿粘性定律》

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

### 4. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 5. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
牛顿内摩擦定律
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
绪论（四）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》

粘性与内摩擦定律

■ 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》

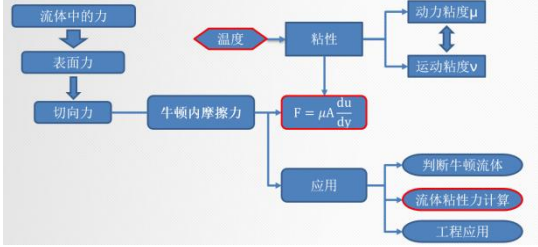
3.5 粘性流体力学之父、3.6 神奇的非牛顿流体

- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
互动提问 (约 2 分钟)	重点内容回顾 流体中的力—>表面力——>切应力 流体的五个基本物理属性	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
课堂导入 (约 3 分钟)	课程导入：大家对粘性的理解时怎样的？（前测）	结合日常生活实例，发散学生思维。	课堂讨论
主体讲授：粘性 (约 3 分钟)	理解粘性（定义—>机理—>影响因素） （重难点）	引导学生自己进行归纳总结，并给出正确的定义并阐述。多媒体演示粘性机理，帮助学生理解。	课堂讲授
互动反馈 (约 2 分钟)	提问和思考：粘性如何定量？（科学需要量化）  牛顿其人  课程思政引入角度：阻力兼动力的两面	对刚得到的知识进行发散性思考，尝试引导学生尝试科学思考问题。	课堂讨论

	性		
主体讲授： 牛顿粘性定律、粘度 (约 10 分钟)	<b>牛顿粘性定律（牛顿内摩擦定律）（重点）</b> <b>粘度</b> （回答了提问）—>常用粘度—> <b>温度影响（重难点）</b>	重点讲述牛顿粘性定律的内容，让学生设计实验来帮助进行验证，并引导学生尝试自己对实验所得结果进行科学分析。	课堂讲授 课堂讨论
主体讲授： 粘性定律的应用 (约 15 分钟)	<b>粘性定律的应用及举例</b> （生活与工程案例 3 个，学生练习 1 个，学生课后探索 1 个）（ <b>学科前沿</b> ）（ <b>难点</b> ） 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） 问题：牛顿内摩擦力对应的流体中的哪一种力？（回答课程导入问题）	通过生活中的例子让学生定性的使用粘性定律进行分析，并让学生自己提供一个例子进行解答，最终留下一个学科前沿问题让学生课下自主学习并进行知识迁移。	课堂讲授 课堂讨论
互动反馈 (约 10 分钟)	牛顿粘性定律应用习题 <b>1. 计算例题</b> 计算例题共 3 道，难度由简单到中等到较难，要求所有学生可以掌握简单和中等难度的题目，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。	通过计算例题让学生更深入的从定量角度去理解粘性定律。	课堂讲授

	<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>		
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p><b>推荐课下阅读文献：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>《由流层间的相互作用力推导牛顿粘性定律》</li> <li>Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题:</b></p> <p>1. 如果让同学们参与南水北调工程的设计, 应该如何设计, 考虑哪些因素?</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><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 课本 13 页习题 1-5、1-7</p> <p>提高作业: 课本 13 页习题 1-8</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课):</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“流体静压强及其特性”相关内容, 并思考其特性的作用。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 十八、板书设计

<p>科学方法: 问题--收集--概括 (假设) --实验--结论 <math>F = \mu A \frac{du}{dy}</math></p>
--

## 十九、教学评价

6. 通过学生上课互动效果进行评估;
7. 通过学生课堂练习进行评估;
8. 通过学生课后作业完成情况进行评估;
9. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;
10. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 二十、预习任务及课后作业



### 3. 预习任务

预习“流体静压强及其特性”相关内容，并思考其特性的作用。

### 4. 课后作业

思考题：

1. 如果让同学们参与南水北调工程的设计，应该如何设计，考虑哪些因素？
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？

课后作业：

统一作业：课本 13 页习题 1-5、1-7

提高作业：课本 13 页习题 1-8

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（三）

### 二十一、主题名称

压强的计算基准和单位

*The basis for pressure calculation and its units*

### 二十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 二十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 6 课时内容，为第二章节理论基础内容。前 2 学时课程已进行流体静压强及其特性的介绍以及通用形式流体静压强的分布规律的推导，本节课时将对压强的计算基准和单位以及相应的设备进行介绍，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 9. 知识层面

学生通过上一学时的学时已经对流体静压强及其特性和流体静压强的分布规律进行了介绍，学生在高中物理和大学物理中已经对该内容结论进行过学习，本课程则是通过严谨的数学推导对相关结论进行了证明，学生对相应结论和应用较易掌握；对于压强的计算基准和单位，属于较易理解的常识性问题，但学生在生活中只能接触到其中的很少部分，需要课程进行全面扩展介绍。本课时需要学生《大学物理》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

压强的计算基准（难度：中/学生兴趣：中）

压强的量度单位（难度：低/学生兴趣：高）

液柱测压计（难度：中/学生兴趣：中）

**重点**：压强的计算基准

**难点**：液柱测压计的计算

#### 10. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生学习自主性较差，需要课程引导及训练。

#### 11. 情感层面

学生通过上一节课的学习，所需知识已在高中阶段就有所设计，学生掌握较易，目前学生对课程有较强的兴趣，对新课程内容期待值较高。

#### 12. 思维层面

学生刚接触课程核心理论，尚未形成科学的思维方式，本课时为《流体力学 A》理论性内容，需在科学思想方法上对学生进行初步引导。

## 二十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 7. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 8. 培养学生的科学性思维

通过测压计的计算引导学生的科学性思维能力。

#### 9. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出思考题进行有效的分析，并提出解决方案，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

## 二十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 1：**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，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 2：**掌握流体静力学中压强分布关系及平面和曲面上压力计算方法，具有初步解决工程中遇到的流体静力学相关问题的能力，**对应 OBE 第 3、4、5 条目标。**

- **达成教学目标 10:** 掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想, 能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题, **对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题, 并获得有效结论; 遵守职业规范; 培养自主学习, 终身学习能力, **对应 OBE 第 8、12 条目标。**

## 二十六、课程资源

### 6. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等, 北京: 中国建筑工业出版社

### 7. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺, 崔桂香, 北京: 清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清, 北京: 高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基, 北京: 中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 8. 本节内容补充

《液柱式压力计的使用和误差》

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

### 9. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 10. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
流体静力学（一）
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
流体静力学（二）

- 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》

静压强分布规律及压强度量单位、静压强的测量

- 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》

本课时暂无对应章节

- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 二十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
互动提问 (约 2 分钟)	网络教学平台问题反馈  重点内容回顾 重力作用下流体静压分布	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
课堂导入 (约 3 分钟)	课程导入：工作生活中大家都见过哪些表示压强的方式？（前测）	结合日常生活实例，发散学生思维。	课堂讨论
主体讲授：流体静压强的表示 (约 8 分钟)	压强的计算基准 压强的相对关系（重点）	通过直观性的多媒体图表让学生快速理解绝对压强和相对压强的区别及相对关系。	课堂讲授
互动反馈 (约 2 分钟)	<b>提问和思考：</b> 选择测试题  <b>课程思政</b> 引入角度：善于全方位的思考问题，勇于提出自己的观点。  <b>提问：</b> 都有哪些单位能表述压强大小？	对刚得到的知识进行发散性思考，尝试引导学生尝试全面思考问题。	课堂讨论

<p>主体讲授： 压强的单位 (约 5 分钟)</p>	<p>压强的单位 压强的各单位及相互之间的关系</p>	<p>给学生讲授相关的压强单位，并与学生讨论该单位在生活中的应用场景。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>主体讲授： 压强的测量 (约 15 分钟)</p>	<p>压强的测量仪表 金属弹性式、电测试、液柱式 <b>课程思政</b>引入角度：高精设备等国产化、大国工匠精神。 测压管： ➤ 普通测压管 <b>课程思政</b>引入角度：解决科学性问题的思想方法。 ➤ 微压计 ➤ 差压计</p>	<p>通过生活及工作中的例子让学生了解各种测压仪表，通过测压管的科学性思想方法的引入，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。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 10 分钟)</p>	<p>测压管应用习题 1. 计算例题 计算例题共 3 道，难度由简单到中等到较难，要求所有学生可以掌握简单和中等难度的题目，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。 2. 课堂练习（后测） 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>	<p>通过计算例题让学生更深入的理解压强及测压计。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答</p>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课</p>	<p>课堂讲授</p>

	<p>疑。</p>  <p><b>推荐课下阅读文献：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《液柱式压力计的使用和误差》</li> <li>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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？</li> <li>2. 今日所讲例子如用绝对压强表示计算方程怎样表示，对结果有何影响？</li> </ol> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：课本 45 页习题 2-5 提高作业：课本 44 页习题 2-3</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“作用于平面的液体压力”相关内容，并思考其特性的作用。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 二十八、板书设计

科学方法思路:

问题—分析—关键点（等压面）—方法（液体静力学基本方程）—

解题  $Z + \frac{P}{\gamma} = C(\text{常数})$

## 二十九、教学评价

11. 通过学生上课互动效果进行评估;
12. 通过学生课堂练习进行评估;
13. 通过学生课后作业完成情况进行评估;
14. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;
15. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 三十、预习任务及课后作业

### 5. 预习任务

预习“作用于平面的液体压力”相关内容，并思考其特性的作用。

### 6. 课后作业

思考题:

1. 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？
2. 今日所讲例子如用绝对压强表示计算方程怎样表示，对结果有何影响？

课后作业:

统一作业：课本 45 页习题 2-5

提高作业：课本 44 页习题 2-3

网络教学平台：章节测试



## 教学设计方案（四）

### 三十一、主题名称

作用于平面的液体压力

*The pressure on plane*

### 三十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 三十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 8 课时内容，为第二章节理论基础内容。本章节流体静力学已进行流体静压强及其特性的介绍、流体静压强的分布规律、压强的计算基准和单位以及液柱测压计，本课时将对作用于平面的液体压力进行介绍，并配以生活及三峡工程的工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 13. 知识层面

学生通过之前知识的学习已经对流体静压强的分布规律进行了介绍，本课时是对该基础知识的更深层次的应用，通过三峡工程的实际案例让学生有工程参与感，并加强体会流体对平面的压力作用。本课时需要学生《高等数学》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

解析法（难度：中/学生兴趣：低）

图像法（难度：低/学生兴趣：中）

**重点：**作用在平面上的力

**难点：**无

#### 14. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生学习自主性较差，需要继续课程引导及训练。

#### 15. 情感层面

学生通过之前课程的学习，学生已掌握相应知识，但所学的知识用在哪里，怎么用仍是存疑的，学生会迫切的想知道自己所学的知识如何应用。

#### 16. 思维层面

学生学习相应理论过后，对于实际工程仍属于迷茫状态，需要培养合适的思维方式，本课时为《流体力学 A》理论性内容附加实际工程案例，将对学生在科学思想方法上进行引导。

### 三十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 10. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 11. 培养学生的科学性思维

通过解析法和图像法的学习过程引导学生的科学性思维能力。

#### 12. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的工程案例进行有效的分析，计算，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

### 三十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 1：**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，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 2：**掌握流体静力学中压强分布关系及平面和曲面上压力计算方法，具有初步解决工程中遇到的流体静力学相关问题的能力，**对应 OBE 第 3、4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**

- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，对应 OBE 第 8、12 条目标。

## 三十六、课程资源

### 11. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 12. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 13. 本节内容补充

《三峡工程设计论文集》 -- 5.水上设计篇

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

### 14. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 15. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
流体静力学（二）
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
流体静力学（七）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》

作用在平板上的力及其作用点位置、作用在任意平板上的力

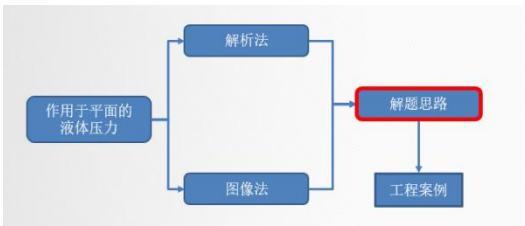
■ 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》

本课时暂无对应章节

- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

### 三十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
互动提问 (约 2 分钟)	重点内容回顾 测压计、测压计的计算 流体静压强分布	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
课堂导入 (约 3 分钟)	课程导入：大坝怎样计算液体对它的压力？（前测）	结合日常生活实例，发散学生思维。	课堂讨论
主体讲授： 解析法 (约 8 分钟)	<b>解析法</b> 计算作用于平面的液体压力 <b>(重点)</b> 几何中心 压力中心 合力矩定理 学生对于解析法的理解及总结	通过直观性的多媒体图像帮助学生更直观的学习掌握解析法，并尝试提升学生的思维能力。	课堂讲授
主体讲授： 图像法 (约 8 分钟)	图像法求解作用于平面的液体压力 解题思路 静水压强分布图的绘制规则 <b>课程思政</b> 引入角度：科学的方法思路 图像法的相应案例 典型案例 拓展案例（总结讨论分析）	通过解题思路培养学生的分析能力，并通过多媒体图像的直观教学让学生更容易理解图像法。	课堂讲授 课堂讨论

<p>互动反馈 (约 24 分钟)</p>	<p><b>工程案例</b></p> <p>三峡大坝压力计算案例</p> <p><b>课程思政</b>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</p> <p>(1) 大坝整体所受压力和作用点</p> <p>(2) 大坝泄洪孔闸门所受压力</p> <p>(3) 泄洪孔充满水时孔受到的压力 (进阶--课后思考延伸)</p> <p>(4) 泄洪孔换为圆孔之前两问的压力变为多大？（探索--课后思考延伸）</p> <p>2. 三峡船闸压力计算案例</p> <p>估算双线五级船闸的上游闸门所受压力和作用点。</p> <p>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>	<p>通过真实的工程案例让学生有大工程的参与感，让学生通过应用更好的理解液体对平面的压力作用，同时提升工程能力和爱国情怀。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p> 	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

	<p><b>推荐课下阅读文献：</b></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>		
布置作业 (约 2 分钟)	<p><b>思考题：</b></p> <p>1. 三峡工程案例：假设泄洪深孔长度为 50m，如果孔里全部充满水时孔受到的压力为多大？</p> <p>2. 三峡工程案例：如果假设泄洪深孔为断面积 64 平方米的圆形孔时，压力为多大？</p> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：课本 48 页习题 2-27、2-28</p> <p>提高作业：课本 48 页习题 2-29、2-30</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“作用于曲面的液体压力”相关内容，并思考如何确定力的作用点。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授</p> <p>自主学习</p>
	教学用时合计	50 分钟	

### 三十八、板书设计

<p>科学方法思路：</p> <p>问题—分析—思路（力的大小/方向/作用点）—方法（水静压强分布规律）</p>
--

## 三十九、教学评价

16. 通过学生上课互动效果进行评估；
17. 通过学生课堂练习进行评估；
18. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
19. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
20. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 四十、预习任务及课后作业

### 7. 预习任务

预习“作用于曲面的液体压力”相关内容，并思考如何确定力的作用点。

### 8. 课后作业

思考题：

1. 三峡工程案例：假设泄洪深孔长度为 50m，如果孔里全部充满水时孔受到的压力为多大？
2. 三峡工程案例：如果假设泄洪深孔为断面积 64 平方米的圆形孔时，压力为多大？

课后作业：

统一作业：课本 48 页习题 2-27、2-28

提高作业：课本 48 页习题 2-29、2-30

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（五）

### 四十一、主题名称

作用于曲面的液体压力

*The pressure on curved surface*

### 四十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 四十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 9 课时内容，为第二章节理论基础内容。上一课时学生已经学习了作用于平面的液体压力，本节课程是上一节课程的进一步延伸拓展，通过本课时的学习学生将掌握作用于曲面的液体压力的计算方法以及压力体的绘制。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 17. 知识层面

学生上个课时已经学习了作用于平面的液体压力，本课时是将所学理论知识进一步拓展到曲面上，并通过压力体的绘制让学生更好的体会作用于曲面的液体压力的复杂性，并解释浮力的原理。本课时需要学生《高等数学》、《大学物理》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

柱体曲面的压力（难度：中/学生兴趣：低）

压力体（难度：中/学生兴趣：高）

**重点：**作用在曲面上的力

**难点：**作用在曲面上的力

#### 18. 技能层面

学生需要通过之前的学习应已能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生学习自主性仍有待提高，需要继续课程引导及训练。

#### 19. 情感层面



学生通过之前课程的学习，学生已掌握相应知识，但作用于平面的液体压力已有些难度，部分学生会开始有畏难情绪，需要合理的方式方法让课程更加易懂。

#### 20. 思维层面

学生学习上一课时后，应已对该类问题有相应的科学方法和解决方案，本学时课程将继续引导学生吸收固化，学习将知识进行迁移思考。

## 四十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 13. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 14. 培养学生的科学性思维

通过柱体曲面压力计算和压力体的绘制的学习过程巩固学生的科学性思维能力。

#### 15. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的问题进行分析，解答，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

## 四十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 1：**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，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 2：**掌握流体静力学中压强分布关系及平面和曲面上压力计算方法，具有初步解决工程中遇到的流体静力学相关问题的能力，**对应 OBE 第 3、4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**

- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，对应 OBE 第 8、12 条目标。

## 四十六、课程资源

### 16. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 17. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 18. 本节内容补充

《三峡工程设计论文集》 -- 5.水上设计篇

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

### 19. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 20. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
流体静力学（三）
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
流体静力学（八）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》

作用在曲面上的力及压力体、曲面作用力举例

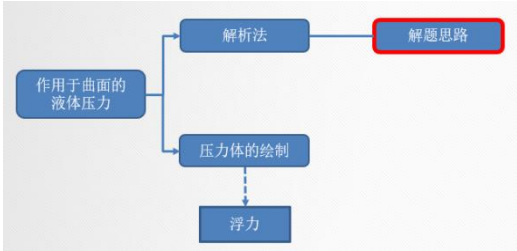
■ 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》

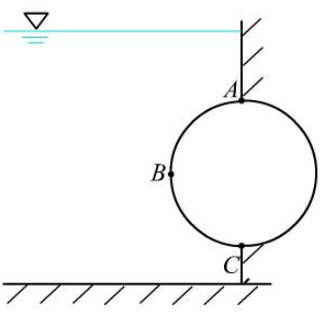
本课时暂无对应章节

- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 四十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
互动提问 (约 2 分钟)	重点内容回顾 作用于平面的液体压力 解析法、图解法 流体静压强分布	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
课堂导入 (约 3 分钟)	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）	结合日常生活实例，发散学生思维。	课堂讨论
主体讲授： 作用于曲面的液体压力 (约 8 分钟)	作用于曲面的液体压力（圆柱曲面） <b>（重点、难点）</b> 解析法（作用于平面的液体压力相关思想方法迁移） 力的大小 力的方向 力的作用点 <b>课程思政</b> 引入角度：科学的方法思路	通过直观性的多媒体图像帮助学生更直观的学习掌握曲面压力计算的解析法，并尝试提升学生的思维能力。	课堂讲授
主体讲授： 压力体 (约 8 分钟)	压力体的组成 实压力体和虚压力体 复杂曲面压力体的绘制 浮力  压力体绘制拓展案例（讨论分析）	通过多媒体图像的直观教学让学生更容易理解压力体，并通过复杂压力体的绘制培养学生的分析能力。	课堂讲授 课堂讨论

<p>互动反馈 (约 24 分钟)</p>	<p>总结：静止液体作用在曲面上的总压力的计算程序。</p> <p>作用于曲面的液体压力应用习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>计算例题共 3 道，难度由简单到中等到较难，要求所有学生可以掌握简单和中等难度的题目，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>	<p>通过计算例题让学生更好的理解液体对曲面的压力作用。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p>推荐课下阅读文献：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《三峡工程设计论文集》-- 5.水上设计篇</li> <li>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题：</b> 图示的压力体应该怎样绘制？</p>  <p><b>课后作业：</b> 统一作业：课本 49 页习题 2-36、2-37 提高作业：课本 49 页习题 2-39</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b> 预习“流体平衡微分方程”相关内容，并思考如何用流体平衡微分方程去得到流体静压强的分布规律。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 四十八、板书设计

<p>科学方法思路： 问题—分析—思路（力的大小/方向/作用点）—方法（水静压强分布规律）</p>
---

## 四十九、教学评价

21. 通过学生上课互动效果进行评估；
22. 通过学生课堂练习进行评估；
23. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
24. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
25. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 五十、预习任务及课后作业

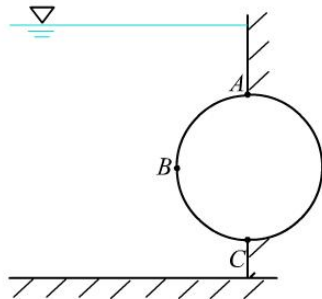
### 9. 预习任务

预习“流体平衡微分方程”相关内容，并思考如何用流体平衡微分方程去得到流体静压强的分布规律。

### 10. 课后作业

思考题：

图示的压力体应该怎样绘制？



课后作业：

统一作业：课本 49 页习题 2-36、2-37

提高作业：课本 49 页习题 2-39

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（六）

### 五十一、主题名称

连续性方程

*Continuity equation*

### 五十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 五十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 16 课时内容，为第三章核心内容之一。本课时将对流体的质量守恒进行讲解，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 21. 知识层面

学生在第三章已经学过流体运动的描述方法，本次课程将学习流体的质量守恒—连续性原理，质量守恒在生活中无处不在，可以让学生从身边的现象去自己发掘并归纳总结。本课时需要学生《大学物理》及《高等数学》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

连续性方程（核心）

质量守恒工程实例（难度：中/学生兴趣：高）

**难点**：连续性方程的理解和应用

**重点**：连续性方程的理解和应用

#### 22. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，学生高等数学基础比较薄弱，知识迁移能力需要继续引导及训练。

#### 23. 情感层面

第三章先期课程理论性过强并体现大量推导过程并与实际生活联系不强，让学生学习兴趣出现下降，本课时课程将通过一些生活实例重新激发学生兴趣。

#### 24. 思维层面

学生通过前述课程的训练，已初步形成科学的思维方式，本课时将通过控制变量法进行科学的思维方法学习。

### 五十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 16. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 17. 培养学生的科学性思维

通过达芬奇的简介鼓励学生。并且通过对日常现象的发现及总结，来让学生自己总结伯努利原理，并鼓励学生进行进一步的研究。

#### 18. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

### 五十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 3：**掌握流体动力学质量守恒、动量守恒和能量守恒三大定律及其生活和工程应用，**对应 OBE 第 4 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 8、12 条目标。**

### 五十六、课程资源



## 1. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 2. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 3. 本节内容补充

《我国古代运用系统工程思想的典范——都江堰水利工程》

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

## 4. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

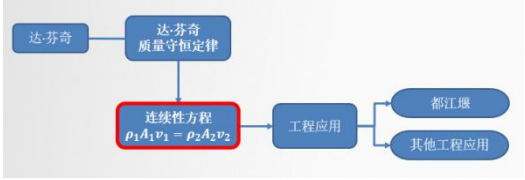
## 5. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
连续性方程及其应用
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
理想流体动力学基础（六）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》 连续性方程
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
2.4 飞行之父和质量守恒定律发现
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 五十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
内容复习 (约 2 分钟)	重点内容回顾 流体运动的描述方法 拉格朗日法、欧拉法	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 5 分钟)	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 <b>课程思政</b> 引入角度：大胆假设，小心求证。	调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
主体讲授： 质量守恒定律 (约 5 分钟)	普遍形式的质量守恒定律 <b>连续性方程（重点）</b> 连续性方程的推导	引导学生在给出方法后能自己得到结果。	课堂讲授
主体讲授： 工程实例 (约 15 分钟)	<b>工程实例</b> 都江堰水利工程 <b>课程思政</b> 引入角度：大国工匠精神、文化自信 思考：都江堰四六分水的原理 问题：鱼嘴分水原理？  连续性方程的分汇流情况 二次流现象	通过对工程实例的引入，进而促使学生讨论思考，并由此引入分汇流和二次流知识点。	课堂讲授 课堂讨论
互动反馈 (约 18 分钟)	连续性方程的应用习题 1. 计算例题 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	通过计算例题让学生更深入的从定量角度去理解连续性方程。	课堂讲授

	<p>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>		
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p><b>推荐课下阅读文献：</b></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>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题：</b></p> <p>1. 都江堰鱼嘴分水堤如果要变成三七分水你需要怎样改动设计？</p> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：课本 85 页习题 3-1、3-3</p> <p>提高作业：课本 86 页习题 3-8</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>

	预习“伯努利原理”相关内容，并思考其在工程上的应用。		
教学用时合计		50 分钟	

## 五十八、板书设计

科学方法：

目标—>方法—>研究—>总结—>应用

## 五十九、教学评价

26. 通过学生上课互动效果进行评估；
27. 通过学生课堂练习进行评估；
28. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
29. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
30. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 六十、预习任务及课后作业

### 11. 预习任务

预习“伯努利原理”相关内容，并思考其在工程上的应用。

### 12. 课后作业

思考题：

1. 都江堰鱼嘴分水堤如果要变成三七分水你需要怎样改动设计？

课后作业：

统一作业：课本 85 页习题 3-1、3-3

提高作业：课本 86 页习题 3-8

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（七）

### 六十一、主题名称

伯努利原理及其应用（一）

*Bernoulli's Principle and its applications (1)*

### 六十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 六十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 17 课时内容，为第三章核心内容之一。本节课将对流体的能量守恒进行讲解，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 25. 知识层面

学生在第三章已经学过连续性方程，本次课程将学习流体的能量守恒—伯努利原理，能量守恒看似与生活举例遥远，实际无处不在，需要学生从身边的现象去自己发掘并归纳总结。本课时需要学生《大学物理》及《高等数学》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

船吸现象（难度：低/学生兴趣：高）

伯努利能量方程（核心）

能量方程习题（难度：低-高/学生兴趣：低）

**难点：**能量方程的理解和应用

**重点：**能量方程的理解和应用

#### 26. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，学生高等数学基础比较薄弱，知识迁移能力需要继续引导及训练。

#### 27. 情感层面

第三章先期课程理论性过强并体现大量推导过程并与实际生活联系不强，让学生出现畏难情绪，需要通过本课时课程重新激发学生兴趣。

#### 28. 思维层面

学生通过前述课程的训练，已初步形成科学的思维方式，本课时将通过控制变量法进行科学的思维方法学习。

### 六十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 19. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 20. 培养学生的科学性思维

通过伯努利的简介鼓励学生。并且通过对日常现象的发现及总结，来让学生自己总结伯努利原理，并鼓励学生进行进一步的研究。

#### 21. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

### 六十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 3：**掌握流体动力学质量守恒、动量守恒和能量守恒三大定律及其生活和工程应用，**对应 OBE 第 4 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 8、12 条目标。**

### 六十六、课程资源

## 6. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 7. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 8. 本节内容补充

《流体力学中伯努利方程》

《伯努利方程及其简单推导》

《论伯努利方程的物理意义》

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

## 9. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

## 10. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
伯努利方程及其应用
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
理想流体动力学基础（七）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
一元流动能量方程、伯努利方程意义及条件
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
4.1 伯努利及其万能原理
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 六十七、教学内容与过程

教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
内容复习 (约 2 分钟)	网络教学平台学情反馈 (复习内容) 重点内容回顾 连续性方程 (质量守恒)	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	网络教学平台学情反馈 (预习前测) 课程导入--事件引入: 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。 问题: 大家对事故原因有什么见解? (前测) 课程思政引入角度: 人的个性发展和社会性的统一, 理解包容。	调动学生参与课堂教学的主动性, 引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
互动反馈: 伯努利原理 (约 10 分钟)	视频实验引入*: 吹不动的纸 让乒乓球飞一会儿 用空气控制气球 	引导学生自己进行归纳总结, 并给出自己的结论。通过多媒体演示帮助学生理解。	课堂演示



	<p>由气球实验引回船吸事故，引导学生总结<b>伯努利原理</b>：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> <p><i>*实际课堂由学生自己动手实验</i></p>		
<p>主体讲授：伯努利方程 (约 5 分钟)</p>	<p>机械能守恒直接得伯努利方程 机械能新认识</p> <p>原始形式 <math>P_1V + mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = P_2V + mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2</math></p> <p>提问和思考：能量除了焦耳形式还可以有长度米形式和压强形式呢？</p> <p>水头形式 <math>z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}</math></p> <p>压强形式 <math>P_1 + \rho gz_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \rho gz_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}</math>（根据原始形式和水头形式引导学生迁移）</p> <p>总结伯努利能量方程，回应两个提问和思考。</p>	<p>简化传统教学中此处的推导，而从能量守恒的思想直接得到，使学生更易理解和记忆，将更多精力放在方程应用上。但对于考研深造的同学要求务必同时自学掌握传统方法，对基础好的同学和感兴趣的同学则鼓励其掌握。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>主体讲授：伯努利方程适用条件 (约 5 分钟)</p>	<p>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？</p> <p>(1) 恒定流 Steady Flow;</p> <p>(2) 理想流体 Ideal Fluid ;</p> <p>(3) 不可压缩流体 Incompressible Fluid。</p> <p>具体实例由教师解释 2-3 个，其余由学生自主学习理解。</p>	<p>引导学生通过自己对伯努利方程的理解得出结论。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>主体讲授：</p>	<p><b>伯努利原理的应用—飞机</b></p>	<p>通过生活中</p>	<p>课堂讲授</p>

<p>伯努利原理应用（一） （约 10 分钟）</p>	<p>视频演示讲解飞机起飞—降落过程 引导学生通过所学知识对飞机起降过程进行解释。</p> <p><b>思政引入&amp;学科前沿：C919、歼-20，</b> 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>飞机例子让学生定性的使用伯努利原理进行分析，并鼓励学生有机会乘飞机时注意观察机翼变化，做到学以致用。</p>	<p>课堂讨论</p>
<p>互动反馈 （约 10 分钟）</p>	<p>伯努利方程的应用习题</p> <p>1. 计算例题 使用刚刚学习的伯努利方程对简单的工程应用问题进行计算。</p> <p>2. 课堂练习（后测） 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>	<p>通过计算例题让学生更深入的从定量角度去理解伯努利能量方程。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 （约 3 分钟）</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p> <div data-bbox="443 1442 954 1765" data-label="Diagram"> </div> <p><b>推荐课下阅读文献：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《流体力学中伯努利方程》</li> <li>2. 《伯努利方程及其简单推导》</li> <li>3. 《论伯努利方程的物理意义》</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

	4. Introduction to Fluid Mechanics, William. S. Janna, 4ed, CRC, 2010		
布置作业 (约 2 分钟)	<p><b>思考题:</b></p> <p>1. 为了避免船吸现象, 需要保持一定的距离, 请同学们查阅资料并自己总结保持的距离与哪些参数有关并应该如何确定?</p> <p>2. 找一架自己感兴趣的飞机的参数, 利用伯努利方程试估算该飞机的升力, 在速度为多少时该飞机可以飞起来?</p> <p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 课本 86 页习题 3-9</p> <p>提高作业: 课本 86 页习题 3-11</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课):</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“皮托管”相关内容, 并思考其在工程上的应用。</p>	课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。	课堂讲授 自主学习
	教学用时合计	50 分钟	

## 六十八、板书设计

科学方法：

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

控制变量法：

飞机起飞： $z \rightarrow$        $P: \frac{G}{A} \rightarrow 0 \downarrow$        $v: 0 \rightarrow v_m \uparrow$

飞机降落： $z \rightarrow$        $P: 0 \rightarrow \frac{G}{A} \uparrow$        $v: v_m \rightarrow 0 \downarrow$

## 六十九、教学评价

31. 通过学生上课互动效果进行评估；
32. 通过学生课堂练习进行评估；
33. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
34. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
35. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 七十、预习任务及课后作业

### 13. 预习任务

预习“皮托管”相关内容，并思考其在工程上的应用。

### 14. 课后作业

思考题：

1. 为了避免船吸现象，需要保持一定的距离，请同学们查阅资料并自己总结保持的距离与哪些参数有关并应该如何确定？
2. 找一架自己感兴趣的飞机的参数，利用伯努利方程试估算该飞机的升力，在速度为多少时该飞机可以飞起来？

课后作业：

统一作业：课本 86 页习题 3-9

提高作业：课本 86 页习题 3-11

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（八）

### 七十一、主题名称

伯努利原理及其应用（二）

*Bernoulli's Principle and its applications (2)*

### 七十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 七十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 18 课时内容，为第三章核心内容之一。本节课将对流体的能量守恒的相关应用进行讲解，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 29. 知识层面

学生在第三章已经学过连续性方程，本次课程将学习流体的能量守恒—伯努利原理，能量守恒看似与生活举例遥远，实际无处不在，需要学生从身边的现象去自己发掘并归纳总结。本课时需要学生《大学物理》及《高等数学》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

皮托管测速（难度：中/学生兴趣：中）

香蕉球（难度：高/学生兴趣：高）

能量方程习题（难度：低-高/学生兴趣：低）

**难点：**能量方程的理解和应用

**重点：**能量方程的理解和应用

#### 30. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，学生高等数学基础比较薄弱，知识迁移能力需要继续引导及训练。

#### 31. 情感层面

第三章先期课程理论性过强并体现大量推导过程并与实际生活联系不强，让学生出现畏难情绪，通过上课时内容已经让学生兴趣有所提升，可以通过本课时课程继续激发学生兴趣。

### 32. 思维层面

学生通过前述课程的训练，已初步形成科学的思维方式，本课时将通过科学研究一般过程进行思维训练。

## 七十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

### 22. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

### 23. 培养学生的科学性思维

通过皮托管的发明引导学生。并且通过对日常现象的发现及总结，并鼓励学生进行进一步的研究。

### 24. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

## 七十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 3：**掌握流体动力学质量守恒、动量守恒和能量守恒三大定律及其生活和工程应用，**对应 OBE 第 4 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 8、12 条目标。**

## 七十六、课程资源

## 1. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 2. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 3. 本节内容补充

《流体力学中伯努利方程》

《论伯努利方程的物理意义》

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

## 4. 线下平台

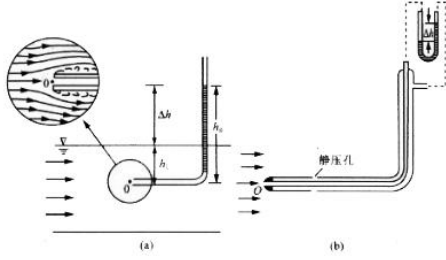

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

## 5. 线上平台


优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
伯努利方程及其应用
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
理想流体动力学基础（八）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
伯努利方程应用 2、伯努利方程应用 3
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
4.1 伯努利及其万能原理
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 七十七、教学内容与过程

教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
内容复习 (约 2 分钟)	重点内容回顾 伯努利能量方程 (水头形式)	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	课程导入—问题引入： 问题：飞机的起落可以用伯努利原理解释，同学们觉得飞机上还有没有可以使用伯努利原理的地方？ (前测)	调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
主体讲授： 皮托管 (约 10 分钟)	<p>问题：如何用两根玻璃管测定流体中某点的流速？</p>  <p>皮托管的发明</p> <p>皮托管的原理及应用</p> <p>今后工作生活中哪里可以用到？</p> <p><b>拓展问题：</b>对于管内放置，皮托管一般放在什么位置？</p>	引导学生通过所学知识自己寻找解决方案，并进行思维发散。	课堂讲授 课堂讨论
主体讲授：皮托管在飞机上的应用 (约 5 分钟)	<p>皮托管广泛应用于飞机上，是飞行测速的主要手段。</p>  <p>应用习题：通过一道具体例题进行计算。</p>	首先呼应课程导入问题，并通过具体例题对刚刚所学知识进行应用。	课堂讲授



	<p><b>思政引入&amp;学科前沿：</b> 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。</p>		
<p>互动反馈： 手把手教你踢出漂亮香蕉球 (约 10 分钟)</p>	<p>伯努利原理应用：手把手教你踢出漂亮香蕉球</p> <p><b>视频引入 1：</b>精彩足球任意球比拼</p> <p>问题：同学们能用伯努利原理来解释吗？</p> <p><b>视频引入 2：</b>观察视频中足球任意球的踢法</p> <p>讨论：如何踢好香蕉球？</p>  <p>应用：图示角球应该怎么踢？</p> <p><b>思政引入：</b>实践是检验真理的唯一标准，熟能生巧</p> <p><b>迁移：</b>同学们还能举出哪些类似例子？</p>	<p>带领学生一起学习如何踢好香蕉球，让学生充分参与课堂，积极讨论，并在其中穿插思政教学及迁移思考培养，并将学生兴趣延续至课堂外。</p>	<p>课堂演示 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 15 分钟)</p>	<p>伯努利方程的应用习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>使用伯努利方程对皮托管的工程应用问题进行计算。</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</p>	<p>通过计算例题让学生更深入的从定量角度去理解伯努利能量方程。</p>	<p>课堂讲授</p>

	掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。		
课程总结 (约 3 分钟)	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p>推荐课下阅读文献：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《流体力学中伯努利方程》</li> <li>2. 《论伯努利方程的物理意义》</li> <li>3. Introduction to Fluid Mechanics, William. S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。	课堂讲授
布置作业 (约 2 分钟)	<p><b>思考题：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 皮托管可能会出现哪些问题？</li> </ol> <p><b>实践：</b></p> <p>请同学们自己动手自制一个皮托管，并使用它去测量临近景区中的流速。</p> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：课本 87 页习题 3-15</p> <p>提高作业：课本 86 页习题 3-12</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“文丘里管”相关内容，并思考其在工程上的应用。</p>	课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。	课堂讲授 自主学习
教学用时合计		50 分钟	

## 七十八、板书设计

科学研究一般过程：

提出问题→解决问题（选择合适方法）→形成成果（应用）

## 七十九、教学评价

36. 通过学生上课互动效果进行评估；
37. 通过学生课堂练习进行评估；
38. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
39. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
40. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 八十、预习任务及课后作业

### 15. 预习任务

预习“文丘里管”相关内容，并思考其在工程上的应用。

### 16. 课后作业

思考题：

1. 皮托管可能会出现哪些问题？

实践：

请同学们自己动手自制一个皮托管，并使用它去测量临近景区中的流速。

课后作业：

统一作业：课本 86 页习题 3-10

提高作业：课本 86 页习题 3-12

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（九）

### 八十一、主题名称

伯努利原理及其应用（三）

*Bernoulli's Principle and its applications (3)*

### 八十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 八十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 19 课时内容，为第三章节核心内容之一。本节课将对流体的能量守恒的相关应用进行讲解，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 33. 知识层面

学生在第三章已经学过连续性方程，本次课程将学习流体的能量守恒—伯努利原理，能量守恒看似与生活举例遥远，实际无处不在，需要学生从身边的现象去自己发掘并归纳总结。本课时需要学生《大学物理》及《高等数学》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

文丘里流量计（难度：高/学生兴趣：中）

空化现象（难度：高/学生兴趣：低）

能量方程习题（难度：低-高/学生兴趣：低）

**难点：**能量方程的理解和应用

**重点：**能量方程的理解和应用

#### 34. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，学生高等数学基础比较薄弱，知识迁移能力需要继续引导及训练。

#### 35. 情感层面

第三章先期课程理论性过强并体现大量推导过程并与实际生活联系不强，让学生出现畏难情绪，通过上课时内容已经让学生兴趣有所提升，可以通过本课时课程继续激发学生兴趣。

#### 36. 思维层面

学生通过前述课程的训练，已初步形成科学的思维方式，本课时将通过科学研究一般过程进行思维训练。

### 八十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 25. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 26. 培养学生的科学性思维

通过空蚀现象引导学生。并且通过对日常现象的发现及总结，并鼓励学生进行进一步的研究。

#### 27. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

### 八十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 3：**掌握流体动力学质量守恒、动量守恒和能量守恒三大定律及其生活和工程应用，**对应 OBE 第 4 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 8、12 条目标。**

### 八十六、课程资源

## 6. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 7. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 8. 本节内容补充

《流体力学中伯努利方程》

《论伯努利方程的物理意义》

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

## 9. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

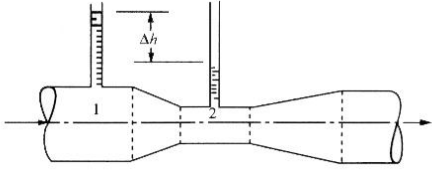
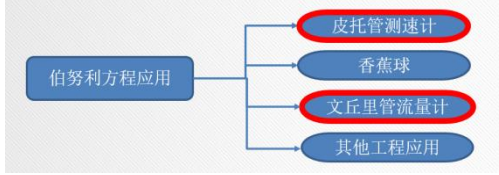
## 10. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
伯努利方程及其应用
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
理想流体动力学基础（八）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》 文丘里流量计
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
4.1 伯努利及其万能原理
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 八十七、教学内容与过程

教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
内容复习 (约 2 分钟)	重点内容回顾 伯努利能量方程 (水头形式)	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	课程导入—问题引入： 问题：小小气泡撼动钢铁巨无霸是怎么回事？（前测）	调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
主体讲授： 空化与空蚀 (约 10 分钟)	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 <b>思政引入&amp;学科前沿：</b> 潜艇、军舰的螺旋桨空化问题如何解决？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。	带领学生学习工程中的实际问题，并思考解决方案。	课堂讲授 课堂讨论
主体讲授： 文丘里管 (约 10 分钟)	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？	引导学生通过所学知识自己寻找解决方案，并进行思维发散。	课堂讲授 课堂讨论

	 <p>文丘里流量计测量原理</p> <p>文丘里管在工程中用于测量管道中流体的流量。</p> <p>原理及用途，今后工作生活中哪里可以用到</p>		
<p>互动反馈 (约 20 分钟)</p>	<p>伯努利方程的应用习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>使用伯努利方程对文丘里管的工程应用问题进行计算。</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>	<p>通过计算例题让学生更深入的从定量角度去理解伯努利能量方程。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p>推荐课下阅读文献：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《流体力学中伯努利方程》</li> <li>2. 《论伯努利方程的物理意义》</li> <li>3. Introduction to Fluid Mechanics, William. S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>



<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 当文丘里管由于一些原因无法水平安装时, 其测量值会发生怎样的改变, 为什么?</li> <li>2. 如果文丘里管中通过的是高速流体或可压缩流体, 将会对结果有什么影响?</li> </ol> <p><b>实践:</b></p> <p>请同学们自己动手自制一个文丘里管, 并使用它去测量临近景区中的流量。</p> <p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 课本 86 页习题 3-10 提高作业: 课本 86 页习题 3-13</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课):</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“恒定流动量方程”相关内容, 并思考如何将动量与力进行转化。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 八十八、板书设计

<p>科学研究一般过程: 提出问题→解决问题 (选择合适方法) →形成成果 (应用)</p>
--

## 八十九、教学评价

41. 通过学生上课互动效果进行评估;

42. 通过学生课堂练习进行评估；
43. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
44. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
45. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 九十、预习任务及课后作业

### 17. 预习任务

预习“恒定流动量方程”相关内容，并思考如何将动量与力进行转化。

### 18. 课后作业

思考题：

1. 当文丘里管由于一些原因无法水平安装时，其测量值会发生怎样的改变，为什么？
2. 如果文丘里管中通过的是高速流体或可压缩流体，将会对结果有什么影响？

实践：

请同学们自己动手自制一个文丘里管，并使用它去测量临近景区中的流量。

课后作业：

统一作业：课本 86 页习题 3-10

提高作业：课本 86 页习题 3-13

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（十）

### 九十一、主题名称

恒定流动量方程

*Momentum equation in constant flow*

### 九十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 九十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 22 课时内容，为第三章核心内容之一。本课时将对流体的动量守恒进行讲解，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 37. 知识层面

学生在第三章已经学过流体连续性方程和能量方程，本次课程将学习流体的动量方程，动量守恒在生活中无处不在，可以让学生从身边的现象去自己发掘并归纳总结。本课时需要学生《大学物理》及《高等数学》相关基础。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

动量方程（核心）

动量守恒工程实例（难度：中/学生兴趣：高）

**难点**：动量方程的理解和应用

**重点**：动量方程的理解和应用

#### 38. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，学生高等数学基础比较薄弱，知识迁移能力需要继续引导及训练。

#### 39. 情感层面

第三章学生通过连续性方程和能量方程的学习，已经建立起了与实际生活中的联系，并且众多生活及工程实例让课程内容变得有趣，学生对新的可能内容具有期待。

#### 40. 思维层面

学生通过前述课程的训练，已初步形成科学的思维方式，本课时将继续对科学的思维方法进行训练巩固。

### 九十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 28. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 29. 培养学生的科学性思维

通过火箭发射原理引导学生。并且通过对日常现象的发现及总结，并鼓励学生进行进一步的研究。

#### 30. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

### 九十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 3：**掌握流体动力学质量守恒、动量守恒和能量守恒三大定律及其生活和工程应用，**对应 OBE 第 4 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 8、12 条目标。**

### 九十六、课程资源

#### 11. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 12.其他参考书目

《流体力学》 张兆顺, 崔桂香, 北京: 清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清, 北京: 高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基, 北京: 中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 13. 本节内容补充

《射频离子微推进器的设计与实验研究》

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

## 14. 线下平台

雨课堂 (课堂)、流体力学习题 APP (课后)

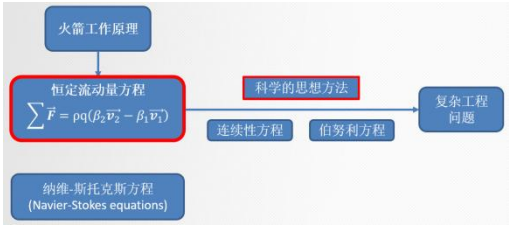
## 15. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂 (慕课)
  - 自制慕课:  
动量方程及其应用
  - 超星平台 (优慕课平台外链): 赵汉中《工程流体力学》  
理想流体动力学基础 (十三)
  - 中国大学 MOOC (优慕课平台外链): 北京理工大学《工程流体力学》  
动量定理、动量定理应用
  - 智慧树平台: 《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
本课时暂无对应内容
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 九十七、教学内容与过程

教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
内容复习 (约 2 分钟)	重点内容回顾 伯努利方程及其应用	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 5 分钟)	课程导入—神州十二号载人飞船发射成功： 从发射图中可以读出什么信息？ 由此涉及的各种科学问题 <b>课程思政</b> 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。	调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
主体讲授： 恒定流 动量方程 (约 5 分钟)	<b>恒定流动量方程（重点）</b> 长征 2F 遥十二运载火箭动量守恒分析	引导学生在给出方法后能自己得到结果。	课堂讲授
互动反馈： 工程实例 (约 8 分钟)	<b>有时解决问题，合适的方法更加重要</b> 通过实例分析计算，让学生更直观的理解选择适当方法的事半功倍。 <b>课程思政</b> 引入角度：科学的思考，合适的方法选用。	通过实例的引入，进而促使学生讨论思考，并由此加强对合适方法选取的认知。	课堂讲授 课堂讨论
互动反馈： 动量方程应用 (约 5 分钟)	<b>动量方程的应用</b> 烟花、军工、火箭、航天  <b>霍尔推进器</b>  <b>课程思政</b> 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。	学生参与探讨，发散思维。	课堂讨论

<p>互动反馈 (约 20 分钟)</p>	<p>连续性方程的应用习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>使用刚刚学习的动量方程对简单的工程应用问题进行计算。题目难度由简单至困难不等。</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>	<p>通过计算例题让学生更深入的从定量角度去理解动量方程。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点, 预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p>推荐课下阅读文献:</p> <p>1.《射频离子微推进器的设计与实验研究》</p> <p>2. Introduction to Fluid Mechanics, William. S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p>思考题:</p> <p>1. 在已知推力的情况下, 若将喷射出的电子流视为恒定流体, 试计算电子流速度 (以中国的 20kW 牛级霍尔推进器为例)?</p>	<p>课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后续教学方案。学生根据测</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>

	<p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：课本 89 页习题 3-28、3-29 提高作业：课本 90 页习题 3-33</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“沿程损失和局部损失”相关内容，并思考其产生的原因。</p>	<p>试结果自行 通过线上平 台内容查漏 补缺及答疑。</p>	
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 九十八、板书设计

<p>科学方法： 目标—&gt;<b>方法</b>—&gt;研究—&gt;总结—&gt;应用</p>
--

## 九十九、教学评价

46. 通过学生上课互动效果进行评估；
47. 通过学生课堂练习进行评估；
48. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
49. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
50. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百、预习任务及课后作业

### 19. 预习任务

预习“沿程损失和局部损失”相关内容，并思考其产生的原因。

### 20. 课后作业



思考题：

1. 在已知推力的情况下，若将喷射出的电子流视为恒定流体，试计算电子流速度（以中国的 20kW 牛级霍尔推进器为例）？

课后作业：

统一作业：课本 89 页习题 3-28、3-29

提高作业：课本 90 页习题 3-33

网络教学平台：章节测试

# 教学设计方案（十一）

## 一百〇一、主题名称

流体流态-层流与紊流

*Laminar and turbulence*

## 一百〇二、课时数

1 课时，50 分钟

## 一百〇三、学情分析

本课时为《流体力学》第 26 课时内容，为第四章核心内容之一。第四章前 1 学时课程已学习了能量损失，而能量是由于什么原因损失的，学生将通过本课时的学习来进行初步的了解。本节课时将对流体的流态进行介绍，并配以生活及工程实例进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

### 41. 知识层面

学生通过上一学时的学时已经知道非理想状态的能量方程中存在沿程阻力损失和局部阻力损失。对于流体的流态，学生可能知道层流和紊流，但具体这两种流态是如何区分的，学生所了解的并不全面，需要在特定的限制条件下进行区分。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

雷诺实验（难度：中/学生兴趣：高）

两种流态（核心重点）

雷诺数（难度：高/学生兴趣：中）

雷诺数计算（难度：中/学生兴趣：中）

涡的形成（难度：高/学生兴趣：高）

相关习题（难度：低-中/学生兴趣：低）

**重点：**层流与紊流的判别、雷诺数

**难点：**紊流形成机理、雷诺数

#### 42. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生学习自主性仍然不足，知识迁移能力较弱，需要课程引导及训练。

#### 43. 情感层面

上一学时的内容让学生对为什么产生能量耗散充满兴趣，因此学生对本课时新课程内容期待值较高。

#### 44. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经初步形成了科学的思维方式，本课时将在雷诺实验的设计上巩固学生在控制变量法上的理解与掌握。

### 一百〇四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 31. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 32. 培养学生的科学性思维

通过雷诺的简介引导学生思考。并且通过思想的提出、实验的构建以及结果的分析引导学生的科学性思维能力。

#### 33. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的定性分析，并举一反三尝试找出更多的生活实例，并通过具体练习尝试进行定量分析，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

### 一百〇五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 4：**掌握能量损失的机理及变化规律，具备计算沿程水头损失和局部水头损失的能力，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**

- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，对应 OBE 第 12 条目标。

## 一百〇六、课程资源

### 1. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 2. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 3. 本节内容补充

《湍流》 是勋刚

《Turbulent flow》 Pope

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

### 4. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 5. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
雷诺实验
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
不可压缩粘性流体的一元流动（三）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》

层流与紊流、流态判断方法

- 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》


本课时无相应课程

- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 一百〇七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 流动阻力和能量损失	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性, 引发学生的学习兴趣。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	生活中的流动现象 能量损失好像与流动状态有些关联? 但又总有变化? (能量损失有时正比于速度的 1 次方, 有时正比于速度的 1.75~2 次方) <b>课程导入: 大家对该现象的理解? (前测)</b>	结合日常生活实例, 发散学生思维。	课堂讨论
主体讲授: 雷诺实验 (约 5 分钟)	雷诺实验 伟大的雷诺 <b>课程思政</b> 引入角度: 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)	通过雷诺实验的设计来引导学生学习科学精神和科学方法。	课堂讲授
主体讲授: 层流和紊流 (约 5 分钟)	能量损失与流态相关研究 <b>如何判断层流和紊流 (重点)</b> <b>雷诺数 (重难点)</b>	对层流和紊流的判定进行讲解, 并引入雷诺数的	课堂讲授

	<p>圆管内流体雷诺数的计算 感受生活场景中的雷诺数</p> 	<p>概念, 并通过多媒体技术帮助学生更好的理解。</p>	
<p>互动反馈: 层流和紊流的应用 (约 5 分钟)</p>	<p><b>层流和紊流的应用</b> 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 <b>课程思政</b>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。</p>	<p>让学生对刚刚所学的知识进行迁移, 思考如何解释血压计的原理, 并引导学生勇于创新。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>主体讲授: 紊流的形成机理 (约 5 分钟)</p>	<p><b>层流紊流转捩 (难点)</b> 涡的形成 (体现伯努利方程的应用) 雷诺分解和雷诺应力(强调在现代工程中的地位 and 作用) (<b>学科前沿</b>)</p>	<p>从机理上解释湍流的形成, 并将国际上主流及最新的涡相关理论讲述给学生, 并鼓励学生尝试提出自己的想法。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>互动反馈 (约 20 分钟)</p>	<p>层流、紊流和雷诺数习题 <b>1. 计算例题</b> 雷诺数的计算方法, 旨在考查雷诺数计算公式的使用, 题目较简单, 要求所有学生可以掌握, 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>通过计算例题让学生更深入的从定量角度去理解层流和紊流。</p>	<p>课堂讲授</p>

	<p>2. 课堂练习（后测）</p> <p>课堂练习共 5 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>		
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p><b>推荐课下阅读文献：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《湍流》是勋刚</li> <li>2. Turbulent flow, Pope</li> <li>3. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 对于非圆形管道的流体流动，计算雷诺数的方程是否有改变？应该如何算得？</li> <li>2. 自己设计一个小实验，来验证水池下水时是上层水还是底层水先流走？</li> </ol> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：课本 129 页习题 4-2、4-9</p>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>

	<p>提高作业：课本 129 页习题 4-8</p> <p>网络教学平台（优慕课）：章节测试</p> <p>预习任务</p> <p>预习“圆管中的层流流动”相关内容，并思考哪些工程状态下能够实现圆管中的层流流动。</p>		
教学用时合计		50 分钟	

## 一百〇八、板书设计

<p>科学方法：</p> <p>提出问题→解决问题（<i>控制变量法</i>）→形成成果（应用）</p> <p>水位（不变）、颜色水流量（匹配）、<i>流量</i>（调节）、 <i>流动状态</i>（调节结果）、压力（从变）</p>
--

## 一百〇九、教学评价

51. 通过学生上课互动效果进行评估；
52. 通过学生课堂练习进行评估；
53. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
54. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
55. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百一十、预习任务及课后作业

### 21. 预习任务

预习“圆管中的层流流动”相关内容，并思考哪些工程状态下能够实现圆管中的层流流动。



## 22.课后作业

思考题:

- 1.对于非圆形管道的流体流动,计算雷诺数的方程是否有改变?应该如何算得?
- 2.自己设计一个小实验,来验证水池下水时是上层水还是底层水先流走?

课后作业:

统一作业: 课本 129 页习题 4-2、4-9

提高作业: 课本 129 页习题 4-8

网络教学平台: 章节测试

## 教学设计方案（十二）

### 一百一十一、主题名称

尼古拉兹实验

*J. Nikuradse experiment*

### 一百一十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 一百一十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 28 课时内容，为第四章核心内容之一。第四章目前已学习了能量损失，层流、紊流和雷诺数、圆管中的层流流动以及紊流阻力的形成机理，大部分内容理论性过强，无法直观体现，学生将通过本课时的对形影的沿程阻力系数的相关关系有一个最基本的了解，借助尼古拉兹实验的可视性实验曲线来寻找规律，对知识进行加强理解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 45. 知识层面

学生上一学时学习的内容理论性过强，学生可能无法形成具象化的理解，各种经验公式繁杂，表面上由无法看出各种联系，让学生无从构建有结构的知识体系。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

粗糙度（难度：中/学生兴趣：中）

尼古拉兹实验曲线（核心重点）

沿程阻力系数经验公式（难度：中/学生兴趣：低）

莫迪图（难度：中/学生兴趣：中）

**重点**：阻力系数的确定

**难点**：查尼古拉兹实验曲线和莫迪图

#### 46. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已初步具备自主分析解决问题能力，需要继续引导及训练。

#### 47. 情感层面

上一学时的理论内容的繁杂和表面无规律性经验公式让学生较难应对，易出现畏难情绪，需要本课时课程理清关系。

#### 48. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经初步形成了科学的思维方式，本课时将在雷诺实验的设计上巩固学生在控制变量法上的理解与掌握。

## 一百一十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 34. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 35. 培养学生的科学性思维

通过尼古拉兹实验引导学生思考。并且通过对已有参数的发掘分析引导学生的科学性思维能力。

#### 36. 培养学生的迁移能力

学生能够通过刚刚所学的知识将老师提出的实例进行有效的解决及应用，最终让学生在课下自行解决一个复杂性问题。

## 一百一十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 4：**掌握能量损失的机理及变化规律，具备计算沿程水头损失和局部水头损失的能力，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 12 条目标。**

## 一百一十六、课程资源

### 6. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 7. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 8. 本节内容补充

《关于尼古拉兹实验问题的探讨》

《Turbulent flow》 Pope

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

### 9. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

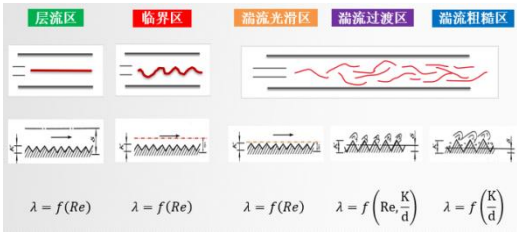
### 10. 线上平台

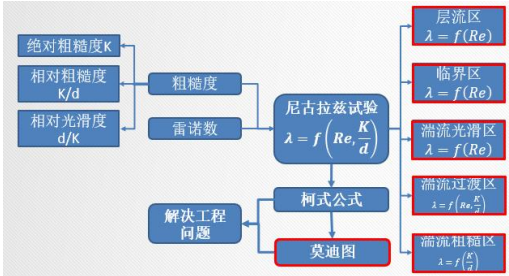
优慕课、智慧树

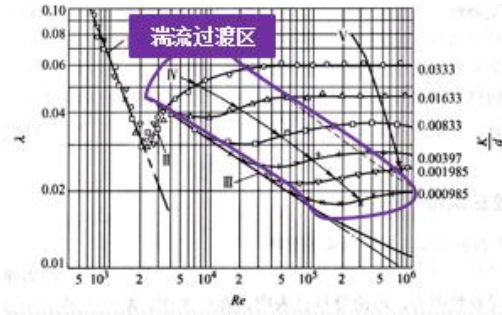
- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
尼古拉兹实验
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
不可压缩粘性流体的一元流动（九）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
尼古拉兹实验、五个阻力区
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
本课时无相应课程

- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 一百一十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 流动阻力和能量损失 圆管中的层流流动 湍流运动中的层流底层	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性, 引发学生的学习兴趣和。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题:</b> 过渡层再向层流底层发展会怎么样? ( <b>前测</b> ) 应该用什么标准去评判?	结合日常生活实例, 发散学生思维。考察学生目前的科学思维能力。	课堂讨论
主体讲授: 粗糙度 (约 5 分钟)	粗糙度 绝对粗糙度、相对粗糙度 水力光滑、水力粗糙 <b>小测:</b> 水力光滑是否恒定?	通过粗糙度引导学生学习科学方法。	课堂讲授
主体讲授: 尼古拉兹实验 (约 5 分钟)	尼古拉兹实验 实验设计方法 <b>课程思政引入角度: 科学性方法</b> <b>尼古拉兹实验曲线 (重点)</b>  <b>曲线识别、五个阻力区</b> <b>课程思政引入角度: 科学性思维</b> 沿程阻力系数经验公式	对实验曲线的五个阻力区和系数的关联性进行讲解, 并通过多媒体技术帮助学生更好的理解。	课堂讲授

<p>互动反馈： 莫迪图 (约 5 分钟)</p>	<p><b>莫迪图</b> 查莫迪图方法 <b>课程思政引入角度：科学性思维。</b></p>	<p>让学生对刚刚所学的知识进行迁移，思考如何查莫迪图。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 20 分钟)</p>	<p>莫迪图习题 1. 计算例题 旨在考查莫迪图的查表方法，综合本课程的粗糙度相关知识，题目由简单至中等难度，要求所有学生可以掌握，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。 2. 课堂练习（后测） 课堂练习共 5 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，掌握学生本节课内容掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。</p>	<p>通过计算例题让学生更深入理解沿程阻力系数和莫迪图。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p>推荐课下阅读文献：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>《关于尼古拉兹实验问题的探讨》</li> <li>Turbulent flow, Pope</li> <li>Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题:</b></p> <p>3. 怎样合理的解释湍流过渡区沿程阻力系数随着雷诺数的变化趋势?</p>  <p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 课本 130 页习题 4-10、4-13 提高作业: 课本 130 页习题 4-18</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课):</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“管道流动的局部损失”相关内容, 并思考工程实际中都有哪些影响因素。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百一十八、板书设计

<p>科学方法:</p> <p>提出问题 → 解决问题 (方法) → 形成成果 (应用)</p> <p>控制变量法: <math>Re</math>、<math>K/d \rightarrow \lambda</math></p>
---

## 一百一十九、教学评价

56. 通过学生上课互动效果进行评估；
57. 通过学生课堂练习进行评估；
58. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
59. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
60. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百二十、预习任务及课后作业

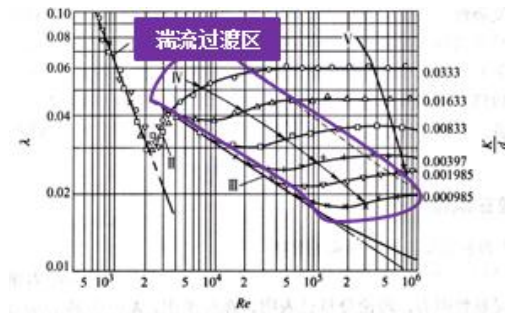
### 23. 预习任务

预习“管道流动的局部损失”相关内容，并思考工程实际中都有哪些影响因素。

### 24. 课后作业

思考题：

1. 怎样合理的解释湍流过渡区沿程阻力系数随着雷诺数的变化趋势？



课后作业：

统一作业：课本 130 页习题 4-10、4-13

提高作业：课本 130 页习题 4-18

网络教学平台：章节测试



## 教学设计方案（十三）

### 一百二十一、主题名称

流动的局部损失

*Friction loss in flow*

### 一百二十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 一百二十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 33 课时内容，为第四章核心内容之一。第四章目前已学习了能量损失，层流、紊流和雷诺数、圆管中的层流流动、紊流阻力的形成机理和尼古拉兹实验，沿程阻力损失的相关性已经通过尼古拉兹实验曲线讲授，本课时将对局部阻力系数的影响因素进行介绍。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 49. 知识层面

学生已通过尼古拉兹实验曲线的学习了沿程阻力系数如何确定，本课时的局部阻力系数的确定与沿程阻力系数类似，但又不完全相同，学生可以通过知识迁移进行理解。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

层流的局部损失（难度：低/学生兴趣：中）

紊流的局部损失（难度：中/学生兴趣：中）

**重点**：管流阻力损失的计算

**难点**：无

#### 50. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已初步具备自主分析解决问题能力，需要继续引导及训练。

#### 51. 情感层面

之前的尼古拉兹实验曲线已让学生对之前的无规律经验公式有了梳理，学习上有了相应的信心，可以更好的学习理解本学时内容。

## 52. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经初步形成了科学的思维方式，本课时将在局部阻力损失的影响因素上巩固学生的科学性思维和知识迁移能力。

# 一百二十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

## 37. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

## 38. 培养学生的科学性思维

通过局部阻力损失的原因分析引导学生思考。并且通过与尼古拉兹实验的对比和知识迁移培养学生的科学性思维能力。

## 39. 培养学生的迁移能力

学生能够通过已学习的尼古拉兹实验中的沿程阻力损失影响因素的分析将知识进行迁移，对局部阻力损失的影响因素进行类比分析，并对老师提出的实例进行有效的解决及应用，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

# 一百二十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 4：**掌握能量损失的机理及变化规律，具备计算沿程水头损失和局部水头损失的能力，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 12 条目标。**

# 一百二十六、课程资源

## 11.课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 12.其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 13.本节内容补充

《局部阻力系数表》

《Turbulent flow》 Pope

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

## 14.线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

## 15.线上平台

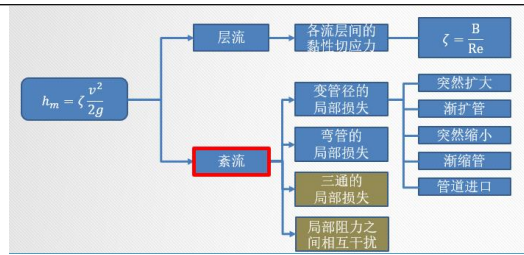
优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
流动的局部损失
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
不可压缩粘性流体的一元流动（十一）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
局部损失
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
本课时无相应课程
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 一百二十七、教学内容与过程

教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 流动阻力和能量损失 尼古拉兹实验曲线	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题：</b> 管道流动的局部损失由哪些？（前测） 层流的局部损失	以部分内容复习，发散学生思维。	课堂讨论
主体讲授： 局部损失 (约 5 分钟)	紊流的局部损失 发生部位、发生原因、局部阻碍 突变 渐变（渐扩管、渐缩管） <b>课程思政</b> 引入角度：科学性思维和科学性方法	通过局部损失的成因讲解来引导学生学习科学思维和科学方法。	课堂讲授 课堂讨论
互动反馈： (约 5 分钟)	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？ <b>课程思政</b> 引入角度：思维角度不同、对立与统一	对沿程阻力和局部阻力的对立和统一进行讲解，并通过多媒体技术帮助学生更好的理解。	课堂讨论
互动反馈： 变管径 局部损失 (约 5 分钟)	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	通过变管径中突然扩大和渐扩管的学习，让学生尝试知识迁移，自行思考突然缩小和渐缩管怎样解释。并尝试思维发散思	课堂讲授 课堂讨论

		考。	
<p>互动反馈： 其他局部损失 (约 10 分钟)</p>	<p>弯管的局部损失</p> <p>    断面形状</p> <p>    曲率半径与管径之比 <math>R/d</math></p> <p>    转角度数</p> <p>    ● 二次流</p> <p>三通局部损失</p> <p>    “Y”形分流三通</p> <p>    “T”形合流三通</p> <p>局部阻力之间的相互干扰</p> <p>    两个相互干扰的局部阻碍的总阻力系数</p>	<p>通过弯管的局部损失、三通的局部损失和局部阻力之间的相互干扰发散学生思维，提高学生思考能力。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 15 分钟)</p>	<p>局部阻力习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>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，掌握学生本节课内容掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。</p>	<p>通过例题让学生更深入的理解局部阻力系数。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

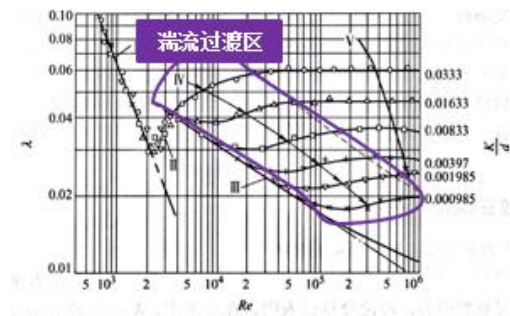


推荐课下阅读文献：

1. 《局部阻力系数表》
2. Turbulent flow, Pope
3. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010

思考题：

4. 怎样合理的解释湍流过渡区沿程阻力系数随着雷诺数的变化趋势？



布置作业  
(约 2 分钟)

课后作业：

统一作业：课本 131 页习题 4-26

提高作业：课本 132 页习题 4-32

网络教学平台（优慕课）：章节测试

预习任务

预习“孔口自由出流”相关内容，并尝试自己列伯努利方程进行分析。

课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。

课堂讲授  
自主学习

教学用时合计

50 分钟

## 一百二十八、板书设计

科学方法：

提出问题 → 解决问题（方法） → 结论

## 一百二十九、教学评价

61. 通过学生上课互动效果进行评估；
62. 通过学生课堂练习进行评估；
63. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
64. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
65. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百三十、预习任务及课后作业

### 25. 预习任务

预习“孔口自由出流”相关内容，并尝试自己列伯努利方程进行分析。

### 26. 课后作业

思考题：

1. 请自行查阅资料，总结弯管的局部损失的影响因素规律；
2. 请自行查阅二次流原理，并使用该原理解释河道变迁。

课后作业：

统一作业：课本 131 页习题 4-26

提高作业：课本 132 页习题 4-32

网络教学平台：章节测试

# 教学设计方案（十四）

## 一百三十一、主题名称

虹吸效应

*Siphonic effect*

## 一百三十二、课时数

1 课时，50 分钟

## 一百三十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 37 课时内容，为第五章节核心内容之一。第五章节目前已学习了孔口自由出流、孔口淹没出流和管嘴出流相关内容。本课时将继续对简单管路进行介绍。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

### 53. 知识层面

学生已学过连续性方程、伯努利能量方程和动量方程以及流动阻力和能量损失，在此基础上进行功的输入或输出，或进行虹吸原理的理解即为本课时内容，学生可以通过已学知识进行拓展理解。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

简单管路（难度：易/学生兴趣：中）

简单管路计算（难度：中/学生兴趣：中）

带水泵的简单管路（难度：中/学生兴趣：中）

虹吸效应（难度：中/学生兴趣：高）

相关习题（难度：低-中/学生兴趣：中）

**重点：**虹吸效应、虹吸管及水泵管路系统水力计算

**难点：**虹吸管及水泵管路系统水力计算

### 54. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已具备自主分析解决问题能力，需要继续引导及训练。

### 55. 情感层面



通过之前课程的学习，学生已具备基本的理论知识，并通过理想情况向实际有能量损失过渡，本课时加入输入输出功将使其更加贴近工程实际，学生更易理解和期待。

#### 56. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经初步形成了科学的思维方式，本课时将通过虹吸效应的学习巩固学生的科学性思维和训练知识迁移能力。

## 一百三十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 40. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 41. 培养学生的科学性思维

通过能量方程中的功的输入和输出引导学生思考。并且通过虹吸效应的学习培养学生的科学性思维能力。

#### 42. 培养学生的迁移能力

学生能够通过已学习的伯努利能量方程将知识进行迁移，对虹吸效应进行类比分析，并对老师提出的工程实例进行有效的解决及应用，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

## 一百三十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 5：**掌握孔口、管嘴、管路的基本概念及水力计算的基本方法，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 12 条目标。**

## 一百三十六、课程资源

## 16.课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 17.其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 18.本节内容补充

《中国古代对虹吸和倒虹吸的认识和应用》

《虹吸作用在水利建设中的应用》

《穿河倒虹吸抗洪减震的设计理念及应用》

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

## 19.线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

## 20.线上平台

优慕课、智慧树

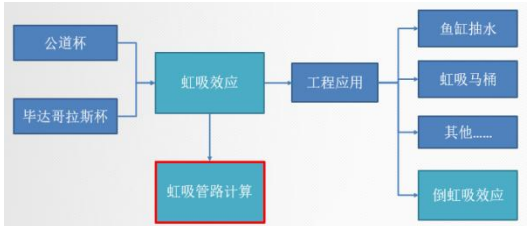
- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
孔口、管嘴和有压管路（二）
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
不可压缩粘性流体的一元流动（十二）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
公道杯之谜
- 课后测试及预习前测

● 论坛答疑及讨论

## 一百三十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 管嘴出流	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性, 引发学生的学习兴趣。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题:</b> 中俄天然气干线能量损失如何计算? (前测)	以问题讨论激发学生学习兴趣。	课堂讨论
主体讲授: 简单管路 (约 10 分钟)	简单管路的概念 简单管路中管路阻抗与阻力损失的关系 例题 (难度: 中) <b>水泵管路系统水力计算 (重难点)</b> 水泵的安装方式 (自灌式、吸入式) 水泵的扬程 <b>讨论:</b> 生活中水泵的应用场景, 都应该注意些什么?	通过对伯努利能量方程上的功的输入及输出引导学生理解, 最终能够运用所学知识进行相关工程计算。	课堂讲授 课堂讨论
互动反馈: 公道杯 (约 5 分钟)	视频实验引入*: 公道杯、毕达哥拉斯杯  <b>提问和思考:</b> 公道杯玄机何在? (前测) <b>课程思政</b> 引入角度: 贪婪将会一无所有。 <i>*实际课堂由学生自己动手实验</i>	引导学生通过已学知识自己尝试进行分析, 通过多媒体演示帮助学术理解。	课堂演示

<p>互动反馈： 虹吸效应 (约 5 分钟)</p>	<p>引导学生尝试通过公道杯归纳虹吸的概念</p> <p><b>提问和尝试解答：</b></p> <p>(1) 虹吸为何能够翻越高处？（补充比较量子隧穿效应）</p> <p>(2) 虹吸能流多快，都与哪些因素有关？</p> <p><b>课后思考和动手：</b>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。</p> <p>(3) 虹吸是否能翻越无限高？</p> <p>三个问题回答完毕，虹吸水力计算教学完成。</p>	<p>引导学生自己进行归纳总结，并给出自己的结论。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈： 虹吸效应应用 (约 10 分钟)</p>	<p><b>虹吸生活工程应用（生活小技巧）（学科前沿）</b></p> <p>(1) 鱼缸如何放水？</p> <p>(2) 抽水马桶如何选取？</p> <p>(3) 工程上虹吸输水的好处是什么？</p>	<p>通过生活中例子让学生定性的使用虹吸效应进行分析，并鼓励学生多观察生活中的应用场景。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 10 分钟)</p>	<p>局部阻力习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>旨在考查虹吸效应，题目难度中等，要求所有学生可以掌握，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 5 道，为选择题，根据课堂剩余时长动态调整题量，使用雨课</p>	<p>通过计算例题让学生更深入的理解虹吸效应。</p>	<p>课堂讲授</p>

	<p>堂进行实时做题反馈，掌握学生本节课内容掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。</p>		
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p><b>推荐课下阅读文献:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.《中国古代对虹吸和倒虹吸的认识和应用》</li> <li>2.《虹吸作用在水利建设中的应用》</li> <li>3.《穿河倒虹吸抗洪减震的设计理念及应用》</li> <li>4. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. 水泵在输入端如果考虑最大真空高度应该怎样体现?</li> <li>6. 对于倒虹吸管来说,与虹吸管相比有什么不同? 倒虹吸现象都有哪些应用?</li> </ol> <p><b>实践:</b></p> <p>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</p>	<p>课后自主学习并迁移思考,线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况,并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>

	<p>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）</p> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：课本 156 页习题 5-12、5-16</p> <p>提高作业：课本 156 页习题 5-15</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“管路的串联与并联”相关内容，并思考串联和并联管路分别适用于哪些工程场景。</p>		
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百三十八、板书设计

<p>科学方法： 提出问题 → 分析问题 → 解决问题（方法） → 结论</p>
--

## 一百三十九、教学评价

66. 通过学生上课互动效果进行评估；
67. 通过学生课堂练习进行评估；
68. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
69. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
70. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百四十、预习任务及课后作业

### 27. 预习任务

预习“管路的串联与并联”相关内容，并思考串联和并联管路分别适用于哪些工程场景。

### 28. 课后作业

思考题：

1. 水泵在输入端如果考虑最大真空高度应该怎样体现？
2. 对于倒虹吸管来说，与虹吸管相比有什么不同？倒虹吸现象都有哪些应用？

实践：

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）

课后作业：

统一作业：课本 131 页习题 4-26

提高作业：课本 132 页习题 4-32

网络教学平台：章节测试

# 教学设计方案（十五）

## 一百四十一、主题名称

水锤效应

*Water hammer effect*

## 一百四十二、课时数

1 课时，50 分钟

## 一百四十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 39 课时内容，为第五章节重点内容之一。第五章节目前已学习了孔口出流、简单管路、管网水力计算，本课时将有压管路中的水击进行介绍。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

### 57. 知识层面

学生已学习过了管路中的常规水力计算，但管路中的水击同样常见，学生需要通过本课时的学习了解水击的产生原因，并会对水锤效应进行预防。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

水锤效应（难度：中/学生兴趣：高）

水锤效应的预防（难度：中/学生兴趣：高）

**重点：**水击的危害与防治

**难点：**无

### 58. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已具备自主分析解决问题能力，需要继续引导及训练。

### 59. 情感层面

水锤效应是日常非常常见的现象，学生或多或少都有接触，但之前并不了解原理，对此有较高的兴趣进行学习。

### 60. 思维层面



学生通过之前课程的学习，已经初步形成了科学的思维方式，本课时将在水锤效应的影响因素上巩固学生的科学性思维和知识应用能力。

## 一百四十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

### 43. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

### 44. 培养学生的科学性思维

通过水锤效应的原因分析引导学生思考。并且通过找寻防治方法培养学生的科学性思维能力。

### 45. 培养学生的迁移能力

学生已学习了解释水锤效应的相应知识，通过本学时的学习将进行知识迁移，尝试解释水锤现象并提出预防方案，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

## 一百四十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 5：**掌握孔口、管嘴、管路的基本概念及水力计算的基本方法，对应 OBE 第 4、5 条目标。
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，对应 OBE 第 1、2、3 条目标。
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，对应 OBE 第 12 条目标。

## 一百四十六、课程资源

### 21. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 22. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 23. 本节内容补充

《DIY 水锤泵，自制无动力水泵的详细制作过程》

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

### 24. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

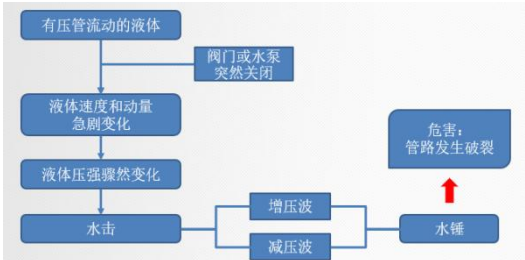
### 25. 线上平台

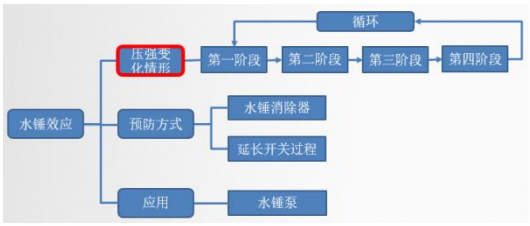
优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
水锤效应
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
不可压缩粘性流体的一元流动（十二）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
本课时无相应课程
- 课后测试及预习前测

● 论坛答疑及讨论

## 一百四十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 管网水力计算基础 枝状管网、环状管网	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题：</b> 如果突然将管路中的阀门或水泵关停，会产生什么现象？ <b>(前测)</b>	调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
主体讲授： 水锤效应 (约 10 分钟)	<b>视频引入：</b> 水锤效应  水锤效应的四个阶段过程 <b>课程思政引入角度：</b> 科学性思维和科学性方法 正水锤、负水锤 <b>知识迁移：</b> 负水锤过程？	通过水锤效应各阶段的讲解，并通过多媒体技术帮助学生更好的理解。尝试引导学生继续自己总结，引导学生学习科学思维和科学方法。	课堂讲授
互动反馈： 缓解水锤效应 (约 5 分钟)	<b>问题：</b> 如何缓解水锤效应？ (1) 安装水锤消除器 (2) 增加管路关闭（或开启）时间 $T$ 使过程延长	引导学生对所学知识进行运用，通过自己的分析解决工程问题。并通过多媒体技术帮助学生更好的理解。	课堂讨论
互动反馈：	<b>问题：</b> 水锤效应可以利用吗？	引导学生发	

水锤效应应用 (约 5 分钟)	水锤泵 <b>课程思政</b> 引入角度：不同角度思考	散思维。	
互动反馈 (约 20 分钟)	<p>相关习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>结合管路计算的计算题一道,题目难度中等,要求所有学生可以掌握,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 3 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>	通过例题让学生更深入的理解本课时内容。	课堂讲授
课程总结 (约 3 分钟)	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点,预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p><b>推荐课下阅读文献:</b></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>	通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。	课堂讲授
布置作业 (约 2 分钟)	<p><b>思考题:</b></p> <p>7. 请同学们课下自己尝试分析负水锤的压强变化情形。</p>	课后自主学习并迁移思考,线上平台完成测试帮助了解学生	课堂讲授 自主学习

	<p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 本课时无</p> <p>提高作业: 本课时无</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课): 无</b></p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“气体射流”相关内容, 并思考生活及工程上都有哪些气体射流实例。</p>	<p>对内容掌握情况, 并根据结果调整后 续教学方案。 学生根据测试结果自行 通过线上平台内容查漏 补缺及答疑。</p>	
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百四十八、板书设计

<p>科学方法:</p> <p>提出问题 → 分析问题 → 解决问题</p>
--

## 一百四十九、教学评价

71. 通过学生上课互动效果进行评估;
72. 通过学生课堂练习进行评估;
73. 通过学生课后作业完成情况进行评估;
74. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;
75. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百五十、预习任务及课后作业

### 29. 预习任务

预习“气体射流”相关内容, 并思考生活及工程上都有哪些气体射流实例。

### 30.课后作业

思考题：

1. 请同学们课下自己尝试分析负水锤的压强变化情形。

课后作业：

统一作业：无

提高作业：无

网络教学平台：无

## 教学设计方案（十六）

### 一百五十一、主题名称

无限空间淹没紊流射流

*Turbulent jet in infinite space*

### 一百五十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 一百五十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 41 课时内容，为第六章节核心内容之一。前几章节都是针对不可压缩流体中液体学习的，本章则涉及可压缩气体，通过已学习的相应流体力学知识进行拓展和迁移学习，最终应用到工程实际中。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 61. 知识层面

学生到目前已经学习了较为基本的流体力学原理，并能够应用到工程实际中，学生应该已经对处理普通的不可压缩液体的工程问题具有丰富的知识储备。再次基础上引入可压缩的气体，让学生的知识更加全面。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

气体淹没射流（难度：中/学生兴趣：中）

紊流系数（难度：中/学生兴趣：低）

运动系数（难度：中/学生兴趣：中）

动力系数（难度：中/学生兴趣：低）

圆断面射流运动分析（难度：高/学生兴趣：低）

**重点：**无限空间紊流和旋转射流的基本特性、紊流射流的计算方法

**难点：**无限空间紊流和旋转射流的基本特性、紊流射流的计算方法

#### 62. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已初步具备自主分析解决问题能力，需要继续引导及训练。

### 63. 情感层面

气体射流对学生来说属于新的未知领域，具有一定挑战性，学生有一定期待感。

### 64. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经初步形成了科学的思维方式，本课时将在无限空间紊流和旋转射流的基本特性上巩固学生的科学性思维和知识迁移能力。

## 一百五十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

### 46. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

### 47. 培养学生的科学性思维

通过科学性的图表分析引导学生思考，培养学生的科学性思维能力。

### 48. 培养学生的迁移能力

学生能够通过已学习的可压缩流体相关知识进行迁移，对气体可压缩流体进行类比分析，并对老师提出的实例进行有效的解决及应用，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

## 一百五十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 6：**掌握气体射流的概念和规律，具备射流基本计算的能力，对应 OBE 第 4、5 条目标。
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，对应 OBE 第 1、2、3 条目标。
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，对应 OBE 第 12 条目标。

## 一百五十六、课程资源



## 26.课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

## 27.其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

## 28.本节内容补充

《不同湍流模型模拟无限空间淹没圆射流的比较分析》

《燃烧学》 --“燃烧空气动力学” 章节

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

## 29.线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

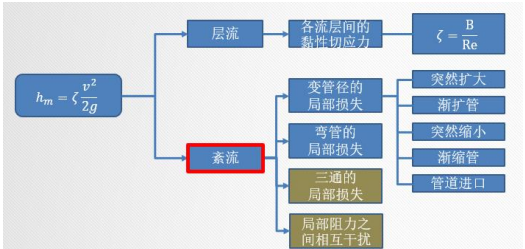
## 30.线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
气体射流
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
本课时无相应课程
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 一百五十七、教学内容与过程

教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 水锤效应	复习内容并调动学生参与课堂教学的主动性。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题：</b> 什么是气体射流？孔口管嘴出流和射流相比有什么差别？ (前测)	以问题调动学生积极性，并锻炼学生发散学生思维。	课堂讨论
主体讲授： 气体射流 (约 10 分钟)	气体射流的分类 圆断面紊流射流结构分析 <b>课程思政</b> 引入角度：科学性思维和科学性方法	通过圆断面紊流射流结构分析来引导学生学习科学思维和科学方法，并通过多媒体技术帮助学生更好的理解。	课堂讲授
主体讲授： 紊流系数 (约 5 分钟)	紊流系数 $\alpha$ 及几何特征 射流半径沿射流的变化规律	通过紊流系数的讲解引导学生自行总结射流半径沿射流的变化规律。	课堂讲授
互动反馈： 运动特征及动力特征 (约 10 分钟)	运动特征 <b>课程思政</b> 引入角度：科学性思维和科学性方法 动力特征	结合已学知识引导学生通过图表总结规律。	课堂讲授 课堂讨论
课堂讲授： 圆断面射流的运动分析 (约 15 分钟)	<b>讨论：</b> 紊流射流应该研究哪些参数的变化规律？ <b>课程思政</b> 引入角度：科学性思维 轴心速度 $v_m$	让学生通过科学性的方法自己分析得出相应参数，并解释原因。	课堂讲授 课堂讨论

	<p>断面流量 <math>Q</math></p> <p>断面平均速度 <math>v_1</math></p> <p>质量平均流速 <math>v_2</math></p> <p>起始段核心长度 <math>s_n</math> 及核心收缩角 <math>\theta</math></p> <p>起始段流量 <math>Q'</math></p> <p>起始段断面平均流速 <math>v_1'</math></p> <p>起始段质量平均流速 <math>v_2'</math></p> <p><i>*几个参数的具体计算方法将在下个学时详细讲解</i></p>		
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p><b>推荐课下阅读文献:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.《不同湍流模型模拟无限空间淹没圆射流的比较分析》</li> <li>2.《燃烧学》--“燃烧空气动力学” 章节</li> <li>3. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 卷吸对射流几何特征的影响?</li> <li>2. 如果气体射流中混入了固体颗粒 (如煤粉), 射流将发生怎样的变化?</li> </ol> <p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 课本 182 页习题 6-2、6-3</p>	<p>课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后续教学方案。学生根据测试结果自行</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>

	<p>提高作业：课本 182 页习题 6-6</p> <p>网络教学平台（优慕课）：章节测试</p> <p>预习任务</p> <p>预习“平面射流”相关内容，并思考与自由射流有什么区别。</p>	<p>通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百五十八、板书设计

<p>科学方法： 提出问题 → 分析问题 → 解决问题（方法）→ 结论</p>
---

## 一百五十九、教学评价

76. 通过学生上课互动效果进行评估；
77. 通过学生课堂练习进行评估；
78. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
79. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
80. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百六十、预习任务及课后作业

### 31. 预习任务

预习“平面射流”相关内容，并思考与自由射流有什么区别。

### 32. 课后作业

思考题：

1. 卷吸对射流几何特征的影响？

2. 如果气体射流中混入了固体颗粒（如煤粉），射流将发生怎样的变化？

课后作业：

统一作业：课本 182 页习题 6-2、6-3

提高作业：课本 182 页习题 6-6

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（十七）

### 一百六十一、主题名称

曲面边界层的分离现象与卡门涡街

*Separation of boundary layer and Karman Vortex Street*

### 一百六十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 一百六十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 57 课时内容，为第八章节重点内容之一。第八章节目前已学习了无旋流动、附面层基本概念，本课时将在附面层基础上拓展至曲面附面层及其附面层分离现象与卡门涡街。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 65. 知识层面

学生已掌握了平板上的层流附面层和紊流附面层的相关规律，本课时课程将其推广到曲面附面层并讲解其附面层分离现象。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

曲面附面层分力（难度：中/学生兴趣：中）

圆柱绕流（难度：中/学生兴趣：高）

附面层的分离（难度：难/学生兴趣：高）

卡门涡街（难度：中/学生兴趣：高）

涡激共振（难度：中/学生兴趣：高）

相关习题（难度：中/学生兴趣：中）

**重点：**附面层分离

**难点：**附面层分离

#### 66. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已具备自主分析解决问题能力，需要继续巩固。

## 67. 情感层面

卡门涡街在生活中十分常见而又易被忽略，学生通过学习本课时知识可以发现身边很多现象可以用卡门涡街来进行解释，对此有较高的兴趣进行学习。

## 68. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经形成了科学的思维方式，本课时将在卡门涡街的发现历程上引导学生的科学性思维和知识应用能力。

# 一百六十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

## 49. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

## 50. 培养学生的科学性思维

通过卡门涡街现象分析引导学生思考。并且通过找寻防治方法培养学生的科学性思维能力。

## 51. 培养学生的迁移能力

学生已学习了附面层理论的相应知识，通过本学时的学习将进行知识迁移，尝试解释曲面附面层分离并提出预防方案，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

# 一百六十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 8：**掌握势函数、流函数、边界层及其分离相关概念和边界层基本理论，具有绕流阻力计算的能力，**对应 OBE 第 4 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 6、8、12 条目标。**

## 一百六十六、课程资源

### 31. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 32. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 33. 本节内容补充

《粘性流体动力学》

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

### 34. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 35. 线上平台

优慕课、智慧树

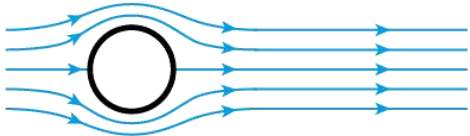
- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
卡门涡街
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
塔科马大桥风毁、卡门及其涡街趣事
- 课后测试及预习前测

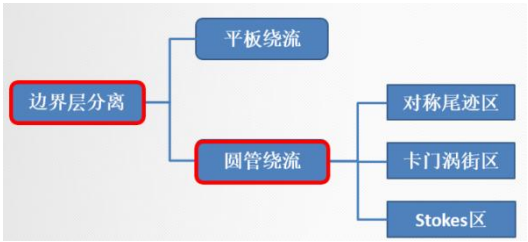


● 论坛答疑及讨论

## 一百六十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 边界层理论	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入：</b> 2020 年广东虎门大桥异常振动事件 1940 年塔科马大桥风毁事件 <b>课程导入问题：</b> 同学们对该事件有什么看法？能否尝试解释该现象？（ <b>前测</b> ）	通过实事调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
互动反馈： 边界层（附面层）分离 (约 10 分钟)	<b>1. 曲面边界层分离（重难点）</b> 平板：平板边界层内不会出现倒流，也就不会发生分离。 曲面：圆柱绕流 正压梯度与逆压梯度 倒流产生—〉边界层明显增厚—〉形成涡结构—〉涡脱体，随着流体向下游运动。 <b>2. 形状阻力</b> 问题：为什么飞机、汽车、潜艇外形要尽量做成流线型？ 箱型车阻力来自前方还是后方？ 高尔夫球光面减阻还是粗糙面减阻？	通过边界层（附面层）理论引导学生分析边界层分离的原理，并根据形状阻力发散扩展，训练学生的思维发散能力和知识迁移能力。	课堂讲授 课堂讨论

<p>主体讲授： 卡门涡街 (约 10 分钟)</p>	<p><b>卡门涡街</b> 边界层分离现象的出现及尾涡区的流图取决于雷诺数</p> $Re_d = \frac{c_\infty d}{\nu}$  <p>Stokes 区 (<math>0 &lt; Re &lt; 4</math>) 对称尾迹区 (<math>4 &lt; Re &lt; 40</math>) 卡门涡街区 (<math>40 &lt; Re &lt; 2.0 \times 10^5</math>)</p> <p>当 <math>Re_d = 90-200</math> 的流动中，背流面旋涡不断的交替生成及脱离开柱体表面，并在尾涡区形成交替排列、旋转方向相反的有规则的两行旋涡，称为卡门涡街。</p> <p>冯·卡门简介 卡门涡街的发现</p> <p><b>课程思政引入角度：</b>观察思考的重要性。 锁定现象 涡激共振</p> <p><b>问题：</b>卡门涡街的产生都是有害的吗？</p> <p><b>课程思政引入角度：</b>辩证分析。 <b>问题：</b>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？</p> <p>(后测 1)</p>	<p>通过对卡门涡街发现过程的讲解，引导学生善于观察、勤于思考、敢于假设。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
-------------------------------------	--	---	----------------------

<p>主体讲授： 桥梁风振及减振措施 (约 15 分钟)</p>	<p>桥梁风振</p> <p>    涡激共振</p> <p>    颤振</p> <p>    驰振</p> <p>    抖振</p> <p>减震措施 (讨论)</p> <p>    空气动力学措施</p> <p>    机械减振措施</p>	<p>使用已学的卡门涡街知识回答大桥风毁的原因，并引导学生提出预防措施。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 5 分钟)</p>	<p>课堂练习 (后测 2)</p> <p>课堂练习为选择题和问答题，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，掌握学生本节课内容掌握情况，对学生掌握薄弱的地方进行补充讲解。</p>	<p>通过问题让学生更深入的理解本节课内容。</p>	<p>课堂讨论</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>  <p>推荐课下阅读文献：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《粘性流体动力学》</li> <li>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p>思考题：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 对于圆柱绕流的边界层分离，当 <math>Re_d &gt; 5 \times 10^5</math> 时，流动将发生怎样的变化？</li> </ol>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>

	<p>2. 理想流体会发生边界层分离吗?</p> <p>3. 为了减少涡激共振对桥梁的影响可以采取哪些措施?</p> <p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 本课时无</p> <p>提高作业: 本课时无</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课):</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“绕流阻力和绕流升力”相关内容, 并思考如何计算悬浮速度。</p>	<p>结果调整后 续教学方案。 学生根据测 试结果自行 通过线上平 台内容查漏 补缺及答疑。</p>	
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百六十八、板书设计

<p>科学方法:</p> <p>提出问题 → 分析问题 → 解决问题</p>
--

## 一百六十九、教学评价

81. 通过学生上课互动效果进行评估;
  82. 通过学生课堂练习进行评估;
  83. 通过学生课后作业完成情况进行评估;
  84. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;
  85. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。
- 整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百七十、预习任务及课后作业

### 33. 预习任务

预习“绕流阻力和绕流升力”相关内容，并思考如何计算悬浮速度。

### 34. 课后作业

思考题：

1. 对于圆柱绕流的边界层分离，当  $Re_d > 5 \times 10^5$  时，流动将发生怎样的变化？
2. 理想流体会发生边界层分离吗？
3. 为了减少涡激共振对桥梁的影响可以采取哪些措施？

课后作业：

统一作业：无

提高作业：无

网络教学平台：章节测试

# 教学设计方案（十八）

## 一百七十一、主题名称

绕流阻力和升力

*Passing flow resistance and lift force*

## 一百七十二、课时数

1 课时，50 分钟

## 一百七十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 58 课时内容，为第八章节重点内容之一。第八章节目前已学习了无旋流动、附面层基本概念以及卡门涡街，本课时将对绕流阻力、升力以及颗粒悬浮速度的计算进行讲解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

### 69. 知识层面

学生已在之前的学习中对阻力系数有了一定了解，本课时课程将对绕流阻力、升力以及颗粒悬浮速度的计算进行详细阐述。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

绕流阻力（难度：中/学生兴趣：中）

斯托克斯公式（难度：中/学生兴趣：高）

悬浮速度（难度：中/学生兴趣：中）

绕流升力（难度：中/学生兴趣：高）

**重点：**绕流阻力、升力的计算

悬浮速度的计算方法

**难点：**无

### 70. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已具备自主分析解决问题能力，需要继续巩固。

### 71. 情感层面

绕流阻力和绕流升力、抓地力在汽车、飞机等交通工具中经常涉及，学生对此有较高的兴趣进行学习。

## 72. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经形成了科学的思维方式，本课时将在斯托克斯公式上引导学生的科学性思维和知识应用能力。

## 一百七十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

### 52. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

### 53. 培养学生的科学性思维

通过斯托克斯公式的衍生问题引导学生思考。并且通过找寻原因培养学生的科学性思维能力。

### 54. 培养学生的迁移能力

学生已学习了附面层理论的相应知识，通过本学时的学习将进行知识迁移，尝试解释汽车抓地力的问题，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

## 一百七十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 8：**掌握势函数、流函数、边界层及其分离相关概念和边界层基本理论，具有绕流阻力计算的能力，**对应 OBE 第 4 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 6、8、12 条目标。**

## 一百七十六、课程资源

### 36. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 37.其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 38.本节内容补充

《不同粒径固体颗粒的悬浮速度计算和测试》

《平板大攻角绕流升力和阻力系数的计算》

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

### 39.线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 40.线上平台

优慕课、智慧树

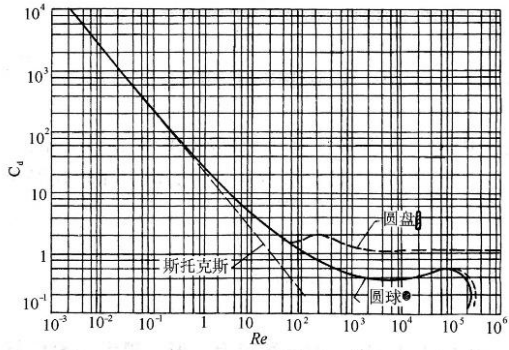
- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
绕流阻力和升力
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
本课时无相应课程
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
天花板上的赛车是怎么回事
- 课后测试及预习前测
- 论坛答疑及讨论

## 一百七十七、教学内容与过程



教学安排 及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 边界层分离 卡门涡街	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题：</b> 如何判定绕流阻力的大小？（前测） 摩擦阻力 形状阻力	通过问题讨论调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
互动反馈： 绕流阻力 (约 10 分钟)	<b>讨论：</b> 汽车外形优化车头还是车尾更加重要？ <b>斯托克斯公式</b> 适用条件 <b><math>C_d</math>-<math>Re</math> 曲线</b> <b>讨论：</b> 为什么圆盘的曲线不同？ <b>思考：</b> $Re \approx 3 \times 10^5$ 后，为什么圆球的 $C_d$ 会突然下降？ <b>课程思政引入角度：</b> 问题思考角度	通过讨论和所学知识迁移及思维发散解决相应问题。	课堂讲授 课堂讨论
主体讲授： 悬浮速度 (约 5 分钟)	<b>悬浮速度的计算（重点）</b> 颗粒受力 悬浮状态方程 $u = \sqrt{\frac{4}{3C_d} \left( \frac{\rho_m - \rho}{\rho} \right) gd}$ 状态分析 <b><math>D+B&gt;G</math> 上升</b> <b><math>D+B&lt;G</math> 下降</b> <b><math>D+B=G</math> 悬浮</b> <b>课程思政引入角度：</b> 科学性思维	通过颗粒悬浮速度的计算培养学生分析解决问题的科学性思维。	课堂讲授

<p>主体讲授： 绕流升力 (约 15 分钟)</p>	<p>绕流升力</p> <p><b>视频引入：飞机起降</b></p> <p>不同攻角下的压强分布</p> <p>飞机起降过程升力的控制</p> <p><b>课程思政引入角度：</b>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><b>知识拓展：抓地力</b></p> <p>天花板上的赛车</p>	<p>引导学生通过观察不断发现飞机起降过程中绕流升力的控制，并通过知识迁移尝试自己解释汽车的抓地力设计。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 10 分钟)</p>	<p>悬浮速度的计算习题</p> <p>1. 计算例题</p> <p>通过悬浮速度计算公式进行案例计算，题目难度中等。</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>	<p>通过例题计算和问题让学生更深入的理解本课时内容。</p>	<p>课堂讨论</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p> <div data-bbox="437 1585 954 1832" data-label="Diagram"> <pre> graph TD     A[绕流阻力] --- B[悬浮速度]     C[浮力] --- B     A --- D[摩擦阻力]     A --- E[形状阻力]     D --- F[斯托克斯公式]     E --- F     G[绕流升力] --- H[机翼]     G --- I[抓地力]   </pre> </div> <p><b>推荐课下阅读文献：</b></p> <p>1.《不同粒径固体颗粒的悬浮速度计算和测试》</p>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

	<p>2.《平板大攻角绕流升力和阻力系数的计算》</p> <p>3. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</p>		
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题:</b></p> <p>1. 汽车外形优化车头还是车尾更加重要?</p> <p>2. <math>Re \approx 3 \times 10^5</math> 后, 为什么圆球的 <math>C_d</math> 会突然下降?</p>  <p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 课本 253 页习题 8-24</p> <p>提高作业: 本课时无</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课):</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“理想气体一元恒定流动的运动方程”相关内容, 并思考实际生活中哪些实例符合相关条件。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百七十八、板书设计

科学方法：

提出问题 → 分析问题 → 解决问题

## 一百七十九、教学评价

86. 通过学生上课互动效果进行评估；
87. 通过学生课堂练习进行评估；
88. 通过学生课后作业完成情况进行评估；
89. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估；
90. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百八十、预习任务及课后作业

### 35. 预习任务

预习“理想气体一元恒定流动的运动方程”相关内容，并思考实际生活中哪些实例符合相关条件。

### 36. 课后作业

思考题：

4. 汽车外形优化车头还是车尾更加重要？
5.  $Re \approx 3 \times 10^5$  后，为什么圆球的  $C_d$  会突然下降？

课后作业：

统一作业：课本 253 页习题 8-24

提高作业：无

网络教学平台：章节测试

## 教学设计方案（十九）

### 一百八十一、主题名称

气体一元恒定流动的连续性方程

*Continuity equation in gas flow*

### 一百八十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 一百八十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 60 课时内容，为第九章重点内容之一。第九章目前已学习了理想气体一元恒定流动的运动方程、以及音速、马赫数等参数，本课时将对气体一元恒定流动的连续性方程进行讲解。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 73. 知识层面

学生已在之前学习了流体伯努利方程以及理想气体一元恒定流动的运动方程，在补充了音速、滞止参数、马赫数等气体动力学参数后，本课时课程将对气体一元恒定流动的连续性方程进行详细阐述。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

气体连续性方程（难度：中/学生兴趣：中）

拉瓦尔喷管（难度：中/学生兴趣：高）

等温管路中的流动（难度：中/学生兴趣：中）

**重点：**气体连续性方程

**难点：**无

#### 74. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已具备自主分析解决问题能力，需要继续巩固。

#### 75. 情感层面

火箭的发射激动人心，从动量定理方面已经进行了力的分析，而动量定理中的速度是如何得到的？本学时将解决这个问题，学生对此有较高的兴趣进行学习。

#### 76. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经形成了科学的思维方式，本课时将在气体连续性方程以及拉瓦尔喷管上引导学生的科学性思维和知识应用能力。

## 一百八十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 55. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 56. 培养学生的科学性思维

通过气流速度与断面关系引导学生思考。并且通过控制变量法培养学生的科学性思维能力。

#### 57. 培养学生的迁移能力

学生已学习了连续性方程的相应知识，通过本学时的学习将进行知识迁移，尝试解释气体的连续性方程以及拉瓦尔喷管，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

## 一百八十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 6、8、12 条目标。**

## 一百八十六、课程资源

### 41. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 42. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 43. 本节内容补充

《拉瓦尔喷管的设计》

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

### 44. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）







### 45. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
拉瓦尔喷管
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
可压缩流体的一元流动（七）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
一元气流基本特性、截面变化对流动的影响
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
本课时无相应课程
- 课后测试及预习前测


● 论坛答疑及讨论

## 一百八十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法																																	
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 音速、滞止参数、马赫数	针对性复习 学生掌握薄弱内容。	课堂讲授																																	
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题：</b> 火箭发射的分析用到动量守恒，里面的速度是如何得到的？（前测）	通过问题讨论调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论																																	
主体讲解： 连续性方程 (约 10 分钟)	<p><b>气体一元恒定流动连续性方程（重点）</b></p> $\frac{dA}{A} = (M^2 - 1) \frac{dv}{v}$ <p><b>气流速度与截面的关系</b></p> <p>亚音速流动、超音速流动规律</p> <p><b>课程思政引入角度：科学性思维</b></p> <table border="1" data-bbox="437 1189 959 1397"> <thead> <tr> <th></th> <th>流向</th> <th>面积A</th> <th>流速v</th> <th>压力p</th> <th>密度ρ</th> <th>单位面积质量流量ρv</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">亚音速流动 M&lt;1</td> <td></td> <td>↑</td> <td>↓</td> <td>↑</td> <td>↑</td> <td>↓</td> </tr> <tr> <td></td> <td>↓</td> <td>↑</td> <td>↓</td> <td>↓</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">超音速流动 M&gt;1</td> <td></td> <td>↑</td> <td>↑</td> <td>↓</td> <td>↓</td> <td>↓</td> </tr> <tr> <td></td> <td>↓</td> <td>↓</td> <td>↑</td> <td>↑</td> <td>↑</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>讨论：</b> M=1 时会是什么情况？</p>		流向	面积A	流速v	压力p	密度ρ	单位面积质量流量ρv	亚音速流动 M<1		↑	↓	↑	↑	↓		↓	↑	↓	↓	↑	超音速流动 M>1		↑	↑	↓	↓	↓		↓	↓	↑	↑	↑	通过常规连续性方程引导学生得出气体一元恒定流动连续性方程，并由控制变量法思维得出气流速度与界面的关系，同时通过所学知识迁移解决 M=1 时的的问题。	课堂讲授 课堂讨论
	流向	面积A	流速v	压力p	密度ρ	单位面积质量流量ρv																														
亚音速流动 M<1		↑	↓	↑	↑	↓																														
		↓	↑	↓	↓	↑																														
超音速流动 M>1		↑	↑	↓	↓	↓																														
		↓	↓	↑	↑	↑																														
主体讲授： 拉瓦尔喷管 (约 10 分钟)	<p><b>问题：</b>如何得到超音速气流？</p> <p><b>拉瓦尔喷管</b></p>  <p><b>问题：</b>拉瓦尔喷管和文丘里管有什么区别？</p>	通过所学知识的迁移组合学习拉瓦尔喷管。并通过问题培养学生知识迁移能力和思维发散能力。	课堂讲授																																	



	<p><b>科学前沿：</b> 矢量喷管</p> <p><b>课程思政</b>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。</p>		
<p>主体讲授： 等温管路中的流动 (约 10 分钟)</p>	<p>等温管路中的流动</p> <p>1. 气体管路运动微分方程</p> $\frac{dp}{\rho} + vdv + \frac{\lambda}{2D} v^2 dl = 0$ <p>2. 管中等温流动</p> $G = \sqrt{\frac{\pi^2 D^5}{16\lambda l R T} (p_1^2 - p_2^2)}$ <p>3. 等温管流的特征</p> $-\frac{dp}{p} = \frac{dv}{v} = \frac{kM^2}{(1 - kM^2)} \cdot \frac{\lambda dl}{2D}$ <p>讨论分析</p> <p><b>课程思政</b>引入角度：科学的思想方法</p>	<p>指导学生通过所学知识自行推导公式，并能够通过科学的思想方法进行分析并得出结论。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>互动反馈 (约 10 分钟)</p>	<p>1. 计算例题</p> <p>等温管路中的流动例题，题目难度中等。</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>	<p>通过例题计算和问题让学生更深入的理解本课时内容。</p>	<p>课堂讨论</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>

	 <p><b>推荐课下阅读文献：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《拉瓦尔喷管的设计》</li> <li>2. Introduction to Fluid Mechanics, William.S. Janna, 4ed, CRC, 2010</li> </ol>		
<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通过气流速度与断面关系的学习，试分析矢量喷管的各状态，将会获得怎样的效果？</li> <li>2. 探究拉瓦尔喷管和文丘里管的区别。</li> </ol> <p><b>课后作业：</b></p> <p>统一作业：本课时无 提高作业：本课时无</p> <p><b>网络教学平台（优慕课）：</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“绝热管路中的流动”相关内容，并思考绝热管路中的流动与等温管路中的流动相比有什么不同。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考，线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况，并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百八十八、板书设计

科学方法:

控制变量法:  $M \rightarrow A, v, p, \rho, \rho v$

## 一百八十九、教学评价

91. 通过学生上课互动效果进行评估;
92. 通过学生课堂练习进行评估;
93. 通过学生课后作业完成情况进行评估;
94. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;
95. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。

整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 一百九十、预习任务及课后作业

### 37. 预习任务

预习“绝热管路中的流动”相关内容，并思考绝热管路中的流动与等温管路中的流动相比有什么不同。

### 38. 课后作业

思考题:

6. 通过气流速度与断面关系的学习，试分析矢量喷管的各状态，将会获得怎样的效果?
7. 探究拉瓦尔喷管和文丘里管的区别。

课后作业:

统一作业: 无

提高作业: 无

网络教学平台: 章节测试

## 教学设计方案（二十）

### 一百九十一、主题名称

模型设计和模型实验

*Model design and model experiment*

### 一百九十二、课时数

1 课时，50 分钟

### 一百九十三、学情分析

本课时为《流体力学》第 62 课时内容，为第十章节重点内容之一。第十章节目前已学习了力学相似性原理，本课时将在所学知识的基础上继续学习相似准数，并结合模型设计和模型实验学习模型律。结合该课程的课程目标，此阶段学生的基本情况如下：

#### 77. 知识层面

学生已在之前的学习中对相似性原理有一定了解，本课时课程将学习相似准数，并通过模型设计和模型试验对模型律进行详细阐述。

**知识点**（附预期难度及预期学生感兴趣程度）：

相似准数（难度：中/学生兴趣：中）

模型实验（难度：中/学生兴趣：高）

模型律（难度：中/学生兴趣：中）

模型设计（难度：中/学生兴趣：高）

**重点：**相似准则数的物理意义及应用、模型律及其应用

**难点：**相似准则数的物理意义、模型律及其应用

#### 78. 技能层面

学生需要通过所学知识能够合理解释及解决生活及工程相关问题，目前学生已具备自主分析解决问题能力，需要继续巩固。

#### 79. 情感层面

学生对于飞机、汽车等的风洞实验在日常生活中常有听说，但是具体如何设计一直没有了解，学生对此有较高的兴趣进行学习。

#### 80. 思维层面

学生通过之前课程的学习，已经形成了科学的思维方式，本课时将在模型律上引导学生的科学性思维和知识应用能力。

## 一百九十四、教学设计的基本思路

本节课的设计思路如下：

#### 58. 培养学生自主学习能力

通过学生兴趣的引导，让学生开放思维，自主搜集相关资料并进行整理。

#### 59. 培养学生的科学性思维

通过模型实验引导学生思考。并且以此培养学生的科学性思维能力。

#### 60. 培养学生的迁移能力

学生已学习了相似性原理和相似准数，通过本学时的学习将进行知识迁移，尝试自己进行模型设计，最终让学生在课下自行解决复杂性问题。

## 一百九十五、教学目标

本节课中涉及到知识、技能、思维三个目标，综合如下（OBE 目标详见《流体力学》课程教学大纲）：

- **达成教学目标 9：**掌握相似原理基本概念和主要模型律（欧拉模型律、弗诺德模型律、雷诺模型律）的概念及应用，具备模型实验设计的能力，**对应 OBE 第 4、5 条目标。**
- **达成教学目标 10：**掌握流体力学的基本概念、原理、方法和思想，能够定性分析生活中和工程上的流体力学问题，**对应 OBE 第 1、2、3 条目标。**
- 学生能够运用所学知识分析、研究、解决复杂工程问题，并获得有效结论；遵守职业规范；培养自主学习，终身学习能力，**对应 OBE 第 6、8、12 条目标。**

## 一百九十六、课程资源

### 46. 课本

《流体力学泵与风机（第五版）》 蔡增基等，北京：中国建筑工业出版社

### 47. 其他参考书目

《流体力学》 张兆顺，崔桂香，北京：清华大学出版社

《流体力学基础》 王致清，北京：高等教育出版社

《流体力学学习辅导与习题精解》 蔡增基，北京：中国建筑工业出版社

《Prandtl's Essentials of Fluid Mechanics》 Springer -Verlag

### 48. 本节内容补充

《相似准则在管流摩阻系数测试中的应用》

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

### 49. 线下平台

雨课堂（课堂）、流体力学习题 APP（课后）

### 50. 线上平台

优慕课、智慧树

- 教学内容文本阅读及知识点拓展
- 名师讲堂（慕课）
  - 自制慕课：  
相似准数与模型律
  - 超星平台（优慕课平台外链）：赵汉中《工程流体力学》  
量纲分析与相似原理（四）
  - 中国大学 MOOC（优慕课平台外链）：北京理工大学《工程流体力学》  
相似准则
  - 智慧树平台：《流动美鉴赏与哲学科学启示》  
本课时暂无相应课程
- 课后测试及预习前测

● 论坛答疑及讨论

## 一百九十七、教学内容与过程

教学安排及教学用时	教学内容提要	教学思路	教学方法
主体讲授 (约 2 分钟)	重点内容回顾 相似现象 几何相似、运动相似、动力相似	针对性复习并调动学生参与课堂积极性。	课堂讲授
课堂导入 (约 3 分钟)	<b>课程导入问题：</b> 怎样才能称之为相似？ (前测) 相似准则	通过问题讨论调动学生参与课堂教学的主动性，引发学生的学习兴趣。	课堂讨论
主体讲授： 相似准数 (约 15 分钟)	1. 由动力相似的定义推导相似准则 (重点) Eu 数 (欧拉数) Fr 数 (弗诺德数) Re 数 (雷诺数) M 数 (马赫数) 2. 由运动微分方程式推导相似准数 L、V、P 定性量 Eu 数、Fr 数、Re 数、M 数 <b>讨论：</b> 两种不同方法的对立与统一 相似第二定律 $Eu = f(Fr, Re)$ <b>课程思政引入角度：</b> 对立与统一	通过动力相似和运动相似两种办法分别得到各相似准数，以及各准数间的内在关系。	课堂讲授 课堂讨论
互动反馈： 模型实验 (约 10 分钟)	<b>问题导入及讨论：</b> 为什么要做模型实验？有什么意义？(前测) 模型实验的意义 汽车风洞实验	通过模型实验让学生了解其意义并理解风洞和水洞实验的方法。	课堂讲授 课堂讨论

	<p><b>课程思政</b>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>主体讲授： 模型设计 (约 15 分钟)</p>	<p><b>问题：</b>该模型实验应该如何设计？</p> <p>1. 确定<b>模型律</b>（重点） 应该怎样选用准则数 Re、Fr、Eu、Ar、St、M</p> <p>2. 初估长度比尺 <math display="block">Re_m(\text{模型}) = Re_p(\text{原型})</math> 计算<b>速度比尺</b>和<b>力比尺</b></p> <p>3. 计算原车车顶速度 计算原车阻力</p> <p><b>课程思政</b>引入角度：科学的思想方法 <b>知识迁移&amp;科学前沿：</b> <b>思考：</b>10-30 马赫如何设计模型？</p>	<p>通过模型实验案例进行引导式教学，让学生通过实际案例更易了解模型的设计过程以及思想方法，并在后续进行推广迁移。</p>	<p>课堂讲授 课堂讨论</p>
<p>课程总结 (约 3 分钟)</p>	<p>快速梳理本次课程内容并强调重点掌握知识点，预留时间进行学生提问答疑。</p> <div data-bbox="438 1411 981 1590" data-label="Diagram"> <pre> graph LR     A[模型实验] --&gt; D[模型设计]     B[案例] --&gt; D     D --&gt; C[确定模型律]     D --&gt; E[确定比尺]     D --&gt; F[计算参数]     style C stroke:#f00,stroke-width:2px   </pre> </div> <p><b>推荐课下阅读文献：</b></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>	<p>通过对课程的回顾让学生对本节课程内容有整体认识。并根据自己兴趣课后进行拓展学习。</p>	<p>课堂讲授</p>



<p>布置作业 (约 2 分钟)</p>	<p><b>思考题:</b></p> <p>1. 10-30 马赫速度应如何设计模型?</p> <p>2. 选取相似准则数时还应考虑哪些因素?</p> <p><b>课后作业:</b></p> <p>统一作业: 课本 289 页习题 10-1</p> <p>提高作业: 课本 289 页习题 10-4</p> <p><b>网络教学平台 (优慕课):</b> 章节测试</p> <p><b>预习任务</b></p> <p>预习“因次分析法”相关内容, 并尝试自己写出流体力学一些参数的因次数。</p>	<p>课后自主学习并迁移思考, 线上平台完成测试帮助了解学生对内容掌握情况, 并根据结果调整后继续教学方案。学生根据测试结果自行通过线上平台内容查漏补缺及答疑。</p>	<p>课堂讲授 自主学习</p>
<p>教学用时合计</p>		<p>50 分钟</p>	

## 一百九十八、板书设计

<p>科学方法:</p> <p>提出问题 → 分析问题 → 方案设计</p>
--

## 一百九十九、教学评价

96. 通过学生上课互动效果进行评估;
  97. 通过学生课堂练习进行评估;
  98. 通过学生课后作业完成情况进行评估;
  99. 通过网络教学平台课后测试系统进行评估;
  100. 通过网络教学平台线上论坛问题以及线下答疑进行评估。
- 整体过程性评价评分标准详见《流体力学》课程教学大纲。

## 二百、预习任务及课后作业

### 39. 预习任务

预习“因次分析法”相关内容，并尝试自己写出流体力学一些参数的因次数。

### 40. 课后作业

思考题：

1. 10-30 马赫速度应如何设计模型？
2. 选取相似准则数时还应考虑哪些因素？

课后作业：

统一作业：课本 289 页习题 10-1

提高作业：课本 289 页习题 10-4

网络教学平台：章节测试