

280170

高等学校教学用书

水力学

唐山铁道学院水力学教研组编



人民铁道出版社

511
02837

高等学校教学用书

水 力 学

唐山铁道学院水力学教研组编

人 民 铁 道 出 版 社

一九六一年·北京

本书是在党的“教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相结合”的方针指引下，按照铁道部一九五九年十一月在长沙会议所通过的铁道建筑与桥梁隧道等专业水力学教学大纲的要求进行编写的。

本书除绪论外，分列十一章，前六章属普通水力学范畴，其后四章属工程水力学范畴，最后一章为离心式抽水机。在内容的安排上，注意到结合专业的要求和保持水力学本身所具有的科学系统性。

本书经教育部和铁道部文化教育局同意作为铁道学院铁道建筑、桥梁隧道和给排水专业，及其他对水力学有着近似要求的各专业的试用教材，也可供现场工程技术人员工作参考。

高等学校教学用书

水 力 学

唐山铁道学院水力学教研组编

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店科技发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

书号1752 开本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张25插页1字数607千

1961年1月第1版

1961年1月第1版第1次印刷

印数0,001—5,750册 定价(10) 2.95元

前 言

这本书是我組在1952年教学改革、学习苏联先进教育經驗和历年来教学实践的基础上，特别是在最近两年来贯彻执行党的社会主义建設总路綫和党的“教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相結合”的方針指导下写成的。在开始編写本书的时候，我們参照了1955年中华人民共和国高等教育部頒布的高等学校铁道建筑、铁道桥梁隧道和給排水等专业的水力学教学大綱，結合我們对教学与科学研究、生产劳动三結合的初步体会，自行拟定了铁道建筑与铁道桥梁隧道专业的水力学大綱，并根据这一大綱拟定了教材提綱，然后写出了本书的初稿。

1959年11月，铁道部文化教育局为制定有关全国铁道学院铁道建筑与桥梁隧道等专业各专业课及基础技术課程教学大綱，在长沙召开了會議，在这次会上对我組所拟定之水力学教学大綱作了审查并予通过。根据长沙會議的意見，我院于同年12月成立了水力学教材审查小組，并邀請了部分铁道学院及其他有关院校的教師参加，根据长沙會議关于制訂教学大綱的七項原則的精神，对我組所写的教材初稿，全面而系統地进行了审查，提出了某些帶原則性的和許多具体的意見。我們参照了这些意見，进行了大量的修改和补充，这就是这一书的定稿。

水力学是工程技术专业中的一門基础技术課，它除了要貫徹密切結合专业的要求之外，还需要照顧到它本身所具有的完整性和系統性。正确处理这两方面的相互联系，需要在教学与科学研究，教学与生产劳动相結合的方針的指导下，在允許学时的範圍內，作妥善和細致的安排。因此教材內容既要有相当广闊和系統的理论基础，还要力求結合专业知识，使学者能初步具有解决有关水力学工程实际問題和初步开展这方面科学研究工作的能力，并了解当前水力学的发展方向。

基于这一認識，本书在內容的安排上，除緒論外分列十一章。第一至第六章属普通水力学范疇；第七至第十章属工程水力学范疇；第十一章离心式抽水机为铁道給水这門課程取消后，在水力学教学大綱中新增加的內容。第一章之靜水力学，第二章之动水力学原理和第三章之液体流动的阻力和水头損失是全书的理论基础，其他各章則属于一般性的应用（第四、五、六各章）和結合专业的应用及其理论基础（第七、八、九、十、十一各章）。

在各章节內容的具体安排上，我們力图貫徹实践—理论—实践的認識規律。即从具体現象或生产要求出发提出問題，从分析水力現象和运用实验方法着手来处理問題，并进行理论的概括，然后反回来指导实践，即用来解决一般的或专业性质的問題。我們努力遵循这一原則写出了这本书，希望能有助于初学者的学习。

本书是在我組范治綸教授的领导下由全体教师編写成的。全书編写大綱均經過集体討論，然后在分別执笔、互提意見、慎重修改的基础上汇总完成的。它适用于高等学校铁道建筑、铁道桥梁隧道和給排水各专业。本书在某些章节上分量可能較重，因此可在教学大綱要求的範圍內，适当精簡。对于其他对水力学有着近似要求的各专业，在酌予相应增刪的前提下，一般也还能适用。

由于我們业务水平和教学經驗的限制，尤其是对三結合教育方針的体会还很不够，这

本书无论是在教材的选取、安排或阐述等各方面，难免会有许多不妥之处，希读者多加指正。

最后，对参加本教材审查工作的我院邵福祥、黄寿恒、钱冬生等教授、北京铁道学院代表、湖南大学代表和正在我院进修的各兄弟铁道学院的教师，以及在本书初稿编写过程中提供了很多系统的、丰富的材料，使我们在编写第三、四章的水平有所提高的前我组教师闕译同志，均此致谢。

唐山铁道学院水力学教研组

1960年1月，唐山

目 录

前 言 緒 論

1. 引言.....	1
2. 水力学发展簡史.....	4
3. 液体的水力学定义.....	9
4. 作用在液体上的力.....	11

第一章 靜水力学

§ 1-1 靜水压力及其特性.....	16
§ 1-2 液体平衡的微分方程式及其积分.....	18
§ 1-3 靜水压力的等压面、自由表面.....	22
§ 1-4 重力作用下靜水力学的基本方程式.....	23
§ 1-5 绝对压力、超压力、相对压力、真空.....	25
§ 1-6 靜水压力图示.....	25
§ 1-7 連通器中液体的平衡.....	27
§ 1-8 测管高度、靜力高度.....	27
§ 1-9 测管水头、靜力水头.....	28
§ 1-10 真空.....	29
§ 1-11 运动器皿中液体的平衡.....	31
§ 1-12 测量压力的仪器.....	36
§ 1-13 作用在平面上的靜水总压力和压力中心.....	40
§ 1-14 矩形平面上的靜水总压力.....	43
§ 1-15 曲面上靜水总压力的水平和垂直分力.....	44
§ 1-16 阿基米德原理、潜体的平衡和稳定、浮体的平衡和稳定.....	48

第二章 动水力学基础

§ 2-1 动水力学概述.....	54
§ 2-2 研究液体运动的两种方法.....	54
§ 2-3 液体的稳定流动.....	57
§ 2-4 液体流束状运动的概念.....	58
§ 2-5 微小流束的連續性方程式.....	61
§ 2-6 理想液体运动的微分方程式 (欧拉方程式).....	62
§ 2-7 不可压缩液体連續性的微分方程式.....	64
§ 2-8 理想液体运动方程式的伯諾里积分.....	65
§ 2-9 理想液体微小流束的 (沿流綫) 伯諾里方程式.....	67
§ 2-10 理想液体微小流束伯諾里方程式的水力学的和能量的意义.....	70

§ 2-11 实际液体微小流束的伯諾里方程式	71
§ 2-12 液体的渐变流动	74
§ 2-13 过水断面平均流速, 动量改正系数和动能改正系数	76
§ 2-14 实际液体总流的伯諾里方程式	79
§ 2-15 实际液体总流的伯諾里方程式运用举例	82
§ 2-16 稳定流动时实际液体总流的动量变化定律	85
§ 2-17 实际液体总流的动量定律运用举例	87

第三章 液体流动的阻力和水头损失

§ 3-1 液体流动的阻力和水头损失的两种型式——沿程水头损失和局部水头损失	92
§ 3-2 液体流动的两种状态——层流和紊流	93
§ 3-3 液体流动的力学相似理論	98
§ 3-4 液体均匀流动的水头损失和基本方程式	103
§ 3-5 液体流动在层流状态下的沿程水头损失	104
§ 3-6 液体流动在紊流状态下的沿程水头损失	105
§ 3-7 因次分析理論—— π 定理	108
§ 3-8 确定系数 λ 和 C 的公式	110
§ 3-9 局部水头损失	116

第四章 液体在有压管中的均匀流动

§ 4-1 短管的水力計算	119
§ 4-2 长管的水力計算	124
§ 4-3 給水管網水力計算	129
§ 4-4 有压管路中的水击	136

第五章 孔口、管嘴和液体的射流

§ 5-1 液体經薄壁孔口的出流	143
§ 5-2 液体經管嘴的出流	148
§ 5-3 液体的射流	153

第六章 明渠中液体的均匀流动

§ 6-1 概述	153
§ 6-2 明渠均匀流的条件	158
§ 6-3 明渠均匀流的計算公式	155
§ 6-4 槽道断面形式	160
§ 6-5 水力最佳的梯形过水断面	161
§ 6-6 渠道水流的最大和最小允許流速	165
§ 6-7 渠道水力計算問題的基本类型	167
§ 6-8 无压涵管的水力計算	170

§ 6-9 明渠均匀流水力学在天然河道中的应用	173
§ 6-10 高速掺气水流简介	175

第七章 渠道中液体稳定非均匀渐变流动

§ 7-1 渠道中的均匀流动与非均匀流动	177
§ 7-2 渠道的种类	181
§ 7-3 断面比能、临界水深	184
§ 7-4 临界坡度	191
§ 7-5 缓流、急流和临界流	193
§ 7-6 渠道中液体稳定非均匀渐变流的基本微分方程式	194
§ 7-7 渠道中液体稳定非均匀渐变流基本微分方程式的近似积分	197
§ 7-8 稜柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流的基本微分方程式	200
§ 7-9 稜柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流基本微分方程式的研究	203
§ 7-10 稜柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流水面曲线分析及其实例	207
§ 7-11 稜柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流基本微分方程式的变形	218
§ 7-12 稜柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流微分方程式的积分概述	213
§ 7-13 渠道断面的水力指数	235
§ 7-14 稜柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流微分方程式的积分	238
§ 7-15 稜柱形渠道中的非均匀流问题及算例	232
§ 7-16 天然河道中水面曲线之绘制	241

第八章 水跃和上下游水面衔接

§ 8-1 水跃的结构	254
§ 8-2 水跃的种类	255
§ 8-3 完整水跃的基本方程式	256
§ 8-4 水跃函数、共轭水深及其图解	258
§ 8-5 矩形渠道中的水跃	261
§ 8-6 水跃的能量损失	261
§ 8-7 水跃长度	263
§ 8-8 水跃的实验研究	265
§ 8-9 波状水跃	267
§ 8-10 水跃定位概述	267
§ 8-11 上下游水面衔接的基本型式	268
§ 8-12 底层流态下，上下游水面衔接的基本关系式	274
§ 8-13 渠道底坡突变处的水面衔接型式	278
§ 8-14 水工建筑物下游消能概述	281
§ 8-15 消力池水力计算	284
§ 8-16 闸下洩流	288
§ 8-17 跌水、快速渠道和悬槽概要	289

第九章 堰 流

§ 9-1 堰的定义及分类	292
§ 9-2 薄壁堰	294
§ 9-3 宽顶堰	300
§ 9-4 宽顶堰理论在水堰结构物水力计算上的应用	309
§ 9-5 实用断面堰	316
§ 9-6 侧堰	319
§ 9-7 堰流流量公式的总结	319

第十章 地下水运动

§ 10-1 渗透模型、渗透流速	322
§ 10-2 渗透基本定律	324
§ 10-3 地下水均匀流动	326
§ 10-4 狄蒲 (Дюпю) 公式	327
§ 10-5 地下水稳定非均匀渐变流的微分方程式、浸润曲线型式和积分	328
§ 10-6 井和集水廊道	336
§ 10-7 土坝 (土堤) 渗流	344
§ 10-8 水工建筑物下的渗流	353
§ 10-9 电拟法	357

第十一章 离心式抽水机

§ 11-1 概述	361
§ 11-2 叶片式抽水机的基本方程式	365
§ 11-3 离心式抽水机叶片形状的选择	369
§ 11-4 叶片式抽水机的性能试验、特性曲线与抽水机的选择	370
§ 11-5 管路特性曲线与抽水机工作点的确定	374
§ 11-6 叶片式抽水机的并联与串联	375
§ 11-7 气蚀现象、抽水机的许可真空汲程与最大许可安装高度	377

緒論

1. 引言

水力学的研究对象：现代水力学是应用力学的一部分，它研究液体的机械运动的规律，液体和各种边界（主要是固体边界）之间的相互作用，以及运用这些规律解决实际问题的方法。

水力学研究的对象是物质液聚集态（简称液体）的机械运动。研究物质其他二种聚集态，即固体和气体运动的，有刚体力学和气体力学，前者亦只限于机械运动的研究；后者除机械运动之外尚要考虑气体所表现出的宏观的热运动。这三门力学因所研究的对象的物理性质不同而互相区别，又因所表现出的运动的性质具有某些共同的特征而互相联系。

它们的共同特征主要地表现在以下三个方面：第一，这三门力学均只限于研究物质三种聚集态所表现出来的宏观的力学性质，而不探究引起这三种状态本质区别的微观的根据，因而可以把这些聚集态的物质均看作是连续的介质，从而运用解析数学方面所取得的某些成就，作为分析和解决问题的工具；其次，这三种状态的运动除气体尚需要考虑热运动的规律之外都服从为牛顿所发现的、一切物质机械运动所必需遵守的三个基本定律；再其次，当区别于这三种状态的下述的力学的特征不起作用时，这三门力学的差别也就同时消失，例如，当可以不计及气体的可压缩性时，研究气体和液体就会得到完全相同的结论。

同时，这三种物质聚集态由于物理性质的不同（或分子结构的不同）因而表现出的宏观的力学性质又存在以下本质上的差别。首先，液体和气体不同于固体的最根本之处在于它们具有高度的流动性，对于张力和任意缓慢的变形均不显示阻力，即不能抵抗拉应力和切应力。其次，气体不同于液体之处则在于它的易于压缩。由于这三种状态所表现出来的力学性质不同，因而它们也就遵循本质上不同的运动的规律，形成了各自的理论的体系。

我们既要掌握这三门力学的共同特征（这个特征已包含在我们已学过的刚体力学之中），从而指导我们对水力学的学习，又要去深入研究液体不同于固体的力学特征，以及由此而引伸出来的一切特性、定律、条件和假设等等，从而解决有关水力学方面的实际问题，同时也就丰富和加深了我们对这些共同特征的理解。

必需指出的是，水力学虽一般只限于研究液体的机械运动（或以机械运动为主的运动），但宇宙间不可能有单纯的机械运动，机械运动总是和其他物质的运动形态相联系的，例如水在运动时就有部分机械能转化为不可逆的热能而消耗掉（即不能再变为机械能），水力学常常用阻力做功来近似地估计这种能量的消耗，因而掩盖了实际运动的复杂性。

液体机械运动的产生和发展乃是液体内部矛盾和液体与其他物体相互作用的外部矛盾产生和发展的结果，其中最基本的乃是促使水流运动状态变化（作用力）和欲保持原有运动状态（惯性反作用力）二方面对立统一的結果。液体在外力作用下，由于它本身所具有的流动性（即内在的矛盾），可能采取三种基本不同的运动形式，即绝对静止（相对于地球或某一参考坐标系而言液体质点无位移）、相对静止（液体质点对地球或某一参考坐标系是运动的而彼此之间不发生位移）和相对运动（液体质点之间发生相对位移，对于刚体

來說，这种运动是不可能存在的）。研究前面二种形式的运动，构成靜力学的研究范围，而后一形式构成运动学和动力学研究的范围。絕對靜止是液体机械运动最簡單的运动形式，此时慣性反作用力为零^①，作用力本身处于矛盾对抗之中，矛盾的双方乃是方向相反大小相等的作用力系。当液体处于相对靜止时，慣性反作用力与作用力相对抗，构成了另一形态的对立和統一。当液体处于相对运动时，不仅慣性力中增加了新的内容，而且作用力中也同时产生了阻力，使矛盾复杂化起来。

不仅如此，当液体处于相对靜止或相对运动时，慣性反力又可能表现为各种不同的运动形式，例如：位移、旋轉和变形等等，所以慣性力是諸作用力的反面，它同时又以几何的运动表示作用力的存在。研究液体运动的基本矛盾的慣性反力这一方面构成了运动学的范畴，是流体力学的重要章节之一。构成液体运动的基本矛盾的另一方面的作用力，常常是促使液体运动的主动的一面（或原因），运动的形式和运动的是否复杂还需要取决于作用力的多少和它的性质。引起流体运动的原因（即作用力）可能很单纯（如只有一个作用力），也可能很复杂（如一个以上的作用力）。在这些作用力之中，有的作用在所研究液体的表面（表面力），有的則作用在整个液体质量上（质量力）。有的力以极其复杂的形态出现（如表面力中的切綫阻力），有的比較簡單。这些形形色色的作用力的总和，构成了基本矛盾的另一方面的丰富的内容，但是，这些作用力之中只是有些力是經常起作用的（如表面力和质量力中的重力等等），有的力在我們所研究的范围中所起的作用不大（如表面張力、彈性力等），我們就将其抛弃。对于某一个具体的問題來說，經常起作用的力的地位也可能是很不相同的，必需进行具体的分析，将那些影响不大的予以抛弃。研究这二个方面对立和統一的規律就能导致某一具体問題的虽是近似的然而对我們來說却是足够精确的和簡明的解答。研究这二个方面的对立和統一的規律是动力学研究的范畴。

液体無論在靜止或是在运动时，还要受到边界的約束（如管壁、容器、槽壁的約束……），約束本身就是作用力的一种特殊的形式，它限制或使液体改变原来的运动，使之符合边界条件，同时液体又以慣性力来反抗这种限制；人們正是利用这种限制和反限制的作用迫使水流来为人类服务，也正是这种限制和反限制构成了形形色色的实践上所最感兴趣的各种水力学方面的問題。

总的來說：研究液体的机械运动，应以物质机械运动的普遍規律（或称共性）为指导，以液体运动所独具的力学特征（或称个性）以及由此所引伸出来的一切定律、条件等为根据。在具体分析液体的某一运动时，应当首先分析慣性反力的性质从而确定运动的形式。然后分析有那些作用力在起作用，並区分这些作用力的性质和主次，决定其抛弃与否，最后根据边界条件的限制，求得問題的解决。在整个研究的过程中，我們都不应忘記，我們虽常常只限于注意液体的机械运动（这是主要的方面），但事实上液体参予的运动要远比机械运动为复杂，有时，也需要計及这种影响才能导至問題的精确的解答。而这些基本的原則却正是毛澤东同志在他的重要著作“矛盾論”中所教給我們的原則。

水力学和流体力学都是研究液体或流体运动的科学，在处理所研究的对象的时候，必需严格遵守的基本原則已如上述。但是它們还存在着差别。流体力学研究的对象（处理的矛盾）是液体质点的运动，而水力学則着重于对整个流路（或称总流、水股）的研究，

^① 事实上，由于絕對靜止对于整个宇宙來說只有相对的意义，因而慣性力在机械运动中始終是存在的，只不过在絕對靜止时可以忽略它的影响而已，所以它构成基本矛盾的一个方面，当慣性反作用力可以忽略时，作用力内部的矛盾就突現了出来。

即着重于对整个液体所表现出的平均的力学性质（如平均流速、平均阻力等等）的研究。因此，水力学在处理液体运动时要比流体力学简单些和粗糙些。由于它简单，所以当它求出的结果能满足工程的需要时，常常易于接受作为解决问题的方法。由于它粗糙，有时难于解决较复杂的液体运动的问题。流体力学则由于它提出问题较严格，如果能克服数学上的困难，能使问题的解决具有较普遍的意义。近代水力学也逐渐研究一些较简单的质点运动的问题，因而区分这二门力学的基础正在逐渐消失。

水力学在铁道建筑、桥梁、隧道和给排水等专业培养目标和教育计划中的**地位与作用**：学习水力学不仅仅能使我们正确地阐明和解释液体运动的客观规律，掌握一整套液体运动诸要素间的数量关系。更重要的是当我们一旦掌握了这些规律之后，就使我们有可能不作液体这个自然力的奴隶，并把它用来为社会主义建设事业特别是社会主义的铁道建设事业服务。

对于整个社会生产来说，水力学具有广泛的应用范围。例如：对于防洪、灌溉和排水、航运，水能利用，上下水道，暖气装置，石油和液化化工制品的管道运输，桥梁涵洞等等的设计与施工，以及水轮机、抽水机、通风机等水力机械的设计和制造，水力学的知识是不可缺少的。

对于铁道建设事业的需要来说，水力学对于不同的专业具有不同的地位和作用。

对铁道建筑和桥隧二专业来说，无论在勘测设计或是在施工养护工程中，都需要用到水力学的知识。例如：在水文勘测中研究水流经桥梁涵洞的水力性质，从而确定桥梁涵洞的孔径及桥梁涵洞前的积水高度（隧道专业的学生还需要有设计水工隧道的基本常识）。施工地区的临时性给排水（其中排水包括地表排水与基坑排水），和给水站永久性给水；水力机械化施工及水力机械（抽水机、通风机等）的选择、安装和运用。为保护路基降低地下水位，排除地表水，建立消能及其他保护性水工设施等。

因此，水力学是铁道勘测设计、路基、桥梁、隧道和给排水等专业课的先修课程。

对于给排水专业来说，水是必需直接处理和研究的对象。给水工程的水源勘探，输水系统和管网的设计；排水工程中的污水处理和下水道的的设计；水工建筑物的勘测、设计乃至施工无一不直接用到水力学的知识。因此水力学又是给水工程、排水工程、水工建筑等专业课的先修课程。

由于水力学直接服务于专业和专业课的需要，所以它是一门基础技术课。

同时，水力学还和这几个专业的某些基础技术课的某些部分有较密切的联系。主要的有：测量学的水文测验部分；工程地质学的水文地质部分；土壤力学的地下水动力学部分以及施工的有关水力机械的运用等。

水力学的重要先修课有：高等数学，物理学和理论力学。

水力学的分类：水力学可以分为普通水力学和专门水力学二个组成部分。普通水力学是水力学最基本的部分，包括主要基本定律的推证和初步运用；专门水力学是依据普通水力学所推证的基本定律在某一特定范围的系统运用，如明渠水力学、地下水动力学、水力机械水力学等。这些都是廿世纪初期由于技术的日益发展，由普通水力学中开拓出来的。

上述几个专业的学生，将要系统地学习普通水力学（包括管流）、明渠水力学和地下水动力学部分。对于水力机械水力学的抽水机部分，给排水专业的学生将在给水工程中讲授，而其他三个专业则只要求学生在本课程中对离心式抽水机的选择、安装和使用有基本的了解。

2. 水力学发展簡史

水力学发展的前期史：水力学的发展是随着生产的发展而发展起来的，特别是与水利事业的发展有着密切的联系。水对于人类的活动一直起着重大的作用，在原始公社时代，人类已开始利用河、湖作为交通的途径，并在水道上建造了在某种程度上和河中水位相适应的原始性的桥梁。

随着生产力的发展，人类进行了第一次的社会大分工，农业开始从狩猎中分化出来，同时也开始由游牧过渡到定居的生活。为了保证农业的稳定丰收，人类开始了和洪水斗争的历史，并且进一步迫使水这个在当时来说是破坏性最大的自然力量来为农业的发展服务。由于水是农业的命脉，所以防洪、灌溉、排水和水力的利用，便成了当时人类向自然力量进行斗争的一个主要方面。例如我国人民自史传夏禹以来绵延数千年之治理黄河的斗争，无论就其规模之广大，工程的复杂，都是人类防洪斗争史上所罕见的。在灌溉和排水方面，远在春秋战国和秦朝时代，就已经开始了大规模的自流灌溉系统或综合性的防洪灌溉系统的建造。前者如郑国渠以及后来的汉渠和唐来渠等；后者如一直到現在还在有效地为我们服务的都江堰工程。

农业的发展和军事的需要同一个时期又促使了航海和內河航运事业的发展。例如公元前485年开始修建，至隋朝始完成的从杭州至北京长达1782公里的南北大运河，以及沟通珠江和长江水系的灵渠等等。

修建这么多规模巨大、工程复杂的水利工程，沒有一定的有关水流运动的知識是不可能設想的。可見，水利建設事业的需要那时就已经向水力学提出了多么迫不及待的要求。另一方面，由于水流运动性质的极端复杂，在当时的技术和其他自然科学发展还很低的条件下，人們提出了一个自己尚无法彻底解决的任务。即使如此，我們从現存的我国文献和记录中看到，当时人們对于水流性质的定性的了解，已经达到了何等令人惊异的高度。

关于历代治河經驗，見之于文字記載的有“水經”和“水經注”，对我国水系作了系統的叙述。关于黄河的治河思想，則由汉的“不与水爭地”到明朝的“筑堤束水，以水攻砂”，从而得到“砂刷則河深”的比較稳定的河道断面，反映了对泥砂运动定性的認識已具有很高的水平。到清朝陈璜所著“河防述言”，总结了历代劳动人民的治水經驗，提出“順其性而利导之”，并系統地闡述了对河性、河势的認識，綜述了許多治河的技术措施，闡述了計算河道洩水能力的方法，对于水流运动规律的掌握达到了古代历史上极高的水平。在分洪和农田灌溉方面，有李冰父子提出并为后代丰富和奉行的都江堰工程修护要訣的“三字經”。这些要訣，也充分显示了我国劳动人民对于水流性质的深刻認識。

此外，对于水力和气体动力（如天車和走馬灯）的利用，說明当时对利用流体和固体的相互作用来获得动力已有初步的了解。

在17世紀以前的欧洲，和我国有着大致类似的情况，但必需指出的是，对于某些比較简单的液体运动现象，当时却已完全具备了解决的条件（即不仅是定性的而且是定量的認識）。例如由于航海和航运事业的发展，迫切要求解决的船舶的浮力和稳定的問題，就是由希腊哲学家阿基米德（Archimedes，公元前287~212年）在他的“論浮体”的著作中初步解决的。計算液体浮力的阿基米德定律，是现代水力学靜水力学方面的一个重要的組成部分。

阿基米德关于靜力学的某些基本理論，后来进一步为荷兰学者斯蒂文（Stevin, 1548~

1620年)、意大利学者伽利略(Galileo, 1564~1643年)、法国学者巴斯加(Pascal, 1623~1662年)所发展。

至于流体动力学方面,意大利科学家里昂纳特·达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452~1519)和托里折里等人,根据当时实际需要,对孔口洩流、液体在管中的运动等等水流现象进行了初步的观察和研究,提出了不計及阻力影响的孔口洩流公式等等。

这一历史时期水力学发展的特点是:人們还没有找到力(即作用力)与运动(即慣性力)二者之間的普遍联系。因此只能着手来解决某些简单的純靜力学和純运动学方面的問題,或只能着手来解决在某些特定情况下力与运动相互作用的問題(如仅处于重力作用下的孔口洩流)。其次,人們还没有掌握数学分析的方法,在描述液体的运动时,几乎只是純粹地利用了一些几何的概念,因而没有可能深入那怕是純运动学方面的問題。所有这些都不能不使人們对于水流規律的認識受到很大的局限。

如果就上述这些有关水力学方面的初步成就来說,在同一时期的我国也是具备了产生的条件的。因为一些最基本的几何的观念当时已經形成,而对于浮力和孔口洩流的应用也已相当广泛。例如还在阿基米德以前的燕昭王年代(公元前311~279年)就已有利用浮力称豕的記載,至于三国誌^①曹冲用舟称象的故事更是家諭戶曉,这表明当时已經知道了排除同体积的水其浮力相等的事实。又如現在尚保存的“延祐銅壺”(公元1363年造)就是利用孔口洩流、水位随時間变化的規律来作为計时的工具的例子。張衡(公元133年前后)发明的說明天象的“渾天仪”也利用了恒定水位下孔口洩流的規律。所有以上的事实說明,在浮力和初步的孔口洩流的定量的規律已应用到实际生活中。可能由于历史文物的不全或丧失,或由于口头相授而失傳,詳細而系統的資料还未获得,这却提供了我們去进一步考証和发掘的綫索。

水力学正式形成为系統的科学时期:水力学正式作为一門独立的科学是在17世紀末至18世紀中叶形成的。此时,欧洲封建制度已經崩潰,工业革命促使生产和生产力得到了前所未有的迅速发展,資本主义工商业体系开始形成。因而要求航海、船舶制造、水力动力、城市給排水等等事业与这个发展相适应,这就进一步向水力学提出了更高和更迫切的要求。另一方面,工业革命促使了天文、剛体力学、数学、物理、化学等等自然科学的誕生和迅速发展,又为水力学形成一門独立的科学創造了一切必要的前提。因而水力学就从物理学中分离了出来,形成了一門独立的自然科学。由此可見水力学的誕生有其历史的必然性,是人类向自然斗争的結果,同时也是与下述这些偉大的科学家的辛勤劳动分不开的。

1687年,牛頓(Sir Isaac Newton, 1642~1727)在他所著的“自然哲学底数理原理”一书中把物質的机械运动归納为三条运动定律。因而奠定了一切物質机械运动力学(如剛体力学、水力学和空气动力学等等)的理論基础。他所提出的力学相似的基本原则,建立了模型实验的理論基础。他所提出为尔后証明的液体內摩擦阻力的假說,首次把液体的黏滯性的概念引入科学中。

俄国学者米哈依尔·华西里也維奇·萊蒙諾索夫(Михаил Васильевич Ломоносов, 1711~1765)在他的論文“論物体的硬性和流性”中,首次提供了普遍的自然定律——質量不灭和能量不灭定律,这两个定律进一步为近代水力学奠定了理論基石。

荷兰学者丹尼亚·伯諾里(Даниил Бернулли, 1700~1782)于1738年在他的水动力学巨著中,提出了研究液体运动的方法,初次有系統地表述了水动力学的一些基本原理,并且

^① 出自三国誌魏誌卷20邓哀王冲传,曹冲是时适年13(公元203年),建安13年卒。

— 6 —

得出了著名的以他的名字命名的伯諾里方程式。这个方程式是水力学的基本方程式之一，建立了关于液体运动时机械能守恒的概念，是萊蒙諾索夫能量守恒定律在液体运动中的一个特例。由于他所提出的这些原理經過后来必要的补充后，就能够正确地 and 較普遍地反映液体运动的客观規律，所以被推崇为水力学的創始者。

与此同时，瑞士学者里昂納特·欧拉（Леонардо Эйлер，1707 ~ 1783），运用数学分析的方法于1755年在他的論文“流体运动的一般原理”中提出了理想液体（即不考虑摩擦阻力的假想液体）的运动的普遍微分方程式和連續性微分方程式，用更为完善的方法，阐述了理想液体运动的規律，从而奠定了古典流体力学的基础（此时，伯諾里的成就也包括在这个范疇之中）。此外，他还論証了液体运动的动量定律，并把它成功地运用到叶片式水力机械的計算上去。

必需指出的是，伯諾里和欧拉所推导出来的方程式虽然都沒有計及液体在运动时所必然产生的阻力，但是，已經揭示出了决定液体运动的那些极本质的問題，从而使很多水力現象得到解釋。当然，如果要使这些方程式能很好地用来直接解决实际問題还必需进一步探索关于計算阻力的問題。此外欧拉微分方程式还需要克服很多数学上的困难。

1826年那弗埃（Navier 1785 ~ 1836）根据牛頓內摩擦阻力的假說，导出了黏滯性的运动微分方程式，这是一个重大的进步。但是那弗埃的微分方程式即使在經過斯托克斯（Stokes, 1819 ~ 1903）的簡化之后，仍然因为数学上的困难，只有在极簡单的例子中才能应用。因此流体力学的这些方程式在当时仍然不能很好地用来解决具体的工程問題。为了解决这个困难，从实践中产生的流体力学曾大大地促进了数学的发展。

为了适应技术急剧发展的要求，促使了水力学作为一門实验的科学而发展起来，人們进行了大量的实验和实地观测，来确定渠道、管路和孔口的洩水能力。1755年法国工程师謝基（Chezy）从工程实践中歸納出了渠道均匀流的阻力公式，該公式直到目前尚被广泛地应用着。

实验水力学的发展，向古典流体力学提出了进一步与生产实际相結合的問題。由于当时人們对于如何运用实验数据进行科学概括的認識尚不深刻，也由于受到实验技术的限制，因而沒有能把实验水力学提到应有的理論的高度。

古典流体力学和实验水力学在当时說来是严重脱节的。

水力学和流体力学的进一步发展时期：这一时期，即从水力学和流体力学正式奠定成为一門独立的科学开始到现在为止的近二百年，特别是最近的五十年，水力学和流体力学的成就，宛如百花盛开的花坛，竞相爭艳。在这一个时期中，有着如下所述的三个基本的特点。

第一，人类在这段短短的历史时期中，正在經歷着由封建社会、資本主义社会向社会主义和共产主义的过渡，束縛生产和生产力发展的桎梏，一个接着一个在历史面前粉碎和崩潰。特别是由于偉大的十月革命和中国及其他社会主义国家革命的胜利，社会生产力犹如放开了繩繩的駿馬向前飞奔。生产发展的需要向水力学和流体力学提出了极其广泛和深刻的要求。例如，在这一段时期之中，人們发现了流体的二种性質完全不同的运动状态——层流和紊流，因而在水力学和流体力学的面前，提出了一个极其困难的紊流問題。又如由于高速航空事业、流体动力机械和都市給水工程的发展，要求計及流体的可压缩性以及由此而产生的一系列的許多极其困难的問題。由于巨大的水工建筑的需要，产生了异重流和水流掺气等非单一的水流运动。有机化学的发展产生了胶体运动的問題。特别是由于原子物理和火箭事业的发展，在人們面前提出了不連續的流体的运动的問題等等。这些問題

的提出，無論就其範圍的廣泛、多樣性和內容的深刻性來說，都已遠遠超出了十八世紀科學成就所能解決的範圍。

第二，在同一時期中，由於生產力發展而引起的自然科學技術的迅速發展，使人類認識自然的能力有了無可估量的提高。例如，為牛頓所奠定的運動的相似原理現在已發展成為一整套完整的相似理論，因而使得對原形和模型的實驗觀察和研究有了理論的根據。由於電子、放射性同位素、半導體等新技術的發展，又使得水力學與流體力學的實驗能夠廣泛地運用這些近代的成就作為觀察和測量的工具。這二者互相结合，就使得水力學和流體力學的實驗研究工作和過去相比起了根本的變化，一方面，憑借這些近代的測量儀器，使人們迅速地發現了過去所難於或不可能發現的流體的運動現象和運動規律（如流體的脈動，層流邊層，邊界層等），另一方面，根據相似理論和其他理論的指導，使人們較易於根據這些觀察的資料，把它抽象成為帶有普遍性的定量的規律，從而使理論研究與實驗觀察緊密地結合了起來。此外，由於數學的不斷發展和完備，電子計算機的出現，大大地解決了許多過去由於數學的困難所不能解決的問題（如求出某些流體力學中的微分方程式的解）。特別是在自然科學的普遍發展的過程中，發現了它們之間存在着普遍的聯繫，人們利用這種聯繫（或相似）發展了電模擬這一類的新型科學技術，使很多過去由於數學和物理上的複雜而難於解決的水力學和流體力學問題得到了簡單的解決（如管網和流網的電模擬）。

特別是自從馬克思創造了科學的辯證唯物主義以來，辯證唯物主義的觀點和方法愈來愈多地為人們所掌握，人們愈是自覺地運用它來認識世界，這就將大大縮短人們正確認識客觀世界的過程。

由於上述這些時代的特點；我們可以看到：一方面生產向水力學和流體力學提出的問題愈來愈複雜；而另一方面人類的認識能力也愈來愈提高，水力學和流體力學各分支的建立和水力學和流體力學差別的逐漸消失就是真實客體的無限複雜和人類認識的無限提高在這一時期對立統一的結果。可見，不管液體運動的客觀的性質是如何的複雜，我們總是能夠認識和掌握它的。

第三，由於上述的結果，即由於客觀的需要與主觀認識的可能相结合，從而一方面促使了水力學和流體力學各個分支的形成和建立，而另一方面又促使了由於歷史條件和自然科學條件限制而造成水力學與流體力學的分離在新的基礎上即理論與實際相结合的基本上統一起來。例如，由於航空和火箭事業的發展，流體力學方面促使了空氣動力學和氣體動力學的誕生和發展（後者計及了氣體的可壓縮性）。空氣動力學的奠基者是被列寧譽為“俄國航空之父”的儒柯夫斯基（Н·Е·Жуковский, 1847~1921），氣體動力學的奠基者是儒柯夫斯基的學生查浦雷金（С·А·Чаплыгин, 1869—1942）。由於蘇聯大規模的巨大水工建築物的建立，在巴甫洛夫斯基（Н·Н·Павловский, 1884~1937）領導之下，蘇聯學者對蘇聯水工實踐方面的問題進行了系統的總結和深入研究，從而形成了與水利工程緊密聯繫而又能很好為之服務的工程水力學。特別是對於水流消能，明渠水流及地下滲流等方面的研究成績尤為巨大。此外，還有儒柯夫斯基對於水錘現象的研究，維立克洛夫關於泥砂運動的研究等等。

從整個水力學和流體力學發展的歷史中我們可以看到，水力學和流體力學作為一門研究液體的機械運動的普遍規律的科學，它反映出人類認識和掌握這些規律乃是由實踐（生產活動）——認識（抽象化）——實踐（檢驗、修正理論和推進生產，由簡單到複雜，由低級到高級的發展過程。它深刻地反映出自然科學之間相互的辯證關係。而這些正是毛澤

东同志在他的另一重要著作“实践論”中所教导給我們的認識客观世界唯一正确的方法。所以，必需以毛澤东思想为指导，运用辯証唯物主义的观点和方法来进行学习，才能学好水力学，而水力学的学习，又将有助于学生对辯証唯物主义和历史唯物主义世界觀的形成。

解放前的中国，由于广大的劳动人民一直受着封建的經濟剝削和封建的政治压迫，近百年來又复遭遇到連綿不断的帝国主义的侵略，从而束縛了中国社会生产力的发展，使自然科学不可能取得繁荣昌盛的先决条件，因而未能使我国劳动人民的才智充分显露出来。

建国十年来，我国在水利建設事业和发展水力学方面的偉大成就：解放十年来，在中国共产党和毛澤东同志的领导下，我国开始了一个嶄新的历史时代。束縛生产力发展的社会制度已被彻底摧毀，人民当家作了主人，也为水利和水利科学事业的发展，开辟了无限广闊的前途。十年对整个个人类历史发展來說，只不过是短短的一瞬，然而，就是在这短短的十年中，我們进行了翻天覆地的經濟建設，水利建設的成就震动了世界，并使祖国山河的面貌发生了极大的变化。

在解放前，我国由于受到社会制度和科学技术条件的束縛，虽然进行了可歌可泣的持續达数千年之久的治理黄河的斗争，但还没有一条河流进行过全流域的有系統的治理和开发。十年来，我們对于我国的几条主要的巨大河流，如淮河、黄河、海河、珠江、辽河、长江和松花江，都已在不同程度上开始进行治理开发，有的已經受到基本控制（如淮河流域），有的即将受到基本控制（如黄河、海河），有的也做了重要的防洪工程（如长江、珠江、辽河、松花江等）。同时，在小型为主、社办为主、蓄水为主的“三主”方針的指导下，对山区水土保持、山区水利化、灌溉和洼涝地区的治理，都进行了巨大的工作。

和江河治理工作相配合，在农田水利方面，通过1952年和1956年两次水利建設高潮和1958年的大跃进，共修筑中小型水庫渠道四百多万处，塘坝一千五百多万处，水井一千一百多万眼，全国灌溉面积已經由1949年的二点四亿亩发展到現在的十万七千万亩左右，相当于几千年来累积形成的灌溉总面积的三倍以上。

这些水利工程保证了我国农业的連年增产。特别是1957年冬开始的水利建設高潮中所修建的水利工程，不仅連續抗御了1958年和1959年两次严重的水旱災，并且使1958年的粮食增产，1959年的粮食在1958年大幅度增产的基础上再增产。

在水能利用和水力机械方面，这几年我們修建了或正在修建几十座規模巨大的水利樞紐工程（如黄河46梯級中的三門峽、刘家峽、盐鍋峽、青铜峽、三盛公、位山等）。增加了排灌动力机械二百九十多万馬力。在水力采煤、施工等方面也有很大发展。我們現在已經能够制造七点二五万瓩的水輪机等。

在水利和水电技术方面，我国已經能够完全依靠自己的力量，設計和建設一百万瓩以上的水电站，几个月就可修成一座过水一萬立方米/秒的水閘。我們能在一年內同时开工修筑十几座坝高五十米到一百零九米的土坝、堆石坝、重力坝、連拱坝、大头坝等各种类型的大坝。我們水利电力的技术水平在許多方面已經达到和超过了国际水平。

巨大的水利工程实践，有力地推动了水利科学事业的迅速发展。例如为了建筑大量中、小型的閘坝的需要，对中、小型工程閘下消能問題作了大量的試驗研究，对于閘下消能方式、水流的銜接和冲刷有了系統深入的掌握。由于中、高水头建筑物的大量修建，向水力学提出了掺气的基本理論，气蝕現象、动水压力脉动和高水头建筑物下游消能等新的問題。这些問題正在全国上百个单位的大协作下緊張地进行着研究。又如，为了控制黄河及其他多砂河流的泥砂运动，对于泥砂运动規律的探求，已获得了可喜的成就。伴随着黄