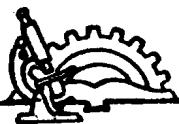


高等学校試用教科書



水 力 学

SHUILIXUE

上 册

唐山铁道学院水力学教研组編

范 治 綸 主 編

人 民 教 育 出 版 社

高等学校試用教科書



水 力 学

SHUILIXUE

上 册

唐山铁道学院水力学教研组編

范治綸主編

人 民 教 育 出 版 社

高等学校試用教科書



水 力 学

SHUILIXUE

下 册

唐山铁道学院水力学教研组编

范治纶主编

人 民 教 育 出 版 社

本书是唐山铁道学院水力学教研组编写的，于1961年1月由人民铁道出版社出版。同年4月间，经华东水利学院、武汉水利电力学院、天津大学、清华大学、大连工学院、成都工学院、华中工学院及南京工学院等校水力学教研组的有关教师略加修订后转交人民教育出版社上、下两册再版。1962年2月，复经唐山铁道学院水力学教研组根据本书初版以来各院校使用情况，作了些必要的修订，仍分上、下两册出版。

本书除绪论外，分为十一章：静水力学，动水力学基础，液体流动的阻力和水头损失，液体在有压管中的均匀流动，孔口、管嘴和液体的射流，明渠中液体的均匀流动，渠道中液体稳定非均匀渐变流动，水跃和上下游水面衔接，堰流，地下水运动及离心式抽水机。各章都附有例题。

本书可作高等工业学校土建、地质、采矿等类专业“水力学”课程的教材，亦可供有关工程技术人员参考。

本书编写和修订工作的具体分工为：范治纶（第六、七、八、十章），荣深澍（绪论、第二、十一章），金学易（第三、五章），黄宽澍（第九章），曹景风（第一章），任云、黄儒欽（第四章），并由范治纶负责主编。

水 力 学

上 册

唐山铁道学院水力学教研组编

范治纶主编

北京市书刊出版业营业性可发字第2号

人民教育出版社出版（北京景山东街）

人民教育印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号K15010·1026 开本850×1168^{1/32} 印张8^{9/16} 插页1

字数215,000 印数11,501—13,500 定价(7) 1.00

1961年7月新1版 1963年5月北京第5次印刷

本书是唐山铁道学院水力学教研组编写的，于1961年1月由人民铁道出版社出版。同年4月间，经华东水利学院、武汉水利电力学院、天津大学、清华大学、大连工学院、成都工学院、华中工学院及南京工学院等校水力学教研组的有关教师略加修订后，转交人民教育出版社，分上、下两册再版。1962年2月，复经唐山铁道学院水力学教研组根据本书初版以来各院校使用情况，作了些必要的修订，仍分上、下两册出版。

本书除绪论外，分为十一章；静水力学，动水力学基础，液体流动的阻力和水头损失，液体在有压管中的均匀流动，孔口、管嘴和液体的射流，明渠中液体的均匀流动，渠道中液体稳定非均匀渐变流动，水跃和上下游水面衔接，堰流，地下水运动及离心式抽水机。各章都附有例题。

本书可作高等工业学校土建、地质、采矿等类专业“水力学”课程的教材，亦可供有关工程技术人员参考。

本书编写和修订工作的具体分工为：范治纶（第六、七、八、十章），荣深濤（绪论，第二、十一章），金学易（第三、五章），黄宽淵（第九章），曹景风（第一章），任云、黄儒欽（第四章），并由范治纶负责主编。

水 力 学

唐山铁道学院水力学教研组编

范治纶主编

北京市书刊出版业营业许可出字第2号

人民教育出版社出版（北京景山东街）

人民教育出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号K15010·1027 开本 850×1168 1/32 印张 10 1/16 插页 2

字数 273,000 印数 8,301—10,300 定价（7）¥1.20

1961年7月第1版 1963年5月北京第5次印刷

再 版 序

本书自 1961 年 1 月問世以来，承各院校水力学教师在使用过程中，提出了許多宝贵的意見，我們对此表示感谢，也据此作了些必要的修訂(包括分大小字排印)，使本书质量有所提高。惟以再版時間比較紧促，体会讀者的原意容有未周，修訂工作做得还很不够，也不一定恰当，仍希讀者随时多多提出意見，供日后作大修訂时参考。

唐山铁道学院水力学教研組

1962 年 2 月 唐山

初 版 序

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来来教学实践的基础上,在党的社会主义建設总路綫和“教育为无产階級政治服务、教育与生产劳动相結合”的方针指导下写成的。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專業課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。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,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,就成为此书的定稿。

水力学是工程技术专业中的一門基础技术課,它除了要結合专业的要求之外,还需要照顾到它本身所具有的完整性和系統性。因此教材內容既要有相当广闊和系統的理論基础,还要力求結合专业知識,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。第一至第六章屬普通水力学范畴,第七至第十章屬工程水力学范畴;第十一

章离心式抽水机为铁道给水这门课程取消后,在水力学教学大纲中新增加的内容。第一章的静水力学,第二章的动水力学原理和第三章的液体流动的阻力和水头损失是全书的理论基础,其他各章则属于一般性的应用(第四、五、六各章)和结合专业的应用及其理论基础(第七、八、九、十、十一各章)。

在各章节内容的具体安排上,我们力图贯彻理论联系实际的原则。那就是从具体现象或生产要求出发提出问题,从分析水力现象和运用实验方法着手来处理问题,并进行理论的概括,然后反过来指导实践,就是说,用来解决一般的或专业性质的问题。我们努力遵循这一原则写出了这本书,希望能有助于初学者的学习。

本书是在我院党委领导下由全体教师编写成的。具体业务是在范治纶教授的指导下进行的。全书编写大纲都经过集体讨论,然后在分别执笔、互提意见、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、铁道桥梁隧道和给排水等专业。本书在某些章节上分量可能较重,因此可在教学大纲要求的范围内,适当精简。对于其他对水力学有着近似要求的各专业,在酌予相应增删的前提下,一般也还能适用。

由于我们业务水平和教学经验的限制,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昨、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譯同志,均此致谢。

唐山铁道学院水力学教研组

1960年1月 唐山

上册目录

再版序	vi
-----	----

初版序	vii
-----	-----

緒 論	1
-----	---

一、引言	1
二、水力学发展簡史	5
三、液体的水力学定义	15
四、作用在液体上的力	18

第一章 靜水力学	27
----------	----

§ 1-1. 靜水压力及其特性	27
§ 1-2. 液体平衡的微分方程式及其积分	30
§ 1-3. 靜水压力的等压面·自由表面	35
§ 1-4. 重力作用下靜水力学的基本方程式	37
§ 1-5. 绝对压力·超压力·相对压力·真空	40
§ 1-6. 靜水压力图示	41
§ 1-7. 連通器中液体的平衡	43
§ 1-8. 测管高度·靜力高度	44
§ 1-9. 测管水头·靜力水头	46
§ 1-10. 真空	47
§ 1-11. 运动器皿中液体的平衡	50
§ 1-12. 測量压力的仪器	57
§ 1-13. 作用在平面上的靜水总压力和压力中心	63
§ 1-14. 矩形平面上的靜水总压力	63
§ 1-15. 曲面上靜水总压力的水平和垂直分力	69
§ 1-16. 阿基米德原理·潛体的平衡和稳定·浮体的平衡和稳定	75

第二章 动水力学基础	84
------------	----

§ 2-1. 动水力学概述	84
---------------	----

§ 2-2. 研究液体运动的二种方法	84
§ 2-3. 液体流束状运动的概念	87
§ 2-4. 微小流束的连续性方程式	92
§ 2-5. 理想液体运动的微分方程式(欧拉方程式)	93
§ 2-6. 不可压缩液体连续性的微分方程式	96
§ 2-7. 理想液体运动方程式的伯诺里积分	98
§ 2-8. 理想液体微小流束的(沿流线)伯诺里方程式	100
§ 2-9. 理想液体微小流束伯诺里方程式的水力学意义和能量意义	105
§ 2-10. 实际液体微小流束的伯诺里方程式	107
§ 2-11. 液体的渐变流动	111
§ 2-12. 过水断面平均流速·动量改正系数和动能改正系数	115
§ 2-13. 实际液体总流的伯诺里方程式	119
§ 2-14. 实际液体总流的伯诺里方程式运用举例	124
§ 2-15. 稳定流动时实际液体总流的动量变化定律	128
§ 2-16. 实际液体总流的动量定律运用举例	130
第三章 液体流动的阻力和水头损失	133
§ 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	133
§ 3-2. 液体流动的两种状态——层流和紊流	139
§ 3-3. 液体均匀流动的水头损失和基本方程式	147
§ 3-4. 液体流动在层流状态下的沿程水头损失	150
§ 3-5. 液体流动在紊流状态下的沿程水头损失	153
§ 3-6. 确定系数 λ 和 C 的公式	156
§ 3-7. 局部水头损失	163
§ 3-8. 液体流动的力学相似理论	170
§ 3-9. 因次分析理论—— π 定理	176
第四章 液体在有压管中的均匀流动	180
§ 4-1. 短管的水力计算	181
§ 4-2. 长管的水力计算	188
§ 4-3. 给水管网水力计算	195
§ 4-4. 有压管路中的水击	203
第五章 孔口、管嘴和液体的射流	218
§ 5-1. 液体经薄壁孔口的出流	218
§ 5-2. 液体经管嘴的出流	223
§ 5-3. 液体的射流	231
第六章 明渠中液体的均匀流动	234
§ 6-1. 概述	234

§ 6-2. 明渠均匀流的条件	234
§ 6-3. 明渠均匀流的计算公式	237
§ 6-4. 槽道断面形式	239
§ 6-5. 水力最佳的梯形过水断面	243
§ 6-6. 渠道水流的最大和最小允许流速	249
§ 6-7. 渠道水力计算问题的基本类型	252
§ 6-8. 无压涵管的水力计算	257
§ 6-9. 明渠均匀流水力学在天然河道中的应用	261

下 册 目 录

第七章 渠道中液体稳定非均匀渐变流动	255
§ 7-1. 渠道中的均匀流动与非均匀流动	265
§ 7-2. 渠道的种类	271
§ 7-3. 断面比能、临界水深	275
§ 7-4. 临界坡度	285
§ 7-5. 缓流、急流和临界流	288
§ 7-6. 渠道中液体稳定非均匀渐变流的基本微分方程式	290
§ 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	295
§ 7-8. 棱柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流的基本微分方程式	298
§ 7-9. 棱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	301
§ 7-10. 棱柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流水面曲线的分析及其实例	307
§ 7-11. 棱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	325
§ 7-12. 棱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	332
§ 7-13. 渠道断面的水力指数	335
§ 7-14. 棱柱形渠道中液体稳定非均匀渐变流微分方程式的积分	338
§ 7-15. 棱柱形渠道中的非均匀流问题及算例	344
§ 7-16. 天然河道中水面曲线之绘制	358
第八章 水跃和上下游水面衔接	377
§ 8-1. 水跃概述	377
§ 8-2. 水跃的种类	378
§ 8-3. 完整水跃的基本方程式	380
§ 8-4. 水跃函数、共轭水深及其图解	383
§ 8-5. 矩形渠道中的水跃	386
§ 8-6. 水跃的结构和能量损失	387
§ 8-7. 水跃长度	390
§ 8-8. 水跃的实验研究	393
§ 8-9. 波状水跃	395
§ 8-10. 水跃定位概述	396
§ 8-11. 上下游水面衔接的基本型式	397
§ 8-12. 底层流态下,上下游水面衔接的基本关系式	406
§ 8-13. 渠道底坡突变处的水面衔接型式	411
§ 8-14. 水工建筑物下游消能概述	416

§ 8-15. 消力池水力计算	421
§ 8-16. 閘下泄流	427
§ 8-17. 跌水、快速渠道和悬槽概要	423
第九章 堰流	432
§ 9-1. 堰的定义及分类	433
§ 9-2. 薄壁堰	436
§ 9-3. 宽顶堰	445
§ 9-4. 宽顶堰理论在水工建筑物水力计算上的应用	457
§ 9-5. 实用断面堰	467
§ 9-6. 侧堰	471
§ 9-7. 堰流流量公式的总结	472
第十章 地下水运动	475
§ 10-1. 概述	475
§ 10-2. 渗透模型、渗透流速	477
§ 10-3. 渗透基本定律	480
§ 10-4. 地下水均匀流动	484
§ 10-5. 狄蒲(Dupuit)公式	485
§ 10-6. 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	487
§ 10-7. 井和集水廊道	498
§ 10-8. 土壤(土堤)渗流	511
§ 10-9. 水工建筑物下的渗流	523
§ 10-10. 电拟法	530
第十一章 离心式抽水机	537
§ 11-1. 概述	537
§ 11-2. 叶片式抽水机的基本方程式	544
§ 11-3. 离心式抽水机叶片形状的选择	549
§ 11-4. 叶片式抽水机的性能实验、特性曲线与抽水机的选择	550
§ 11-5. 管路特性曲线与抽水机工作点的确定	556
§ 11-6. 叶片式抽水机的并联与串联	558
§ 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	561

附表

緒 論

一、引 言

1. 水力学的研究对象 現代水力学是应用力学的一部分。它是研究液体的机械运动的規律,液体和各种边界(主要是固体边界)之間的相互作用,以及运用这些規律解决实际問題的方法。

水力学研究的对象是物质液聚集态(簡称液体)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現出的宏观的热运动。这三門力学因所研究的对象的物理性质不同而互相区别,又因所表現出的运动的性质具有某些共同的特征而互相联系。

它們的共同特征主要地表現在以下三个方面:第一,这三門力学均只限于研究物质三种聚集态所表現出来的宏观的力学性质,而不探究引起这三种状态本质差别的微观的根据,因而可以把这些聚集态的物质均看作是連續的介质,从而运用解析数学方面所取得的某些成就,作为分析和解决問題的工具;其次,这三种状态的运动除气体尚需要考虑热运动的規律之外都服从为牛頓所发现的、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,这三門力学的差别也就同时消失(例如,当可以不計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結論)。

同时,这三种物质聚集态由于物理性质的不同(或分子結構的不同)因而表現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們具有高度的流动性,即在任意小的切应力作用下都会无限制地增大它的变形。他們实际上均不

能抵抗拉力,故有时統称为流体。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,因而它們也就遵循本质上不同的运动的規律,形成了各自的理論的体系。

我們既要掌握这三門力学的共同特征(这个特征已包含在我們已学过的刚体力学之中),从而指导我們对水力学的学习,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、条件和假設等等,从而解决有关水力学方面的实际問題,同时也就更加丰富和加深了我們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),但宇宙間不可能有單純的机械运动,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轉化为不可逆的热能而消耗掉(即不能再变为机械能),水力学常常用阻力作功来近似地估計这种机械能量的消耗,因而簡化了实际运动的复杂性。

2. 研究水力学的指导原則 研究液体的机械运动,也如同一切其他自然科学一样必需遵守对立統一的法則,就是应当从液体內部的对立性中(內部矛盾),从液体和其他物体的相互作用和相互影响中(外部矛盾)去揭发液体机械运动的規律。

所謂內部矛盾乃是指液体本身的微觀运动,即液体分子的热运动、分子間的相互排斥和吸引等等。这类矛盾虽受外部条件的影响,但不依賴外部条件而客觀地存在。它决定了液体的力学属性,是物理学和統計力学的研究范畴。

所謂外部矛盾乃是指液体与其他物体的相互作用和相互影响,即外物对液体的作用力和液体对外物的反作用力以及由此而引起的液体的机械运动。水力学和流体力学正是处理这一外部矛盾的科学。

和固体一样,每一外物如果对液体施加一作用力,則液体必有一大小相等方向相反的反作用力施加于外物,如万有引力、牽引力与摩擦阻

力、約束作用力与反作用力等等，每一組这样的力构成一組矛盾。在一定条件下，任何一組力的相互作用均可能导致液体的机械运动。液体和固体不同之处就是它具有流动性，即它在牵引力与摩擦阻力的相互作用下产生运动是无条件的，必然的。对于一个最简单的液体的机械运动来说，也许只包括以上所述任何一組或以某一組为主的力的矛盾，但对于一个具体的复杂的液体运动来说，通常是包括很多組这样的矛盾的。显然，我們有必要寻找一个能概括以上所述的一切的外部矛盾的公式来，以便使得所有上述的个别矛盾只是属于它(基本矛盾)的个别情况。这个基本矛盾可以表述为：外作用力总向量和慣性反作用力的大小相等而方向相反。大家知道，所有的外作用力可以通过几何的加減法把它們綜合成为相当于一个外作用力的总向量，这个总向量构成为上述基本矛盾的一个側面。至于液体(自然也包括固体和气体)則以大小相等而方向相反的慣性反作用力反作用于外物，这个慣性反作用力构成基本矛盾的另一个側面。同时液体本身却获得了大小与作用力成正比而方向与作用力相同的加速度运动以显示作用力的存在，这是牛頓第二定律的基本內容。

純粹研究液体的几何运动的各种可能形式(如位移、旋轉和变形)及其规律，而不探究引起运动的外力的作用就构成了运动学的研究范畴，而研究上述基本矛盾二个側面对立統一规律的部分則构成为动力学的研究范畴。运动的性质，一方面取决于运动的形式，另一方面取决于作用力的数量、地位与作用的方式。

水力学和流体力学研究方法上的差别在于，水力学把流体力学对于空間一維流动的結論来近似地估算实际上是三維空間的流动，即认为液体的諸运动要素只是沿某一坐标軸变化，而对垂直于这个坐标的平面上来说，取它的平均值。所以水力学的研究方法有时又称为平均法，其准确程度依工程实践而定，于是在使用上常附有一定的限制条件。由此可見，水力学的研究方法和一段的流体力学研究方法比較起

来要简单得多。但是,流体力学在数学上的困难很多,所以它們各有其优缺点,在某一具体問題上究竟应当采取什么方法,需要具体研究。

必需指出的是,几何运动依赖于所选择的坐标系,而作为物理量的力的对立是不依赖坐标系的。所以作用力与慣性反作用力的对立是相对的又是絕對的。說它是相对的,是因为同一个对立在不同的坐标系中慣性反作用力可以取不同的值;說它是絕對的,乃是因为它并不因坐标系的改变而发生力的对立的改变,只不过此时的一部分(或全部)慣性反作用力轉化为作用力而已。可見,在一定条件下(改变坐标系),慣性反作用力和作用力是可以互相轉化的。我們常常利用这种轉化,把一个对某坐标系說来是运动的問題轉变为对另一坐标系說来是一个靜止的問題,使概念或运算获得某种程度的簡化。如大家所熟知的,这就是所謂达兰貝尔原理。

3. 固体边界約束在水力学中的地位 水力学所研究的流体运动除射流外,均是在有固体边界約束之下进行的(可能是部分的約束,也可能是全部約束)。固体边界可以是靜止的,也可以是运动的。由于固体的不可透性,当液体接近固体时,迫使水流的运动改变其大小和方向,产生約束作用力与反作用力的对立。

約束作用力是作用力的一种形式,边界約束也只是約束的一种形式。边界約束并不总能使水流就范,有时水流也可能与边界相脫离来反抗边界对它的約束(必要时,我們还要研究与这种現象进行斗争的方法)。

人們正是利用这种边界約束或反約束的作用来迫使水流为人类服务,也正是这种約束和反約束构成了形形色色的实践上對我們所最感兴趣的各種水力学方面的問題。

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