

水力学教学大纲

(试行草案)

高等工业学校本科五年制给水排水、铁道工程、
公路与城市道路、桥梁与隧道等专业适用

(100 学时)

(内部发行)

人民教育出版社

代号 05

本教学大纲系由同济大学水力水文教学研究室提出初稿，經高等工业学校力学課程教材編审委员会水力学課程教材編审小組审訂，又于 1962 年 5 月高等工业学校教学工作會議上复审定稿。

审訂人：夏震寰、李士豪、吳之治、梁永康
江宏俊、吳持恭、范治論
徐正凡(列席) 蔣觉先(列席)

复审人：夏震寰、張瑞瑾、吳之治、吳持恭

(一)緒 論

1. 水力学的定义和任务。本課程在专业培养中的地位和作用。
2. 水力学发展簡史。水力学的发展方向。
3. 水力学的研究方法。
4. 液体作为連續介质的概念。
5. 液体的主要物理性质。液体的內摩擦定律。理想液体的概念。
6. 作用于液体的力。

(二)水靜力学

1. 靜水压力及其特性。
2. 液体的平衡微分方程及其积分。在重力和其他质量力同时作用下的液体平衡問題的簡介。在重力作用下的水靜力学基本方程。靜水压力分布图。巴斯加定律。
3. 绝对压力和相对压力。真空。水头。測量压力的仪器。
4. 作用在平面上的靜水总压力。压力中心。靜水压力图解法。
5. 作用在曲面上的靜水总压力及其水平和垂直分力。压力体。
6. 阿基米德原理。浮体的穩定。

(三)水动力学理論基础

1. 研究液体运动的两种方法：拉格朗日法和欧拉法。

2. 恒定流和非恒定流。迹綫和流綫。元流。过水断面。流速。流量。

3. 元流的連續性方程。

4. 不可壓縮液体的連續性微分方程。

5. 理想液体的运动方程(欧拉方程)。

6. 理想液体和实际液体元流的能量方程(伯努利方程)及其几何意义和物理意义。总水头綫及其坡度。测压管水头綫及其坡度。

7. 总流。平均流速。总流的連續性方程。

8. 渐变流的定义及特性。动量校正系数和动能校正系数。

9. 总流的能量方程(伯努利方程)及其应用条件和举例。

10. 动量方程及其应用。

11. 水流运动的相似理論基础: 几何相似, 运动相似, 动力相似, 牛頓数, 雷諾数, 佛汝德数。

(四)水流阻力和水头损失

1. 有压流和无压流。水流阻力和水头损失的两种形式: 沿程阻力和沿程水头损失, 局部阻力和局部水头损失。过水断面上的水力要素。

2. 均匀流的基本方程。

3. 实际液体运动的两种流态: 层流和紊流。雷諾試驗。临界雷諾数。

4. 圆管中的液体层流运动。流速分布規律。水力坡度和平均流速的关系。沿程阻力系数和雷諾数的关系。

5. 液体的紊流运动。运动要素的脉动值和时均值。紊流阻力。动量傳遞理論和混合长度。边界层和层流底层。水力光滑和水力粗糙。紊流运动时均流速的分布。

6. 沿程水头损失的基本计算公式: 达西公式和謝才公式。沿程阻力系数 λ 的变化规律和尼古拉兹、蔡克士大試驗。确定沿程阻力系数 λ 和謝才系数 C 的公式。粗糙系数 n 。

7. 局部水头损失。边界层的分离现象。圓管中突然扩大的水头损失。确定局部水头损失的一般公式。

8. 水头损失的叠加。

(五)管 流

1. 长管和短管的概念。

2. 短管的水力計算: 虹吸管和水泵吸水管的水力計算。总水头綫和测压管水头綫的繪制。

3. 长管的水力計算的基本公式。流量模数。简单管路、串联管路、并联管路和沿程均匀泄流管路的水力計算。分支管网和閉合管网的水力計算基础。調节水塔的水力計算。

4. 水击现象。直接水击及其計算。間接水击簡介。

(六)孔口和管嘴出流

1. 液体經過薄壁小孔口的恒定出流。孔口出流的基本計算公式。阻力系数和流速系数。收縮系数。流量系数。淹沒出流。大孔口出流。

2. 液体經過圓柱形外管嘴的恒定出流。管嘴出流的基本計算公式。其他类型管嘴出流的特征及流速系数和流量系数。

3. 孔口的非恒定出流。

4. 自由射流。淹沒射流簡介。

(七)明渠均匀流

1. 明渠均匀流的水力特征和基本計算公式。正常水深。粗糙系数 n 值的确定。梯形渠道的水力最佳断面。允許流速。明渠均

勻流水力計算的基本問題。

2. 复式断面渠道的水力計算。断面上粗糙系数不同时渠道的水力計算。不滿流管道的水力計算。

(八)明渠非均匀流

1. 基本概念: 棱柱形渠道 和 非棱柱形渠道, 断面单位能量, 临界水深, 急流、緩流和临界流。

2. 水跃現象。平底棱柱形渠道中水跃的基本方程。水跃函数。共軛水深。水跃长度。水跃的能量損失。

3. 棱柱形渠道中恒定漸变流的基本方程。棱柱形渠道中恒定漸变流水面曲綫的分析。渠道底坡变化时水面曲綫的連接。棱柱形渠道。恒定漸变流微分方程的积分, 水力指数法。水面曲綫的繪制。

4. 天然河道水面曲綫的繪制——直接求和法。

(九)閘、堰出流及水工建筑物下游的水流銜接

1. 堰的定义和分类。堰流的基本計算公式和流量系数。側收縮和下游水位对堰流的影响。

2. 薄壁堰。矩形薄壁堰的自由出流和淹沒出流。三角堰和梯形堰。

3. 实用堰。真空和非真空断面的概念。流量系数。側收縮的影响。

4. 寬頂堰。水流現象和計算公式。側收縮和下游水位的影响。寬頂堰理論在計算小型桥孔和无压涵管时的应用。

5. 側堰簡介。

6. 水工建筑物下游的水流銜接和消能。收縮断面及其水深的确定。主要銜接形式簡介。消能概述。消力池和消力牆的水力計算。

7. 閘下的自由泄流。閘下的淹沒泄流簡介。

8. 跌水和陡槽的水力計算簡介。

(十) 渗 流

1. 渗流現象。渗流基本定律及其應用範圍。渗流係數。
2. 均勻渗流。恒定、漸變渗流的微分方程和浸潤曲線的繪制。
3. 集水廊的水力計算。普通井、自流井、大口井和基坑集水。井群集水的基本原理及水力計算。
4. 土壤的渗流知識簡介。
5. 流網原理及其在渗流中的應用。電擬法簡介。
6. 紊動渗流。渗水堤的水力計算。

二、習題及作業

課 程 內 容	課內習題數	課外習題數
緒論		
水靜力學	6	10~15
水動力學理論基礎	3	10~15
水流阻力和水頭損失	6	8~12
管流	3	8~12
孔口和管嘴出流		5~10
明渠均勻流	3	5~8
明渠非均勻流	6	6~10
閘壩出流及水工建築物下游的水流銜接	5	8~13
滲流	3	5~10
小 計	35	65~105
總 計	100~140	

三、实验项目

1. 静水压力实验。
2. 能量方程实验。
3. 文丘里管实验。
4. 圆管中液体流态实验的表演。
5. 管路中沿程阻力实验。
6. 管路中局部阻力实验。
7. 孔口出流实验的表演。
8. 堰流实验。
9. 上、下游水流衔接及水跃实验的表演。
10. 渗流实验。

四、推荐教材

1. 唐山铁道学院水力学教研组编：“水力学”上、下册，人民教育出版社，1961年。
2. 同济大学水力水文教研组编：“水力学水泵”，中国工业出版社，1961年。
3. 南京工学院水力学教研组编：“水力学及水文学”，中国工业出版社，1961年。

附:

水力学教学大纲说明书

一、本课程的性质与任务

水力学是给水排水、铁道工程、公路与城市道路、桥梁与隧道等专业的主要技术基础课程之一。它的任务是通过各种教学环节,使学生掌握水力学的基本理论、水力计算方法和水力学实验的基本操作技能,为学好专业课和以后从事专业工作中解决有关水力学问题及进一步钻研打下基础。

二、本课程的基本要求

学生学完本门课程后,应达到下列基本要求:

1. 会正确和较熟练的计算作用在平面和曲面上的静水压力(压力的分布、大小和作用点)。

2. 能正确理解恒定总流的连续性方程、运动方程、能量方程及动量方程,并能运用这些方程去分析计算与专业有关的一般简单水流问题。

3. 对与专业有关的一般水流问题能判别其类型,如:恒定或非恒定,均匀或非均匀,急流或缓流,层流或紊流,阻力平方区或过渡区等。

4. 了解在不同流态下,产生水头损失的原因、水头损失的表示方法、影响阻力系数的因素及确定阻力系数的途径和方法。

5. 对专业中与压力管流和明渠恒定流有关的一般水力学问题,会正确的进行分析与计算。

6. 对专业中与閘、堰及小桥涵有关的一般水力学問題，有进行分析和計算的能力。

7. 能正确地掌握有关井、井群和集水廊道的滲流計算的基本方法。

8. 初步掌握水力学实验的基本操作技能。

三、本課程与其他有关課程的联系和分工

与本課程有关的先修課程是高等数学、普通物理学、理論力学。

与本課程有关的专业課程及其他課程，主要是給水工程、排水工程、水文学、水工建筑物、水文地质和工程地质、土力学、桥位設計、水泵、铁道建筑等。

本課程闡明与专业有关的水流現象、基本規律以及在典型情况下的水力学的处理原則和計算方法。

在本課程中，只限于說明紊流和层流运动的基本理論，至于在混凝沉淀等中的应用，則在給水工程等課程中讲授。

在本課程中，要讲授簡單分支管网的水力計算和閉合管网的水力特征，而管网設計則可在給水工程等課程中讲授。

在本課程中，只讲授堰流的基本計算公式及其应用，而实用堰的断面輪廓設計等則可由水工建筑物等有关課程来介紹。

本課程通过簡單而典型的例子，說明寬頂堰理論在小桥涵設計中的应用，而大桥涵的水力計算則在桥位設計等課程中讲授。

在本課程中，用水力学的方法讲解流网原理和繪制的主要步驟，至于水工建筑物的边墩繞流、土壤滑坡等問題則不作介紹。

四、各章内容的重点、深度和广度

(一) 緒 論

1. 发展簡史着重讲述水力学和生产发展的关系。
2. 关于液体的主要物理性质，只要从水力学角度加以說明即可。粘滯性的物理成因无需讲解，但液体的內摩擦定律的建立条件及适用范围要讲清楚。
3. 在讲解理想液体的概念时，应說明建立这个概念的必要性和在水力学中的意义。

(二) 水静力学

1. 液体平衡微分方程的建立条件及物理意义应交代清楚。
2. 静水压力的分布規律，要有图示說明。静水压力的計算要重点讲授。
3. 水头、真空等概念要讲清楚。測量压力的仪器可通过实验及习题課来介紹。
4. 作用在平面上的静水总压力的計算(包括大小，方向和作用点)是一个重点，解析法和图解法都要讲。
5. 作用在曲面上的静水总压力計算，着重总压力分量的求法。
6. 浮体的稳定只要提出稳定的概念及原則，不必推导定傾半徑的公式。

(三) 水动力学理論基础

1. 对理想液体运动方程的建立，要讲清楚建立条件及物理意义。

2. 总流的連續性方程、能量方程及动量方程是本章的重点, 这些方程的建立条件及物理意义要讲透。

3. 渐变流的定义及特性要讲清楚。

4. 总流的能量方程的应用一节, 要讲解二、三个例子, 同时說明应用条件和指出选取基准面及断面的原則。

5. 动量方程及其应用的介紹可簡略一些。

6. 水流运动的力学相似的条件和准則要讲清楚, 雷諾数及佛汝德数的物理意义也要讲解, 且可附帶說明模型試驗的設計原則和方法。

(四) 水流阻力和水头損失

1. 液流两种形态的特征, 水流阻力和水头損失的确定是本章的中心內容。

2. 从雷諾試驗說明两种流态的存在, 并着重指出流态对水流阻力的关系。

3. 在圆管中的液体层流运动一节中, 应說明层流中产生水流阻力的原因、阻力系数与雷諾数的关系、水头損失与平均流速的关系, 而不以数学推导为主。

4. 关于紊流的一些概念, 如脉动和时均值、动量的傳遞、水力光滑和水力粗糙等着重說明物理概念。同时, 提出由混合长度建立的紊流阻力的表示式。对流速分布則不必推导其計算公式。

5. 通过尼古拉茲等試驗成果, 說明阻力系数 λ 的变化規律。对計算 λ 及 C 的典型公式的适用范围和合理性, 可作簡要的分析 and 說明。

6. 边界层只讲一般概念, 不讲数学公式。但边界层的分离現象对局部阻力的关系应予說明。

(五)管 流

1. 讲解短管的自由出流及淹没出流时，要繪制测压管水头綫及总水头綫，以巩固学生对水头損失的概念。

2. 在閉合管网一节中，只要說明节点流量总和为零和任一封閉管环的水头損失总和为零的特点即可。

3. 只对給水排水专业讲授調节水塔的水力計算(可讲两水塔、三水塔問題或其他較复杂的情形)。

4. 间接水击只需介紹一般概念，不讲水击現象的茹科夫斯基方程組。

5. 除給水排水专业外，不讲沿程均匀泄流管路。

(六)孔口和管嘴出流

1. 恒定的小孔口出流及圓柱形外管嘴出流是本章主要内容，其他类型的管嘴不必詳細讲解。

2. 自由射流只讲垂直射流的密实部分高度的求法，而傾斜射流只作簡單介紹。

(七)明渠均匀流

1. 明渠均匀流的水力計算是本章重点。

2. 不滿流管道的水力計算，可以圓形断面为典型例子，其他形式的断面不必詳細讲解，只要介紹有关图表即可。

3. 断面上粗糙系数不同时渠道的水力計算不必詳細讲解，也可指定学生自学。

(八)明渠非均匀流

1. 断面单位能量、临界水深、急流、緩流等概念要讲透。

2. 明渠非均匀流水面曲线的分析和繪制是本章的重要内容之一。讲解时只要重点分析几条曲线,其他的就不必詳細分析,提出結論即可。

3. 渠道底坡变化时水面曲线的连接一节可通过习题課来介紹。

4. 天然河道水面曲线的繪制只讲直接求和法。

5. 水跃一节中着重讲解平底棱柱形渠道中的水跃, 其他各种形式的水跃可以不讲。

(九) 閘、堰出流及水工建筑物下游的水流銜接

1. 实用堰的剖面輪廓設計不讲。

2. 寬頂堰理論只介紹一种即可。本节着重讲清楚寬頂堰的理論在小桥涵設計中的应用。

3. 側堰簡介除給水排水专业外可以不讲。

4. 閘下泄流着重讲自由泄流, 淹沒泄流的公式不必推导。

(十) 渗 流

1. 集水建筑物的渗流計算是本章的重点。

2. 流网原理用水力学方法来闡述。

3. 对給水排水专业可不讲紊动渗流和渗水堤的水力計算。

五、习题、作业和习题課的要求

通过习题課和課外的习题、作业, 应达到下列要求:

1. 培养学生具有解决与专业有关的一般水力学問題的能力。

2. 使学生巩固和加深对基本理論的認識。

3. 訓練学生能够熟练地运用計算尺及輔助計算图表。

4. 培养学生具有良好的工程計算习惯。习题和作业必須按质按量和及时完成, 并且要做到正确、整洁。

为提高和保证习题課和課外习题、作业的质量, 需要注意下列几方面:

1. 习题課应根据教学大綱的要求, 有计划的进行, 与讲课、实验課密切配合。

2. 課内外学时数之比例約为 1:1.5。要求学生在課内、外完成的习题数可控制在 100~140 个之間, 且对不同的学生可提出不同的要求。

3. 题目要精选, 且有明确的目的性。习题的性质和种类应当是多方面的: 概念性的、思考討論性的、培养数字計算能力的、提高解决与水力学有关的一般工程問題能力的等。

4. 避免把习题課形成变相的讲课。习题課应当在学生自学的基础上进行, 逐步地由淺入深, 形式可以多样化。

5. 在学生完成习题課的习题后, 教师可进行簡明扼要的总结。

六、实验的要求

通过实验应达到下列要求:

1. 使学生对水流現象具有較深刻的感性知識, 并巩固和加深对水流規律的認識。

2. 使学生初步掌握水力学实验中的量测压力、水位、流量等基本操作技能。

3. 使学生初步具有整理、分析水力学实验数据和成果的能力, 并能写出实验报告。

4. 培养学生实事求是的科学作风。

各次实验的主要内容及要求如下:

1. 静水压力实验: 验证在重力作用下的水静力学基本方程, 测定空间固定点的静水压力。

2. 能量方程实验: 验证能量方程, 观察压能、动能和位能相互转换的关系, 绘制测压管水头线和总水头线。

3. 文丘里管实验: 验证能量方程, 测定流量系数。

4. 圆管中液体流态实验的表演: 观测层流和紊流运动及其转化的特征。

5. 管路中沿程阻力实验: 测定沿程阻力系数 λ 。

6. 管路中局部阻力实验: 测定局部阻力系数 ζ 。

7. 孔口出流实验的表演: 观察孔口出流现象, 介绍测定圆形小孔口的收缩系数和流量系数的方法。

8. 堰流实验: 测定堰的流量系数, 观察和分析宽顶堰的水流现象及淹没的影响。

9. 上、下游水流衔接及水跃实验的表演: 观测水跃现象, 并分析淹没对水跃的影响和消能建筑物对水流的影响。

10. 渗流实验: 用电拟法绘制流网。

上列实验项目中, 除第 3、7 两次外, 都是必须进行的和完成的项目。如有其他更能提高教学质量的实验来代替, 则第 3、7 两次实验可以不做。

为提高实验质量, 需要注意下列几个方面:

1. 实验课前要求学生有适当的预习, 以便正确了解实验的目的、要求、特点和主要操作步骤。

2. 实验时要求学生认真操作, 并在教师指导下, 观察和分析水流现象。

3. 实验报告要按质、按量和及时完成。对所得数据和成果要有分析, 并做到文字通顺, 图表整洁。

七、学时分配的建議

課 程 內 容	講課 学时	习题課 学 时	实验課 (括号的数字表 示实验的序号) 学时
緒論	2		
水靜力学	6	4	4(1, 2, 3, 4)
水动力学理論基础	9	6	
水流阻力和水头損失	7		4(5, 6, 7)
管流	6	2	
孔口和管嘴的出流	3		
明渠均匀流	3	2	
明渠非均匀流	7	4	
閘、堰出流及水工建筑物下游的水流銜接	8	4	2(8, 9)
滲流	7	2	2(10)
共 計	58	24	12
机 动 学 时	6		
总 学 时	100		

机动時間供教师灵活掌握。习题課和实验課的学时不宜压缩。