

59840

TVI-37C1

水 力 學

B. A. КОМОВ 著

周 邦 立 譯



中 華 書 局 出 版

TVI-379

15-1-63C

中央人民政府高等教育部推薦
中等技術學校教材試用本



水 力 學

B. A. 柯莫夫著

周 邦 立 譯

中 華 書 局 出 版

本書係根據蘇聯國營農業出版社 (Государственное
издательство сельскохозяйственной литературы)
出版的柯莫夫(В. А. Комов)著“水力學”(Гидравлика)
1951年版譯出。原書經蘇聯農業部審定為農田水利、水力發電
站及農田水利工程機械化等中等技術學校教學參考書。

—— * 有著作權 · 不得翻印 * ——

水 力 學 (全一冊)

◎ 定價人民幣二萬六千五百元

譯 者	周 邦 立
出版者	中華書局股份有限公司 上海澳門路四七七號
印刷者	中華書局上海印刷廠 上海澳門路四七七號
發行者	中國圖書發行公司 北京廠線胡同六六號

編號:16064 (53,滬型,23開,225頁,354千字)

1953年5月初版

印數(滬)1—3,600

中央人民政府高等教育部推薦 中等技術學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國中等技術學校調整後的一項重大工作。在我國中等技術學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的材料，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和材料，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地翻譯蘇聯中等技術學校的各科材料，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國中等技術學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

水 力 學

目 次

引言	11—23
第1節 水力學是科學	11
第2節 液體最重要的物理性	14
第3節 液體的粘度及其測定法	20
第一部 液體靜力學	25—105
第一章 靜壓力	25—57
第4節 靜壓力及其特性	25
第5節 自由表面和等壓表面	29
第6節 總壓力、餘壓力和壓力計壓力的公式	31
第7節 液壓計高度和引用高度 真空	34
第8節 測量靜壓力的儀器	39
第9節 水頭的概念	42
第10節 連通器	45
第11節 靜壓力值的圖解說明	48
第12節 巴斯加定律	50
第13節 簡單水力機械	52
第14節 實驗與習題	55
第二章 液體對物體表面的壓力	58—96
第15節 液體對平面壁上的壓力	58
第16節 壓力中心	62
第17節 液體對容器底面的壓力	67

第18節	用圖解分析法求液體對矩形壁上的壓力	69
第19節	液體對矩形平面壁之壓力的幾個標準情形	72
第20節	橫梁在平面閘門板上的佈置	75
第21節	液體對圓柱形表面的壓力	81
第22節	液體對曲線表面之壓力的幾個標準情形	88
第23節	實驗與習題	92
第三章	物體在液體中的浮沉	97—105
第24節	亞幾米德定律和物體的浮力	97
第25節	浮體的穩定性	101
第26節	實驗與習題	103
第二部	液體動力學	107—418
第四章	液體的流動和伯諾里方程式	107—141
第27節	流動的基本要素及種類	107
第28節	軌跡、流線及元細流	108
第29節	液體流 緩差流	111
第30節	液體流的水力要素 流量和平均流速	113
第31節	差流和勻流, 壓力流和重力流	116
第32節	液體恆流的不斷性方程式	117
第33節	理想液體之元細流的伯諾里方程式	120
第34節	對於理想液體的伯諾里方程式之解釋	125
第35節	實際液體元細流的伯諾里方程式	129
第36節	實際液體流的伯諾里方程式	132
第37節	對於實際液體流的伯諾里方程式之解釋	135
第38節	伯諾里方程式的應用條件及其實用	138
第五章	勻流時的水力阻抗和水頭損失	142—164
第39節	阻抗種類和水頭損失 水頭損失的實驗求法	142

第40節	勻流的基本方程式	144
第41節	層流和紊流	146
第42節	液體流在紊流及層流狀態時的沿途水頭損失	151
第43節	局部水頭損失 水頭損失累計	155
第44節	實驗與習題	159
第六章	液體經孔口和管嘴出流	165—201
第45節	液體經薄壁小孔出流	165
第46節	在不變水頭時液體經薄壁小孔的流速及流量公式	167
第47節	液體經大孔出流	172
第48節	液體經平底槽溝中的閘門孔出流	176
第49節	液體經管嘴出流	183
第50節	液體在排空容器及變化水頭時出流	187
第51節	液體在變化水頭時從稜柱體容器中出流	191
第52節	噴射流的動力特性,噴射流衝擊障壁	194
第53節	實驗與習題	196
第七章	經過水堰的出流	202—236
第54節	水堰的分類 基本公式	202
第55節	經薄壁堰的出流	206
第56節	實用堰	210
第57節	闊頂堰	215
第58節	不隆起的闊頂堰、小橋及無水壓涵洞之孔徑的計算	223
第59節	三角堰、梯形堰和側堰	227
第60節	實驗與習題	233
第八章	水在明渠中的勻流	237—280
第61節	水在明渠中的勻流條件和計算公式	237
第62節	決定係數 C 的公式 糙度係數	240
第63節	槽渠的水力要素	246

第64節	最有效的槽渠水力斷面	248
第65節	最小滲流斷面 最大及最小容許流速 槽渠斷面的規定	253
第66節	槽渠水力計算的基本問題	256
第67節	應用數字表、曲線圖及貫線圖作梯形斷面槽渠的水力計算	261
第68節	洩水管和隧道的水力計算	268
第69節	排水管的水力計算	273
第70節	天然河道的計算方法	275
第71節	實驗與習題	278
第九章	液體在壓力管道中的流動	281—322
第72節	長導管的基本概念和計算公式	281
第73節	生鐵單導水管的水力計算	284
第74節	用各種材料所製壓力長導管的計算	289
第75節	複導管的計算原理	293
第76節	計及局部阻抗之單導管的計算 短導管的計算	298
第77節	虹吸管、抽水管及引水管的計算	304
第78節	在壓力導管中的水力衝擊	307
第79節	水力衝擊的種類、其消除方法及利用舉例	311
第80節	實驗與習題	317
第十章	水在明渠中的差流	323—375
第81節	引起差流的因素 基本情形	323
第82節	水在明渠中的差流理論之基本概念	325
第83節	稜柱體明渠中的緩差流基本方程式	331
第84節	正底坡稜柱體渠道中的回水曲線及降水曲線之種類和形狀	333
第85節	水在稜柱體渠道中的差流基本方程式之改組	339
第86節	用流量率的指數式方法計算正底坡稜柱體渠道中的回水	

曲線及降水曲線.....	343
第87節 用正底坡稜柱體渠道之差流公式來解決的基本問題.....	346
第88節 按巴夫洛夫斯基院士方法來構成任意一底坡的稜柱體渠道之回水曲線及降水曲線.....	352
第89節 天然河道中的降水曲線之構成.....	358
第90節 天然河道中的回水曲線基本方程式.....	361
第91節 構成天然河道水面曲線的巴夫洛夫斯基院士圖解法.....	366
第92節 實驗與習題.....	370
第十一章 水躍和渠道聯結.....	376—418
第93節 稜柱體渠道中的水躍,基本方程式.....	376
第94節 決定稜柱體渠道中的共軛水深.....	380
第95節 決定矩形渠道中的共軛水深.....	383
第96節 水躍長度 水躍時的能量損失.....	387
第97節 渠道聯結的理論基礎.....	389
第98節 消力塘的計算.....	398
第99節 多級跌水壁和急水段之護底區段的計算.....	404
第100節 實驗與習題.....	409
附錄.....	419—433

水 力 學

引 言

第 1 節 水力學是科學

水力學和它在生產上的意義 水力學是一門應用科學，它研究液體的平衡和流動底規律，探究應用這些規律來解決國民經濟各部門中最繁複底實際問題的方法。

水力學研究各種液體（水、石油及汞等）的平衡和流動底規律。這些液體中，特別是水，在國民經濟中具有巨大的作用，所以水力學以研究水為主。

水力學可分為兩大部份：(1)液體靜力學；(2)液體動力學。

液體靜力學，研究液體的平衡（靜止）底規律。

液體動力學，研究液體的流動底規律。

水力學的實際意義極為巨大。

水力學的規律，廣泛應用於下面各種設計和建築上：上下水道網、水力發電廠、各種蓄水池和蓄水庫、橋梁建築物及內河水道等方面。又如水力原動機、水泵設備及水壓機等計算，也都根據水力學的規律。

水力學在農田水利和農業水力工程方面，具有異常重要的作用。灌溉渠、排水渠、地下排水管道、灌溉及排水用的機器打水、各種在水利系統以及在農村給水及灌溉系統中的水工建築物等計算，都須根據水力學的規律。

在今日蘇聯國民經濟的各部門中，尤其在社會主義農業中，由於農田水利建設及農村水工建設的廣大發展，使水力學獲得了特殊廣大的應用。

在第四個斯大林五年計劃中，完成了規模巨大的農田水利工程，灌溉面積增加了 656,000 公頃，排水面積增加了 615,000 公頃。目前正在進行着灌溉中部俄羅斯高原 575,000 公頃土地的巨大建設工作。同時大批的農村水力發電廠也在建設中。在第四個斯大林五年計劃時期中，單是小型水力發電廠，就將建造一萬八千所以上。

蘇聯人民正進行着國內草原及森林草原地區規模宏大的改造自然的斯大林計劃。根據這一計劃，要在 1949—1955 年中，建築四萬多個蓄水池和蓄水庫。

在 1950—1951 年中，蘇聯人民在布爾什維克黨的領導下，以巨大的熱忱參加到偉大的共產主義新建設中去。在空前未有的短期間（5—6 年），蘇聯的勞動者們，將建成伏爾加河上的古比雪夫水力發電廠和斯大林格勒水力發電廠、第聶泊河上的卡霍夫水力發電廠、長達 1100 千米的土庫曼大運河、長達 550 千米的南烏克蘭運河及北克里米亞運河。

古比雪夫、斯大林格勒及卡霍夫三地的水力發電廠，每年將輸送出二百億千瓦時的電能。伏爾加河、阿母河和第聶泊河的河水，將灌溉和供給 25,000,000 公頃的沙漠及乾燥地面之用。

上面所述這些巨大任務的解決，都與水力學問題有關。

水力學的發展簡史 水力學範圍內的各種現象，早在遠古時代，已為人們所重視。與上水道、水中浮體、灌溉和利用水力原動機等有關的很多實際問題，也在遠古時代中獲得解決。

早在紀元前 3000—5000 年間，就出現了灌溉系統。水力原動機——水輪——也在距今二千多年之前已出現。

著名的沙赫羅特灌溉系統，中亞細亞最古的系統之一，建設在距今約一千年之前。

上述這些事實指明，屬於水力學的現象，早在遠古時代為人所共知。但是迄今尚未發現對於古代各項建築物的任何水力計算。因此，水力學成為科學的起始年代，通常即追溯到紀元前 250 年，那時正是亞幾米德

發見第一條水力學定律——液體加於浮沉其中的物體底壓力定律——的時候。

此後，由於中世紀科學停滯不進，水力學的發展很慢，直到十七及十八兩世紀，經巴斯加、牛頓、歐羅等研究的結果，再經達尼爾·伯諾里在俄羅斯科學院中研究之後，水力學才具有基本的理論基礎。

在十八世紀中，有一位俄羅斯的優秀水工學家富羅洛夫，他是當時最偉大的水工建築專家，在實用水力學方面貢獻甚大。富羅洛夫在阿爾泰地方茲米葉夫卡河上所建的堤壩，較之當時人們認為最巨大的建築物，即路易十四世的宮殿及噴水池的水工設備，更為卓越。

在水力學的繼續發展中，佔有最顯著地位的俄羅斯及蘇聯學者們有：米可夫斯基、巴夫洛夫斯基、沙脫凱維奇、赫里斯奇奧諾維奇、邱托烏沙夫、葉夫列伊諾夫、葉雪曼、費求尼可夫、阿格洛斯金、奧呼慶等人。

在蘇維埃政權的年代中，水力學有特別廣大的發展；同時，它的發展，是與蘇聯全部國民經濟的直線上漲，有密切的關係。

在社會主義社會的條件下，在這土地、地下富源、水和森林成為全國人民財產的地方，才可能集體利用國家的生產力；水力亦為其中之一。

在斯大林五年計劃年代中，蘇聯境內已建設了很多規模宏大的水工建築物，如：第聶泊河列寧水力發電廠、貫通白海與波羅的海間的斯大林運河、莫斯科運河、大菲爾干的斯大林運河、法爾哈特水力發電廠、涅維諾梅斯運河等等。

所有這些水工建設成績，猛烈加速了蘇聯水力學的發展，使其成為科學的主要部門，成為水工建築物的設計、建造及管理方面合理解決工程任務的基礎。

除此以外，在蘇聯境內，創立了廣大的科學研究機關網：專門研究水力學問題的研究所、實驗所及試驗站等。

結果，蘇聯水力學便迅速地充實了很多新方法和新解答；到現在，它早已遠超過國外的水力學。

理論和實驗在水力學發展中的作用 物理學的諸定律和理論力學，奠定了水力學的基礎。可是有很多水力學問題是非常複雜的，因此，若根據嚴格的數學分析，作理論的解答，常不能獲得成功。所以，水力學除了理論研究以外，還須廣泛採用實驗的方法。

首先，水力學中的實驗方法，決定了很多理論公式中所含的係數及修正值。其次，用這些方法，可以導出新的經驗公式。實驗方法補充了理論的研究，並且可能用它來實際解決最複雜的水力學問題。反之，把所得的經驗公式加以理論分析，便可將所得結論綜合起來，而推廣到過去曾進行研究的範圍中去。

在蘇聯境內的科學研究工作，在正確而廣泛底組織的基礎上，理論與實驗這樣地相互推動着，正保證了今後水力學的巨大成就；這些成就，將科學地解決蘇聯國民經濟各部門中更多而更巨大的問題。

第2節 液體最重要的物理性

液體的一般特徵 一種物質，含有幾乎無限流動的質點，並幾乎毫無牽引強度或其形易變的，那麼這物質的狀態，便稱做液體狀態。液體，由於其質點的易於流動，所以沒有一定的形狀，隨其容器形狀而變化。

但是，液體由於質點的易於流動，具有着一種保持其體積幾乎不變的特性；它對於企圖改變其體積的力量，表現出極大的抵抗力。

所以，液體的基本特性，即是它的質點的易於流動和它的體積的不易變更。

除了液體以外，氣體也具有質點易流動的特性；但是氣體與液體不同的是：它易被壓縮，並努力要佔有最大可能的容積，就是說它的體積特別容易變更。

因為質點的易流動是液體和氣體的一般通性，有時便把這兩種狀態的物理體態聯合一起，廣義上通稱為流體。同時爲了兩者互相區別起見，把原來的液體（實際上不受壓縮的）稱做真實流體，而把氣體稱做氣

態流體。

在水力學中，祇論述真實流體。至於氣態流體或氣體，則由熱力學和氣體動力學來研究。

在本書以後的敘述中，當說到“液體”時，即指真實流體，而首先是指對農田水利及水工學方面最重要的水。

現在來更詳細地考察液體的物理性。我們擬依次考察下列的特性：首先舉述一些液體體積不易變更的資料，此後再談及液體易流動的問題。決定液體體積不易變更的基本要素是：液體的壓縮性、受熱膨脹和密度。

壓縮性 液體受到壓力的作用，能略微變更其體積，這種性質，稱做液體的壓縮性。液體的壓縮性，用體積壓縮係數來表示。體積壓縮係數，用符號 β_v 表示，即對液體增加1個大氣壓力（即每平方厘米一仟克之力）時，其體積減少的比例數，就是：

$$\beta_v = \frac{w_1 - w_2}{w_1}, \quad \beta_v = -\frac{dV}{V dp}$$

式中： w_1 = 未受壓縮前的液體體積；

w_2 = 受到1個大氣壓力壓縮後的體積。

就水來說，當受到壓力在25個大氣壓力以下，而溫度在 $0^\circ - 20^\circ C$ 之間時，它的體積壓縮係數約為

$$\beta_v = 0.0000475 \sim 0.0000525 \div \frac{1}{20,000}$$

體積壓縮係數這一概念，是和彈性模數（通常用 E 表示）這一概念有關的。水在全面受壓縮時的彈性模數為： $E = 20,700$ 仟克/平方厘米。

由於液體的壓縮性極微小，故在解決大多數水力上的問題時，常把它的體積壓縮之值略去不計，且把液體看作在實用上不受壓縮的物體，但在解決管道中水力衝擊一問題（見第78—79節）時，則為例外，因為在這問題中，液體的壓縮性要計算得極精確。

受熱膨脹 液體也像其他物質一樣，能因溫度變更而改變其體積。這種特性就稱做受熱膨脹，並用膨脹係數來表示。膨脹係數，用符號 β_t 。

表示，即等於在溫度增高 1°C 時，液體體積增加的比例數，就是

$$\beta_t = \frac{w_2 - w_1}{w_1} = \frac{dw}{dt}$$

式中： w_1 = 加熱前的液體體積；

w_2 = 加熱 1°C 後的體積。

液體膨脹係數之值，隨其初溫和所受的壓力而不同。就水而言，在 1 個大氣壓力下，並在溫度 $0^{\circ}-10^{\circ}\text{C}$ 之間時，其膨脹係數值為 $\beta_t = 0.000014$ ；而在溫度 $10^{\circ}-20^{\circ}\text{C}$ 之間時， $\beta_t = 0.00015$ 。

因為實際上在一般條件下，液體所受的壓力不大（常祇有 1 個大氣壓力），而其溫度變動也不大，所以由膨脹結果所產生的體積變更是極微小的。因此，在解決農田水利、上水道及水工建築物方面的實際問題時，液體的體積變更和溫度變更，常略去不計。

因此，在工程實施方面，在平常的溫度變動及氣壓時，液體的體積變更極小，所以，幾乎在一切工程計算中，常將液體看作是實際不受壓縮的、並且在溫度變更時體積不變的物體。

密度 液體單位體積的質量，或液體質量對其體積的比值，就叫做液體的密度。密度用希臘字母 ρ 來表示，並按下面一公式來決定：

$$\rho = \frac{m}{w}, \quad (1)$$

式中： m = 液體的質量；

w = 該質量所佔的體積。

物體的質量（包括液體的質量），就是在該物體中所含有的物質的數量。

根據牛頓第二定律，物體質量的數值，可用物體重量對重力加速度的比值來決定，即

$$m = \frac{G}{g}, \quad (2)$$

式中： G = 物體（包括液體在內）的重量；

g = 重力加速度，在計算上採用 9.81 米/秒²。

從公式 (1) 和 (2)，不難確定密度的因次。在國際度量衡制（米、仟