

水 力 学

上 册

华东水利学院 编

科 学 出 版 社

TV 13
473
7

94441

水 力 学

(上册)

华东水利学院 编



科 学 出 版 社

1 9 7 9

P1140104
内 容 简 介

本书系统地阐述了水力学的基本概念和原理，在内容上既有一般水利工程所需的水力学理论和计算方法，又有专门问题的讨论，反映了我国自己的某些科研成果，每章都有取材于实际工程的例题。本书分上下两册出版。上册包括：概论、静水压力、水流能量转化和守恒原理与堰孔出流、水头损失与有压管流、水工建筑物上下游水流衔接与消能、明渠均匀流、明渠非均匀流、渗流、综合水利计算实例；下册包括：有压管道非恒定流、明渠非恒定流、水工建筑物的高速水流、挟沙水流、波浪运动、水力模型试验基础。

本书可作为高等院校水利专业教科书，也可供水利工程技术人员参考。

水 力 学
(上册)

华东水利学院编

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

湖南省新华印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1979年5月第一版 开本：787×1092 1/32
1979年5月第一次印刷 印张：18 1/3 插页：3
印数：0001—40,100 字数：416,000

统一书号：13031·843

本社书号：1204·13—2

定价：1.90元

前 言

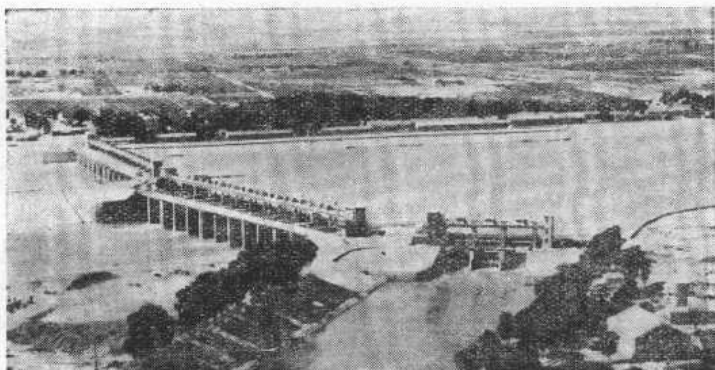
本书是结合我们多年来的教学经验编写的。在体系上进行了一定的改革，主要是试图在内容安排和阐述方法上能体现辩证唯物论的认识论。对各类水力学问题都力求先从工程实际提出问题，再分析水力现象，说明水力学概念，然后进一步阐述理论，提出计算方法，以解决工程实际问题。这样便于学习和理解，并有利于培养分析问题和解决问题的能力。在内容上既重视了理论与实际的联系，又保证了基本理论的完整性和严密性；既包括了一般水利工程所需的水力学理论和计算方法，还有某些水力学专门问题的论述；同时也反映了我国水利工程的一些实践经验和科研成果。

本书主要由我院水力学教研组集体讨论，分工编写，由许荫椿、胡德保、薛朝阳主编，参加执笔的还有刘润生、温丽林、马法三、李家星、张林夫、汪德燿等同志。此外，张书农教授以及龚崇准、程文辉、陈国祥等同志也参加了本书的编写工作。全书由黄文镛副教授审阅。最后，由我院党委领导下的《水力学》审查小组对全书进行了审查。

本书初稿曾由清华大学和水利电力部科学研究院的有关同志审阅，在编写过程中还得到南京水利科学研究所以及有关兄弟院校和工程部门的指导和支持，在此一并表示感谢。

限于我们的业务水平，无论在学术观点上还是具体内容上都难免存在缺点、错误，诚恳地欢迎广大读者批评指正。

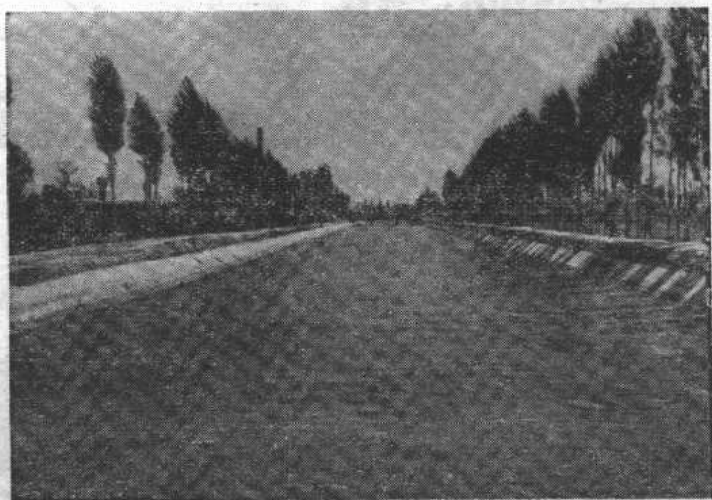
华东水利学院 一九七七年六月



山东省德州四女寺水利枢纽



江西省长冈水力发电站



宁夏回族自治区秦渠

目 录

第一章 概论	1
§ 1-1 水利工程中的水力学问题	3
§ 1-2 影响水流运动的主要因素	9
§ 1-3 水流运动的一些基本概念	18
第二章 静水压力	34
§ 2-1 概述	34
§ 2-2 静水压强分布规律	38
§ 2-3 压强的量测	46
§ 2-4 作用于平面上的静水总压力	52
§ 2-5 作用于曲面上的静水总压力	62
§ 2-6 浮力与浮体的稳定	68
第三章 水流能量转化和守恒原理与堰孔出流	77
§ 3-1 概述	77
§ 3-2 水流能量转化和守恒原理	80
§ 3-3 堰的过水能力	103
§ 3-4 闸孔过水能力	142
第四章 水头损失和有压管流	155
§ 4-1 概述	155
§ 4-2 管流沿程水头损失的影响因素及其关系式	157
§ 4-3 层流、紊流及其判别	163
§ 4-4 紊流特征及紊流半经验理论	165
§ 4-5 沿程阻力系数 λ 的试验研究	173
§ 4-6 谢才公式	179
§ 4-7 管流局部水头损失	181
§ 4-8 管流的水力计算	190

第五章	水工建筑物下游水流的衔接与消能	207
§ 5-1	概述	207
§ 5-2	缓流、急流、水跃现象	209
§ 5-3	动量方程、水跃的水力计算	222
§ 5-4	底流消能	240
§ 5-5	挑流消能	262
§ 5-6	面流消能	268
第六章	明渠均匀流	285
§ 6-1	概述	285
§ 6-2	明渠均匀流的水力计算	290
§ 6-3	明渠均匀流水力计算的其它问题	302
第七章	明渠非均匀流	311
§ 7-1	概述	311
§ 7-2	稜柱形明渠水面曲线微分方程	313
§ 7-3	稜柱形明渠水面曲线形状分析	315
§ 7-4	稜柱形明渠水面曲线计算	332
§ 7-5	非稜柱形明渠水面曲线计算	350
§ 7-6	天然河道水面曲线计算	355
§ 7-7	明渠弯段水流	387
§ 7-8	无压涵洞和隧洞的水力计算	405
第八章	渗流	424
§ 8-1	概述	424
§ 8-2	渗流的基本定律	429
§ 8-3	无压渐变渗流的基本方程及其浸润线	437
§ 8-4	土坝渗流	445
§ 8-5	井的渗流	459
§ 8-6	恒定渗流的基本方程	466
§ 8-7	恒定平面渗流的图解法	474
§ 8-8	计算渗流压力的直线法	491
§ 8-9	恒定平面渗流的有限单元解法简介	494

第九章 综合水力计算实例	505
§ 9-1 水闸水力计算实例	505
§ 9-2 拦河溢流坝水力计算实例	516
§ 9-3 河岸溢洪道水力计算实例	528
§ 9-4 有压隧洞水力计算实例	540
附录	549
附表 I $i > 0$ 的函数 $\varphi(\eta)$ 值	549
附表 II $i = 0$ 的函数 $\varphi(\xi)$ 值	555
附表 III $i < 0$ 的函数 $\varphi(\xi)$ 值	561
图解 I 梯形断面明渠临界水深 h_k 求解图	563后
图解 II 矩形断面明渠临界水深 h_k 求解图	565
图解 III 矩形断面明渠水跃共轭水深 h' , h'' 求解图	566
图解 IV 建筑物下游矩形断面明渠收缩断面水深 h_c 求解 图	567
图解 V 矩形断面明渠消力池深度 d 求解图	568
图解 VI 矩形断面明渠消力墙高度 s 求解图	569
图解 VII 梯形、矩形、三角形断面明渠均匀流水力计算求解 图	570
图解 VIII 梯形及矩形断面明渠正常水深 h_0 求解图	570后
图解 IX 梯形断面明渠水力最佳断面求解图	571
图解 X $\frac{1}{K}$ 求解图	572

第一章 概 论

“人的认识，主要地依赖于物质的生产活动，逐渐地了解自然的现象、自然的性质、自然的规律性、人和自然的关系。”（毛泽东《实践论》）人类在改造自然的长期斗争中，特别是在除水害、兴水利及修建其它工程的生产活动中，通过反复实践总结，逐步认识了液体机械运动的各种规律，形成了水力学这门学科。因此，水力学是研究液体（主要是水）机械运动规律及其应用的一门技术科学。水力学不仅在水利工程中广泛应用，而且在机械、冶金、化工、石油工业和城市建筑等工程中也得到应用。

毛主席指出：“中国的长期封建社会中，创造了灿烂的古代文化。”（《新民主主义论》）几千年来，我国劳动人民在与水患作斗争和发展生产的长期过程中，发展了我国的水利事业，也积累了许多关于水流运动规律的知识。例如，相传四千多年前，大禹带领广大劳动人民采用疏通河道的办法，战胜了黄河流域发生的一次大洪水。这说明当时已认识到“水往低处流”这一自然规律。又如在奴隶制向封建制过渡的春秋战国末期，秦国为了消除岷江水患，发展生产，完成统一中国的事业，在四川灌县修建了著名的水利工程——都江堰。它把岷江水流分为内、外两江，并能按照灌溉和防洪的要求分配枯水期和洪水期的水量。在枯水期，大部分水量进入内江，满足了下游灌溉用水的需要；在洪水期，大部分水量从外江泄走，保证了下游灌区的安全。这说明我国人民在二千三百年前就对一定水头下通过一定流量的堰流理论已有一定的认识。又如明朝

潘季训总结了劳动人民与黄河水患斗争的丰富经验，提出了“塞旁决以挽正流，以堤束水，以水攻沙”的治黄措施。就是说，堵住黄河两岸的决口，修筑坚固的堤防，把洪水约束在宽度不大的河槽内，使水量集中，流速增大，把大量泥沙输送入海，因而河槽不致淤积，免除泛滥之灾。可见当时对流速（水流的速度）与过水面积成反比和一定大小的流速可以挟带一定数量的泥沙的规律已有相当认识。此外，随着古代农田水利和航运等事业的发展，对河渠水流运动规律也取得了一定的认识。以上说明我国古代劳动人民，对水流运动规律的认识是与社会制度的变革和生产力的发展密切相关的。但是由于我国长期处于封建统治下，社会生产力发展迟缓，水利事业也停滞不前，对水流运动规律的认识也只停留在感性认识阶段。鸦片战争后，我国更逐步沦为半封建半殖民地社会。在国民党反动派的反动统治下，社会生产力受到严重束缚，水利失修，水旱灾害日益严重，劳动人民生活在水深火热之中。

新中国成立后，社会主义制度使社会生产力得到空前解放，同时也为我国水利事业和水力学的发展开辟了广阔的前途。建国二十多年来，我国人民在毛主席革命路线指引下，掀起了一次又一次的水利建设高潮。在毛主席“一定要把淮河修好”，“要把黄河的事情办好”和“一定要根治海河”的伟大号召下，对淮河、黄河、海河等河流的开发和治理工作取得了显著成绩；在总路线、大跃进和人民公社三面红旗指引下，出现了全国性的水利建设高潮；经过无产阶级文化大革命，广大群众批判了林彪和王、张、江、姚“四人帮”的反革命修正主义路线，大大提高了人民群众的社会主义积极性，我国水利事业更加蓬勃发展。“水利是农业的命脉”。我国水利事业的光辉成就为农业连年丰产提供了有力保证。同时，在大规模水利建设的推动下，广泛地开展了水力学方面的研究工作，在

堰闸过水能力、水流消能、渗流、非恒定流、高速水流、挟沙水流和波浪运动等方面都取得了一定成绩，不但解决了许多工程实际问题，同时也促进了水力学学科的发展。今后，在毛主席无产阶级革命路线指引下，在以华主席为首的党中央的英明领导下，随着我国社会主义革命的继续深入和水利事业的发展，我国人民必将在水力学的研究方面取得更大的成绩。

§ 1-1 水利工程中的水力学问题

学习水力学时，首先应了解水利工程中存在那些水力学问题。下面以水利枢纽和灌溉工程为例来说明水利工程中常见的水力学问题。

一个水利枢纽通常包括挡水坝（混凝土坝和土坝等）、溢洪道（或泄洪隧洞）、水力发电站和船闸等主要水工建筑物，图 1-1 为某水利枢纽布置图。

对于混凝土坝（图 1-2），为了设计坝体断面和校核坝的稳定性，必须计算上、下游的水对坝体的作用力。当水处于静止状态时，这种作用力称为静水作用力。因水库水位高于坝下水位，水库中的水将通过坝基土壤或岩石中的缝隙向下游渗漏，这种流动称为渗流。校核坝体稳定性时，必须计算渗流对坝底的作用力；同时还应考虑渗流可能对坝基的破坏作用。

对于土坝（图 1-3），在坝身和坝基中都会发生渗流。设计土坝时，必须计算由于渗流引起的水库水量漏失和渗流可能对土坝的破坏作用。

对于溢洪道（图 1-4），首先必须计算需要多大的溢流孔尺寸才能通过溢洪道的设计流量（流量是单位时间内流过某一过水断面的水体体积，见 §1-3）。这就是溢洪道过水能力的计算。当溢洪道泄洪时，由于上下游水位差较大，水库的水

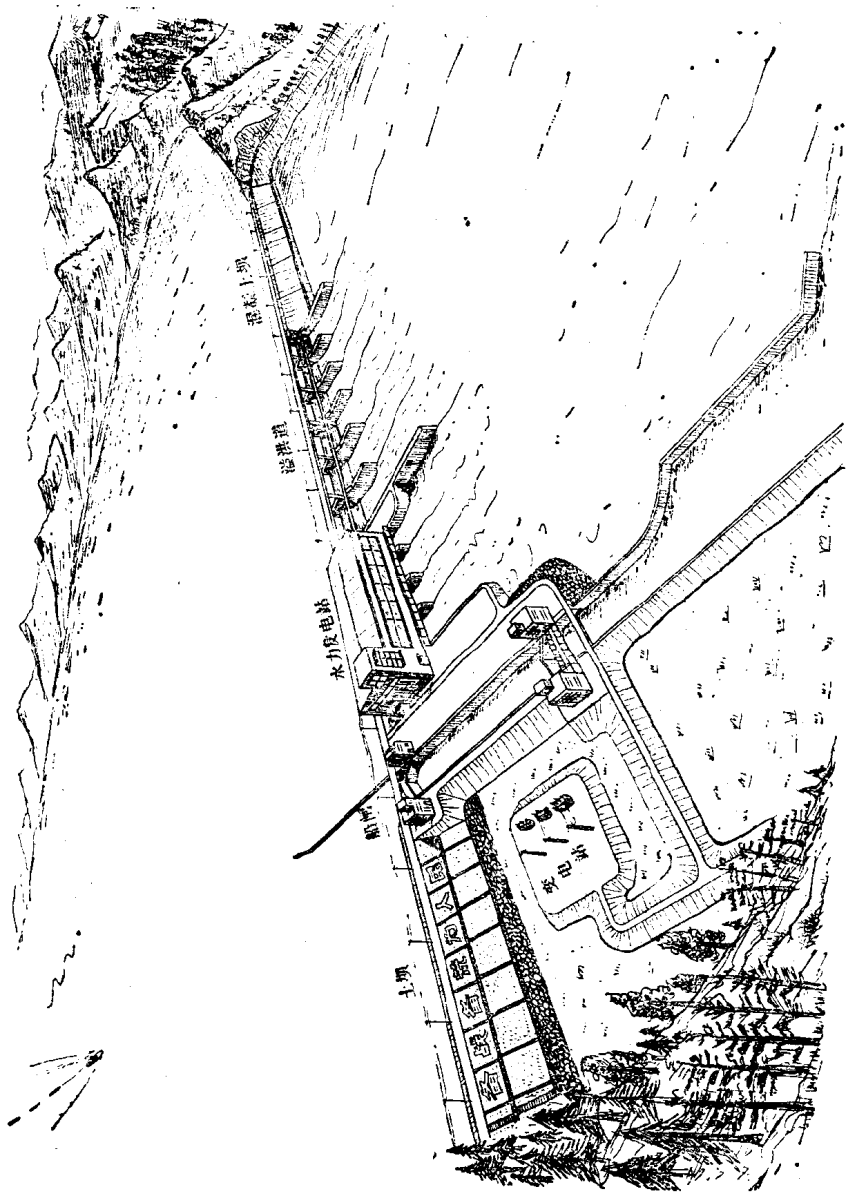


图 1-1

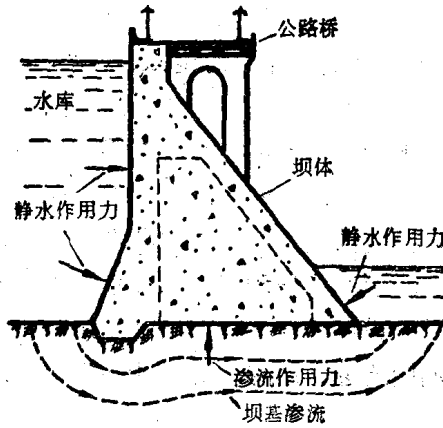


图 1-2



图 1-3

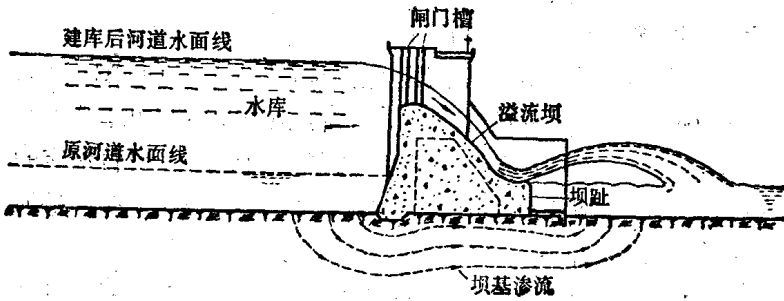


图 1-4

经由溢流坝坝面泄至下游时,往往具有较大的流速,可能冲刷和破坏下游河床及岸坡,甚至危及坝身的安全. 因此,必须采取措施,消耗下泄水流的部分动能,以减轻对下游河床和岸坡的冲刷作用;或者避免高速水流直接冲刷坝趾附近的河床. 这就是溢流坝下游水流的消能问题. 此外,还应计算闸门及坝面的静水作用力和坝底的渗流作用力. 在某些情况下则应计算流动的水对坝面及下游护坦的动水作用力.

对于泄洪隧洞(图 1-5),必须计算需要多大的隧洞断面才能通过隧洞的设计流量. 这就是隧洞过水能力的计算. 同时还应进行洞内流速、洞身的静水和动水作用力以及出口消能的计算.

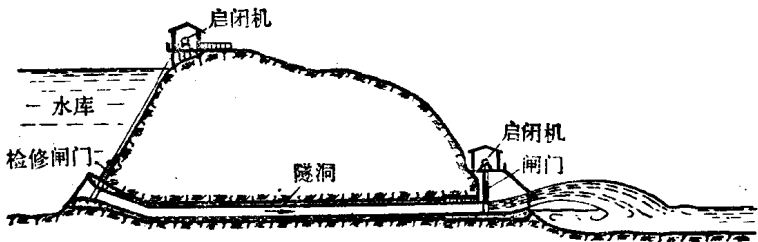


图 1-5

对于水力发电站和船闸,也必须进行管道过水能力和静水、动水、渗流等作用力的计算.

河道中筑坝后,抬高了坝上游河道中的水位(见图 1-4),可能淹没河道两岸的部分农田、乡村及城镇,并使两岸地下水位相应升高,影响作物生长等. 为了正确估计筑坝后水库的淹没范围,必须计算坝上游河道水位沿流的变化. 这就是河道水面曲线的计算.

以上所述是水利枢纽中常见的水力学问题. 下面再以灌溉工程为例来说明.

一个灌溉工程通常包括各级渠道和各种渠系建筑物。图 1-6 为一个从河道中引水的灌溉工程的布置图。河道水位被拦河坝抬高后,通过进水闸流入总干渠,再通过各分水闸流入各干渠及其以下的各级渠道进行灌溉。此外还建有涵洞、倒虹吸管、渡槽和跌水等各种连接渠道的建筑物。

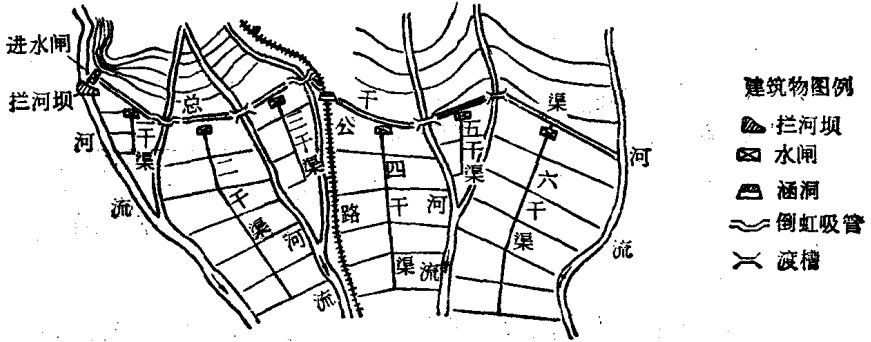


图 1-6

对于水闸(图 1-7), 必须计算需要多大的闸孔尺寸才能通过水闸的设计流量, 这就是水闸过水能力的计算。同时还应进行闸底板、闸墩和闸门的静水作用力, 下游消能以及闸基渗流的计算。

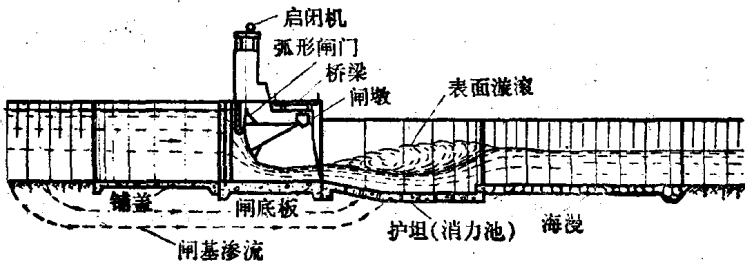


图 1-7

对于各级渠道，必须计算需要多大的渠道断面和底坡才能通过渠道的设计流量。这就是渠道过水能力的计算。当渠道中设有水工建筑物时，渠道水深将沿流变化，因此必须进行渠道水面曲线的计算。

对于陡槽(图 1-8)，则应计算进口段及槽身的水面曲线，以确定陡槽边墙高度；同时还应进行陡槽下游消能的计算。

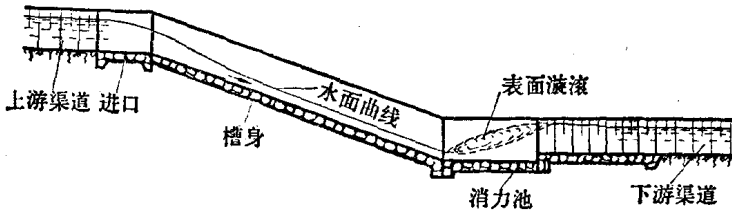


图 1-8

对于涵洞、倒虹吸管、渡槽和跌水，也应进行过水能力和出口消能等问题的计算。

以上介绍了水利枢纽和灌溉工程中常见的水力学问题。实际上任何一项水利工程的规划、设计、施工和运用中都会遇到各种水力学问题。通过上述两个工程的水力学问题的介绍，可以把水利工程中常见的水力学问题归纳为以下五类：

1. 水对水工建筑物的作用力问题：如闸门、坝身、闸身、管壁上的静水作用力和动水作用力问题；
2. 水工建筑物的过水能力问题：如溢洪道、管道、水闸和渠道的过水能力问题；
3. 水工建筑物下游水流的消能问题：如溢洪道、水闸、隧洞、涵洞、陡槽和跌水下游水流的消能问题；
4. 河渠水面曲线问题：如河道、渠道、溢洪道和陡槽中的水面曲线问题；
5. 水工建筑物的渗流问题：如土坝、混凝土坝和水闸的渗