

函授大学教材



水力学

武汉水利电力学院 胡重民 王真真 杨明襄 编



函授大学教材

水 力 学

武汉水利电力学院 胡重民 王真真 杨明襄 编

水利电力出版社

前 言

本书根据高等学校水利类专业本科的水力学教学大纲编写，以讲义形式经几届本科函授试用后，修订而成的。

本书包括绪论、水静力学、恒定总流基本原理、液体运动微分方程、层流和紊流、水流阻力和水头损失、有压管道恒定流、明槽恒定均匀流、明槽恒定非均匀流、管槽非恒定流、堰流及闸孔出流、泄水建筑物下游的水流衔接和消能、渗流、量纲分析和相似原理等。

编写过程中，力图贯彻理论联系实际和便于自学的原则；力求精选内容，循序渐进，启发学生的思考能力；注意吸收国内外水力学和流体力学教材中的长处。书中配有较多的例题，并试编了学习指导、小结、自我检查思考题和习题，还列有参考文献。希望这将有助于同学们学习各章的内容，而不致束缚学习的主动性和创造性。凡属于扩宽或加深知识的内容，以·标记。

本书编写过程中，得到武汉水利电力学院继续教育中心、函授部及河流工程系水力学教研室的大力支持和帮助。全书承蒙郑邦民教授主审，仔细审阅了全部手稿，徐正凡教授和刘忠潮教授审阅了部分章节，提出了许多宝贵意见和建议，编者谨此诚表衷心的感谢。使用过原编讲义的老师也给予了许多有益的帮助，在此一并致谢。

参加本书编写工作的有：胡重民（绪论、第四章、第五章、第七章、第十二章），王真真（第二章、第三章、第九章、第十章、第十三章），杨明襄（第一章、第六章、第八章、第十一章），全书由胡重民统稿。

限于编者的学识水平和经验，本书无论在内容或适合函授教育特点方面，缺点和欠妥之处在所难免，恳切希望能得到有关专家和读者的批评指正。

编 者

1989年7月

内 容 提 要

本书可作为高等学校水利类专业本科函授教材。书中系统地阐述了水力学的理论基础、基本应用和某些专门课题。全书共计十四章。包括：绪论、水静力学、恒定总流基本原理、液体运动微分方程、层流和紊流、水流阻力和水头损失、有压管道恒定流、明槽恒定均匀流、明槽恒定非均匀流、管槽非恒定流、堰流及闸孔出流、泄水建筑物下游的衔接和消能、渗流、量纲分析和相似原理等。

本书着重阐述基本概念，为方便自学，配有较多的例题，各章附有学习指导、小结、自我检查思考题和习题。

本书亦可作为成人高考自学教材及工程技术人员参考之用。

目 录

前 言

水力学(函授)学习方法指导	(1)
---------------------	-------

绪 论	(5)
-----------	-------

学习指导	(5)
------------	-------

本章的重点	(5)
-------------	-------

第一节 水力学的任务和发展概况	(6)
-----------------------	-------

第二节 液体的主要物理性质	(10)
---------------------	--------

第三节 作用于液体上的力	(21)
--------------------	--------

第四节 水力学的研究方法	(22)
--------------------	--------

小 结	(23)
-----------	--------

自我检查思考题	(23)
---------------	--------

习 题	(24)
-----------	--------

第一章 水静力学	(26)
----------------	--------

学习指导	(26)
------------	--------

本章的重点	(27)
-------------	--------

第一节 静水压强及其特性	(27)
--------------------	--------

第二节 液体平衡的微分方程式及其积分	(30)
--------------------------	--------

第三节 重力作用下的液体平衡	(34)
----------------------	--------

第四节 液体的相对平衡	(41)
-------------------	--------

第五节 平面上的静水总压力	(45)
---------------------	--------

第六节 作用于曲面上的静水总压力	(53)
------------------------	--------

第七节 浮力和潜体及浮体的稳定	(57)
-----------------------	--------

小 结	(62)
-----------	--------

自我检查思考题	(64)
---------------	--------

习 题	(65)
-----------	--------

第二章 恒定总流基本原理	(71)
--------------------	--------

学习指导	(71)
------------	--------

本章的重点	(71)
-------------	--------

第一节 概述	(72)
--------------	--------

第二节 描述液体运动的两种方法	(72)
-----------------------	--------

第三节 元流、总流、流量与断面平均流速	(78)
---------------------------	--------

第四节 恒定总流的连续性方程	(80)
----------------------	--------

第五节 理想液体运动的微分方程式及其积分	(82)
----------------------------	--------

第六节 实际液体恒定总流的能量方程	(88)
-------------------------	--------

第七节 空化(气穴)现象和空蚀(气蚀)问题简介	(100)
-------------------------------	---------

第八节 实际液体恒定总流的动量方程	(101)
-------------------------	---------

第九节 恒定总流的动量矩方程.....	(107)
小 结.....	(108)
自我检查思考题.....	(109)
习 题.....	(112)
第三章 液体运动的微分方程.....	(120)
学习指导.....	(120)
本章的重点.....	(120)
第一节 液体微团运动的基本形式.....	(121)
第二节 无涡流(无旋流)和有涡流(有旋流).....	(126)
第三节 液流的连续性微分方程.....	(130)
第四节 实际液体(粘性液体)运动的微分方程.....	(132)
第五节 恒定平面势流.....	(137)
小 结.....	(149)
自我检查思考题.....	(152)
习 题.....	(152)
第四章 层流和紊流.....	(154)
学习指导.....	(154)
本章的重点.....	(154)
第一节 实际液体运动的两种型态——层流和紊流.....	(155)
第二节 紊流的形成和流态转变过程的物理本质.....	(160)
第三节 恒定均匀流水力坡度与切应力的关系.....	(163)
第四节 层流运动.....	(166)
第五节 紊流的基本概念.....	(175)
第六节 紊流基本方程.....	(194)
第七节 紊流的半经验理论.....	(197)
第八节 紊流时均流速分布.....	(203)
第九节 紊流扩散的基本方程.....	(212)
自我检查思考题.....	(222)
习 题.....	(223)
第五章 水流阻力和水头损失.....	(226)
学习指导.....	(226)
本章的重点.....	(226)
第一节 液流边界层及其分离现象.....	(227)
第二节 水流阻力和水头损失.....	(233)
第三节 均匀流沿程水头损失一般表达式和舍齐公式.....	(238)
第四节 沿程阻力系数和舍齐系数.....	(240)
第五节 局部水头损失.....	(253)
小 结.....	(260)
自我检查思考题.....	(263)
习 题.....	(263)
第六章 有压管道恒定流.....	(265)

学习指导.....	(265)
本章的重点.....	(265)
第一节 概述.....	(265)
第二节 简单管道的水力计算.....	(266)
第三节 有压管流压强的沿程分布和测压管水头线的绘制.....	(284)
第四节 复杂管道的水力计算.....	(289)
小 结.....	(298)
自我检查思考题.....	(299)
习 题.....	(301)
第七章 明槽恒定均匀流	(307)
学习指导.....	(307)
本章的重点.....	(307)
第一节 概述.....	(307)
第二节 明槽均匀流的特性及形成条件.....	(311)
第三节 明槽恒定均匀流的基本公式.....	(313)
第四节 明槽水力计算的几个问题.....	(315)
第五节 明槽均匀流水力计算.....	(325)
第六节 湿周各部分糙率不同的明槽和复式断面明槽的水力计算	(334)
小 结.....	(340)
自我检查思考题.....	(341)
习 题.....	(342)
第八章 明槽恒定非均匀流	(344)
学习指导.....	(344)
本章的重点.....	(345)
第一节 明槽水流流态及其判别.....	(345)
第二节 明槽恒定非均匀渐变流基本微分方程.....	(362)
第三节 棱柱形明槽中恒定非均匀渐变流水面曲线的分析.....	(365)
第四节 明槽恒定非均匀渐变流水面线的计算.....	(381)
第五节 天然河道水面曲线计算.....	(390)
第六节 明槽恒定急变流.....	(404)
小 结.....	(419)
自我检查思考题.....	(421)
习 题.....	(422)
第九章 管槽非恒定流	(427)
学习指导.....	(427)
本章的重点.....	(427)
第一节 概述.....	(427)
第二节 一维非恒定流的基本方程组.....	(428)
第三节 阀门突然关闭时有压管道中的水击.....	(430)
第四节 水击基本微分方程组及水击计算简介.....	(441)
第五节 水击计算的解析法.....	(444)

第六节 减小水击压强的方法.....	(452)
第七节 明槽非恒定流的特性及波的分类.....	(453)
第八节 明槽一维非恒定渐变流的基本方程组及解法简介.....	(456)
第九节 用特征线法求解明槽非恒定流.....	(460)
小 结.....	(467)
自我检查思考题.....	(468)
习 题.....	(469)
第十章 堰流及闸孔出流.....	(471)
学习指导.....	(471)
本章的重点.....	(471)
第一节 概述.....	(471)
第二节 薄壁堰流.....	(475)
第三节 实用堰流.....	(478)
第四节 宽顶堰流.....	(486)
第五节 闸孔出流.....	(492)
小 结.....	(499)
自我检查思考题.....	(500)
习 题.....	(502)
第十一章 泄水建筑物下游的水流衔接与消能.....	(506)
学习指导.....	(506)
本章的重点.....	(506)
第一节 泄水建筑物下游水流特性和衔接消能问题.....	(506)
第二节 底流型衔接与消能.....	(512)
第三节 挑流型衔接与消能.....	(522)
第四节 面流型衔接与消能.....	(527)
第五节 屏流型衔接与消能.....	(529)
小 结.....	(534)
自我检查思考题.....	(535)
习 题.....	(536)
第十二章 渗流.....	(540)
学习指导.....	(540)
本章的重点.....	(540)
第一节 概述.....	(540)
第二节 渗流的达西定律.....	(544)
第三节 渗流运动的基本微分方程.....	(548)
第四节 地下明槽中恒定均匀渗流和非均匀渐变渗流.....	(554)
第五节 井的渗流.....	(562)
第六节 均质土坝的渗流.....	(570)
第七节 水工建筑物透水地基中渗流.....	(576)
第八节 渗流的水电比拟试验法.....	(581)
小 结.....	(585)

自我检查思考题.....	(587)
习 题.....	(587)
第十三章 量纲分析和相似原理.....	(593)
学习指导.....	(593)
本章的重点.....	(593)
第一节 概述.....	(593)
第二节 量纲和谐原理与量纲分析法.....	(594)
第三节 相似原理.....	(601)
第四节 相似准则.....	(603)
小 结.....	(609)
自我检查思考题.....	(610)
习 题.....	(610)
参考文献.....	(612)
附录 I 水力学常用单位换算	

水力学(函授)学习方法指导

水力学是高等工业院校水利类专业的一门主要技术基础课程。通过教学,使学生掌握液体运动的一般规律和有关基本概念、基本理论、必要的分析与计算方法,以及一定的试验技术,为学习专业课程,从事专业技术工作,获取新知识及进行科学研究,打下必要的基础。

学习本课程应依据教材和学校安排的教学进度,通过自学、函授、面授、实验等教学环节,掌握规定的内容。必须特别强调指出,自学和函授是函授生主要的和基本的学习方式。“自学”,包括钻研教材,分析解答各章自我检查思考题,按期完成习题作业,及时进行章节小结。“函授”,是函授生同学校及函授辅导站教师利用信函提问、答疑等,进行教学。每学期期中或期末,函授生在自学的基础,到学校或辅导站,由教师集中上课,并指导学生进行实验。期末或课程结束时,统一考试。

水力学的研究对象是液体,主要是水。由于液体物理性质的特殊性,运动规律比较复杂,并且同边界条件密切相关。学习中既要注意理论,又要重视实践。既要防止和克服忽视基本概念、基本理论及公式的建立条件和物理意义,而只满足于套公式计算的偏向,又要防止轻视计算技能,轻视经验公式和系数的偏向。对于众多的经验或半经验公式和各种系数,要重视、理解,会使用,但不要死记。要刻苦钻研,牢固掌握基本概念、基本理论、基本公式,努力培养和不断提高分析工程水流现象及解决水力学实际问题的能力。要努力培养和提高水力计算能力。还要认真训练和培养实验能力。

一、基本教材学习

在研读教材内容之前,先阅读“学习指导”和“本章的重点”。各章正文前面的“学习指导”和“本章的重点”,简要地指出该章的目的,中心内容及讨论问题的主要方法,重点,难点,应掌握的内容及学习中应注意的问题。先阅读一遍“学习指导”,对该章内容有个粗略了解,将有助于深入理解和掌握教材内容。

按照函授教学进度要求,必须有计划地刻苦攻读教材,持之以恒。应当避免时松时紧,前松后紧,平时不学,面授阶段临时突击等现象。学习方法,一般可以先粗读一遍规定的教材内容,初步认识该章的中心议题、各种物理概念,基本原理,基本方程和主要公式,主要实验研究成果,以及工程实践中的有关水力计算等。第二遍逐节逐段仔细钻研,同时适当读点参考书,加深对规定内容的理解。这是个精读过程。要勤于思考和善于钻研,不仅要搞清“这是什么”,更要搞清楚“为什么”是这样的。对于基本概念,基本原理,各种定义,重要定理、方程及公式,要注意问题是如何提出来的,根据哪些基本原理,引用了哪些假定或条件,或作了哪些简化处理,依什么样的思路和方法推演的,对于基本公式的整体、各项及各物理量的物理意义、相互关系、适用范围、应用时要注意的事项,都要准确无误地弄清楚。重要公式,最好自己推导一遍。学习过程中,做笔记是很重要的。基本概

念、基本原理、定义、定律和结论、重要公式及其推导依据和主要推导过程，补充材料，学习心得，小结等，及时记入笔记，将加深理解，也便于复习巩固。

在学好教材的基础上，回答自我检查思考题，可以启发思考，帮助深入搞清概念，巩固和加深理解所学内容。可以在学习几节后，回答相应的题，也可以学完一章之后再回答（可以不写成书面的）。

每次面授之前，应当再看看教材，有准备地听课，特别对难点，重点和自学中有疑问的部分，更应认真听取教师的讲授。听课时，应根据自己的学习特点，以不同方式做些笔记。课后要及时复习，加深理解。面授学时不多，时间集中，只能讲解基本理论、基本概念、难点、重点，梳理纵横联系，帮助巩固提高。面授是在函授生充分自学基础上进行的，不可能代替自学。

自学过程中的疑难问题，应及时写信到学校或辅导站，请教师答疑指导。在水利水电部门工作的函授生，宜虚心争取本单位工程技术人员等的帮助。

二、习题作业

认真完成习题作业，是学习过程中加深理解基本概念、基本原理，掌握基本分析方法和计算方法，培养提高分析、解决问题能力的重要环节。在学好各章内容的基础上，应认真、独立回答自我检查思考题和完成规定的习题。

解题时首先要审明题意，明确已知条件和未知因素，绘出简图，理顺解题思路，确定应用的定律、公式、图表，做到有理有据，计算准确，步骤清楚，层次分明，书写工整简洁，答案完整简明。每个习题解答应包括：题目、已知数据、待求问题、简图、采用的坐标系、引用的公式及其编号、重要运算过程及答案。计算简图要大致符合比例，标明必要的尺寸和水力要素。计算次序一般为：计算公式→未知量表达式→代入数据→重要计算过程→答案。

例 1 有一水平布置的渐缩弯管，弯角 $\alpha = 60^\circ$ ，直径 $d_1 = 200\text{ mm}$ ， $d_2 = 150\text{ mm}$ ，通过流量 $Q = 0.100\text{ m}^3/\text{s}$ 时，压强 $p_1 = 18.00\text{ kN/m}^2$ ， $p_2 = 7.03\text{ kN/m}^2$ 。试求水流对弯管的作用力。

解：取流段 1 ~ 2 为隔离体。依题意，水流在铅垂方向无动量变化，只须研究二水平方向的动量变化和作用力。规定坐标方向如图指-1所示。设弯管对水体的作用力为 R_x 和 R_y 。两坐标方向的动量方程为

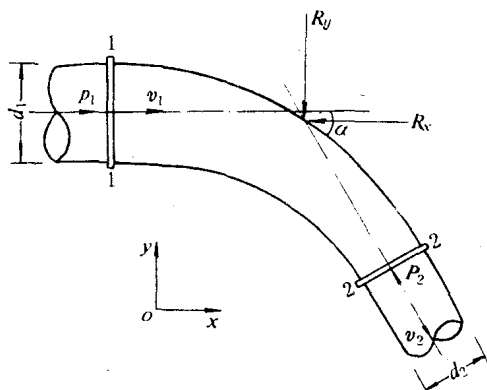


图 指-1

$$\Sigma F_x = \rho Q (\beta_2 v_{2x} - \beta_1 v_{1x})$$

$$\Sigma F_y = \rho Q (\beta_2 v_{2y} - \beta_1 v_{1y})$$

取 $\beta_1 = \beta_2 = 1.0$, 有

$$p_1 \frac{\pi}{4} d_1^2 - p_2 \frac{\pi}{4} d_2^2 \cos 60^\circ - R_x$$

$$= \rho Q (v_2 \cos 60^\circ - v_1)$$

$$0 + p_2 \frac{\pi}{4} d_2^2 \sin 60^\circ - R_y$$

$$= \rho Q (-v_2 \sin 60^\circ - 0)$$

$$R_x = p_1 \frac{\pi}{4} d_1^2 - p_2 \frac{\pi}{4} d_2^2 \cos 60^\circ - \rho Q (v_2 \cos 60^\circ - v_1)$$

$$= 18.00 \times \frac{\pi}{4} \times 0.200^2 - 7.03 \times \frac{\pi}{4} \times 0.150^2 \times 0.5000$$

$$- 1.000 \times 0.100 \left(\frac{4 \times 0.100}{\pi \times 0.150^2} \times 0.5000 - \frac{4 \times 0.100}{\pi \times 0.200^2} \right)$$

$$= 0.565 - 0.0621 + 0.0354 = 0.538 \text{ kN}$$

$$R_y = p_2 \frac{\pi}{4} d_2^2 \sin 60^\circ + \rho Q v_2 \sin 60^\circ$$

$$= 7.03 \times \frac{\pi}{4} \times 0.150^2 \times 0.8660 + 1.000 \times 0.100 \times \frac{4 \times 0.100}{\pi \times 0.150^2} \times 0.8660$$

$$= 0.1076 + 0.490 = 0.598 \text{ kN}$$

水流对弯管的作用力与弯管对水流的作用力, 大小相等, 方向相反, 所以水流对弯管作用力的 x 方向分力为 $+0.538 \text{ kN}$ (方向向右), y 方向分力为 $+0.598 \text{ kN}$ (方向向上)。

代入数据时要注意一一对应, 不要漏掉任何一项或一个数值, 即使是“1”也要代入。应当特别注意, 各数据代入时, 必须选用同一单位制, 同类量的单位必须一致。数据运算可用计算器。答案的有效数字一般可取三位, 当第一位数为1时, 则取四位。例如: 0.5652可取0.565, 5658可取5660, 0.10753可取0.1075, 10753可取10750。对于同类型多次重复计算, 宜用列表计算法。选用的系数和数据等, 要注明其来源图表编号或在书中页码。答案要注明单位。同一题目中单位采用中文或采用国际单位制通用符号表示, 要统一。

对于推演、论证题, 剖题要切中题意, 依据原理和公式严密推演, 结果一般应是最简单的形式。作图题, 要比例恰当, 线段准确。

按期将作业交教师批阅。对于教师指出的错误, 应及时改正, 重作, 并随同下一次作业交教师复阅。函授生完成学校规定数量的习题作业, 才能参加考试。

三、小结

学完一章, 完成上述环节后, 可参考教材该章的“小结”, 按照自己的理解和思路, 归纳小结本章的内容, 或联系前面已学过的章节内容, 作专题性的小结, 以提高和深化学习效果。

四、实验课

水力学是一门实践性很强的学科，实验课是水力学教学中一个很重要的环节。这不仅是为了验证和巩固所学的理论知识，更重要的是使学生受到科学实验方法和操作技能的训练，培养严肃认真、实事求是的治学态度，观察水流现象的能力，训练学生分析与整理实验资料，编写实验报告的能力，为以后从事科学研究工作打下初步基础。

根据函授教学大纲要求，本课程安排了一定数量的实验课，有演示性实验，也有论证性实验。前者主要是集中演示学生通常不能直观看到或不能集中看到的各种水流现象，促进巩固和加深所学的基本理论。后者主要是让学生通过亲身实验实施，使用各种量测设备和仪器进行测试，验证本学科的一些基本理论，掌握通过实验确定一些重要公式中各种参数和系数的数值范围的方法。因此，必须认真对待，充分准备，谨慎操作，仔细观测，积极思考，善于比较归纳；切忌仓促上阵，粗枝大叶，马马虎虎，以致劳而无功。每次实验前，要求认真预习实验讲义，明确实验目的要求、仪器设备、实验原理、方法步骤及有关注意事项，做到胸中有数。做完实验，要独立完成对资料的分析和整理。实验报告要求原始记录完整，计算准确，图表清晰，分析有据，成果正确，书写工整。

绪 论

学 习 指 导

水力学是研究液体（主要是水）的平衡和机械运动规律，以及运用这些规律解决生产实践中的工程技术问题的一门科学。学习本章，可根据这个定义来理解水力学研究的内容和任务，初步了解学习水力学同以后从事专业工作的关系。

连续介质概念和理想液体概念，都是水力学研究中常用的和最基本的概念之一，要理解理想液体的可用性及同实际液体的区别。水力学的任务是研究液体的宏观机械运动，不研究液体分子的微观运动。因此，除某些特殊情况外，都把液体看作连续介质。这样，研究和应用都比较方便，又有足够精确性。为了简化问题，便于理论分析，引入理想液体概念。它同实际液体的主要区别是不考虑液体的粘滞性。按理想液体分析得出的成果，应用到实际液体流动中，除了某些粘性影响不大的情况外，一般都要对由于没有考虑粘性作用引起的偏差加以修正。

液体的主要物理性质和作用于液体上的力，是本章的重点，应当深入学习，较好地掌握。液体的几种主要物理性质，都不同程度地决定和影响液体的运动。处于平衡或运动状态的液体，都受有力的作用。研究液体运动规律时，必须准确分析其受力情况。一般情况下，惯性、万有引力特性、粘性及它们引起的惯性力、重力、粘性力是影响液体运动的主要因素，弹性力和表面张力只有在某些特殊水流运动中才予以考虑。

关于水力学的研究方法，学习本章时只要求有概括的认识，学习以后各章时再逐步加深。由于液体运动非常复杂，单纯理论分析研究，往往很难得到能够实际应用成果。理论分析和实验研究相结合，通过原型观测、系统实验、模型试验，获得丰富的试验资料，运用数理分析方法，建立水流运动理论，并在生产实践中检验、补充、发展、完善，这是水力学发展的基本途径。学习过程中，应当注意这一特点。现代大型电子计算机的发展及其引入水力学研究和计算，各种电子计算机引进实验研究，新的电子仪器的研制和应用，为水力学研究，提供了新的强有力的工具。

由于液体物理性质及其相应的物理力和液体运动的复杂性，在探讨实际液体运动规律时，常常必须或者只能根据实际条件，抓住主要矛盾，加以适当简化，进行研究。学习过程中，将获得这方面的一些知识，在未来的专业工作中，应当在理论同实践结合的基础上，不断提高这种能力。

学习水力学发展简史，概括了解我国古代治水的光辉成就，水力学同生产及社会发展的关系，激发我们的爱国主义精神，提高学习的自觉性和积极性，坚定并增强为我国建设事业和水利科学发展的献身精神。

本 章 的 重 点

1) 水力学的性质和任务;

- 2) 液体的主要物理性质和作用于液体上的力;
- 3) 水力学的研究方法和发展概况。

第一节 水力学的任务和发展概况

水力学是研究液体（主要是水）平衡和机械运动规律，以及运用这些规律解决生产实践中工程技术问题的一门科学。从学科角度看，水力学是力学的一个分支，属于基础科学。水力学研究中，根据力学的普遍规律，结合水流特点，建立自己的理论基础。其基本规律还适用于其他常见液体和压缩性影响可以忽略情况下的气体运动。水力学是一门实践性很强的科学，在发展过程中，紧密联系工程实际，发展学科内容，不断扩大研究领域，向深度发展。因此，水力学又带有技术科学的某些特点，可以称为技术基础科学。

水力学按其研究对象运动规律，可分为水静力学和水动力学（包括运动学）两部分。水静力学研究液体处于相对平衡状态（包括静止）下的力学规律，重点是分析液体中任一点的压强及与液体接触的平面和曲面的受力情况。水动力学是水力学的主要部分。主要研究液体在江河、管道、多孔介质（如土壤）以及各种建筑物中的运动规律及其有关问题，包括作用于液体上的力与运动要素之间的关系、液体运动特性及能量转换、液体与固体边界的相互作用等。

水力学按研究内容又可分为三部分：基础理论、基本应用和专门课题。基础理论集中阐述液体的平衡和机械运动的基本规律、基本概念，如水静力学、水动力学基础、液流相似原理、液体的层流运动和紊流运动、水流阻力和水头损失等。基本应用是运用液体运动基本规律分析一些常见的水流现象，比如管流、明槽水流、闸孔出流和堰流等。专门课题是研究实际工程中不同专业所涉及的各种特殊水力学问题，如水利类专业的泄水建筑物下游的水流衔接和消能、液体的非恒定流动、紊流与边界层、渗流、挟沙水流、波浪运动、水流量测技术、环境水力学、计算水力学等。

关于水利工程的各个专业学科和水利建设过程的各个阶段都广泛而深入地研究和应用水力学。农田水利、水力发电、水工建筑、水利工程施工、河道整治、港口工程、机电排灌、给水排水工程等各个学科都以水力学作为重要理论之一。各项水利工程的勘测、规划、设计、施工和运行管理等各个阶段中，都必须解决大量水力学问题，以获取合理的依据。其他许多工程技术部门中，例如土木工程、市政工程、环境工程、水资源工程、能源工程、化学工程、机械工程、石油开采和输送工程、采矿和冶金工程等，水力学都占有十分重要的地位。

水流同它的边界（主要是固体边界）是一个相互依存、相互影响、相互制约的矛盾统一体。在天然状态下，有其变化和发展规律。各种人工建筑物常常强烈调整、控制和改变水流形态，建筑物在水流作用下，也有着许多与同水隔离的工程的不同特点。水力学（特别是工程水力学）的主要任务是研究水流同边界的相互作用，分析各种条件下所形成的实际水流现象、运动特性及水流作用于边界上的力，采取适当工程措施，使水流按照人们预

先制定的调度方案，安全地通过一定的建筑物，为人类服务。现以综合利用水资源的水利枢纽工程为例，看看需要解决哪些水力学问题。为满足防洪、灌溉、发电、航运、水产养殖等各方面的需要，常常在河道上筑坝，拦蓄河水，形成水库。同时修建泄洪、引水和输水建筑物、水电站、通航建筑物等，组成水利枢纽。这些建筑物成为控制水流的新的边界条件，水流同边界相互作用，将形成新的水流状态，同时对边界提出相应的要求。规划设计时，必须分析自然河势和天然水流形态，因势利导，妥善布置各个建筑物。在水库不同水位和下泄流量条件下，设计引水、输水、泄洪建筑物的合理型式、尺寸，保证定时定量经济安全地通过水流，以充分发挥水资源的作用，获得最佳综合利用效益。为削弱或防止流经泄水建筑物的下泄水流对下游河床的冲刷，保证建筑物的安全，设计时必须采取消能防冲措施，进行水流衔接消能防冲计算，以确保消除泄水建筑物下泄高速水流所含多余的巨大有害动能。水库蓄水后，拦河坝即承受巨大水压力，溢流坝段还承受溢流水股的动水作用力；在坝前水压力作用下，一部分水经坝基和两岸向下游渗透，形成对建筑物底板和基础的渗透压力和水库水的损失，设计中必须分析计算这些作用力及其影响。此外，施工中的导流、截流，运行管理中的泄洪、用水、管水计划的编制和实施，都要进行水力学分析计算。

水利工程中常见的水力学问题，可归纳为以下几个方面。

(1) 过水能力 研究河渠、管道以及引水、输水、泄水建筑物等可能通过、排泄、输送水流流量大小，为合理确定建筑物的型式和尺寸提供依据。

(2) 水力荷载 确定水工建筑物所承受的静水压力、动水总作用力、透水坝体和建筑物透水地基中的渗透压力等，为建筑物的结构设计、稳定分析提供依据。

(3) 水流流动形态 研究水流通过河渠、水工建筑物及其附近区域的流动形态及其改善措施，为合理布置和设计建筑物，保证其正常运行和发挥最大效益提供依据。

(4) 水能利用和能量消耗 分析研究水流流动过程及其能量转化中能量损失规律，减少引水、输水中能量损失，充分有效利用水流能量的途径和措施，以及高效率地消除高速水流中多余有害动能的消能防冲措施。

(5) 特殊水力学问题 必须研究和处理水利工程中常常遇到的各种特殊水力学问题，例如水工建筑物和水力机械的空蚀问题；水流掺气问题；挟沙水流问题；有害物质对水资源的污染问题；波浪问题等等。

图0-1为长江葛洲坝水利枢纽示意图。

社会物质生产向自然科学不断提出要求，同时又为它的形成和发展提供材料和条件。水力学的发展与社会生产发展状态紧密联系着，又受社会其他因素的影响。水力学的起源可以追溯到四五千年前。随着生产实践日益增长的需要和科学实验的不断进步，这门古老的科学不断充实完善，向广度和深度发展，直到今天，仍然富有很强的生命力。我国水利事业历史悠久，很早就修了许多出色的防治水患、开发水利的工程。中国人民在长期实践中，表现出认识水流运动规律的卓越才能。相传约公元前2300年，洪水滔天，大禹吸取其父作“九仞之城”，“壅防百川”，多年堵水失败的教训，“以水为师”，采取“高高下下，疏雍导滞”办法，苦战十余年，使九州之水归于江河入于海，消除洪水，成为我国古代治水

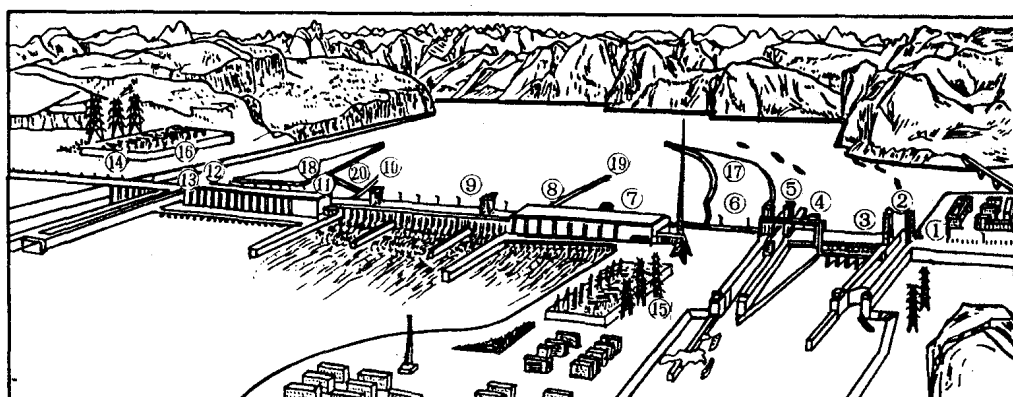


图 0-1

- ①左岸堆石坝, ②3号船闸, ③三江冲沙闸, ④三江混凝土坝, ⑤2号船闸, ⑥黄草坝混凝土坝, ⑦二江电厂, ⑧左导墙, ⑨二江泄水闸, ⑩右导墙(纵堰), ⑪大江电厂, ⑫1号船闸, ⑬大江冲沙闸, ⑭右岸土石坝, ⑮22万伏开关站, ⑯50万伏开关站, ⑰三江防淤堤, ⑱大江防淤堤, ⑲⑳导沙坝

的典型代表。秦代于公元前256至公元前210年间修建的都江堰(四川)、郑国渠(陕西)和灵渠(广西)三大水利工程,表明当时对水流运动规律、明槽水流和堰流的认识,已经达到相当高的水平。特别是都江堰工程,分流、引水、防沙等结构和布局都符合现代水力学原理,且维护简便,又订有严格的岁修和管理制度,可以说规划、设计、施工和运行管理都具有相当高的创造性和科学水平。工程延续两千多年,效益有增无减。到解放前灌溉面积达200多万亩,解放后经过扩建改建,结合灌区内大中小型水库,灌溉面积达840万亩,成为世界上以历史悠久、规模巨大而著称的灌溉工程。公元825年(唐朝)在灵渠上建闸13座,渠化运河,比欧洲建船闸系早400多年。

黄河流域是中华民族的文化摇篮。战国初期,黄河两岸始建连续性堤防。秦汉时期开始统一治理。随着堤防、抢险、分洪、堵口工程实践和治河理论不断提高,出现了许多优秀的水利专家。明朝潘季训(1521~1595)提出“筑堤束水,以水攻沙”,“借清刷黄”的正确符合挟沙水流运动规律的治水方针,并提出修建缕堤,以束水流,修建遥堤、格堤(横堤),以防洪水,修建滚水石坝,选择适当洼地,妥善分洪等一套工程措施。表明对挟沙水流运动规律的认识达到相当高的水平,在400多年前的历史条件下,潘季训的见解不能不认为是十分杰出的。

人工开凿运河是我国的创举。早在春秋时期开挖的邗沟(公元前486年)和战国时期开挖的鸿沟(公元前361年)分别沟通了长江和淮河、淮河和黄河。经隋朝、唐朝、元朝等开拓,完成自杭州至北京全长近2千公里的大运河。

此外,古代利用孔口出流原理制作的计时工具铜壶滴漏,东汉初(约公元31年)利用水力做功原理制造的水排(水轮机的雏形)等,都表现了我国古代很高的水力学水平。

我国古代虽然在运用水的运动规律,进行水利设计方面,取得了辉煌的成就,但是由于长期封建统治,束缚生产力的发展,使科学长期停留在经验形式上,水力学也始终处于概括定性阶段,未能形成严密的科学理论。因此,14世纪以前处于世界领先地位的中国科