

蘇聯內務部公路總局批准爲
道路機械中等專業學校教材

水力學與水文測驗學

Л. Ф. 柯麥金 Н. К. 魏利奇科 В. Е. 安努弗利耶夫合著

О. В. 安德烈耶夫校訂

陳肇和譯

人民交通出版社

蘇聯內務部公路總局批准為
道路機械中等專業學校教材

水力學與水文測驗學

Л. Ф. 柯麥金 Н. К. 魏利奇科 В. Е. 安努弗利耶夫合著

О. В. 安德烈耶夫校訂

陳 肇 和 譯

人民交通出版社

本書系統地闡述了水力學的一般理論知識及其在設計道路和人工建築物時的實際應用，此外，並敘述了水文測驗學的基本知識。書中理論推演均以初等數學為基礎；各章中並載有例題、測驗問題及習題等。為道路中等專業學校教科書，亦可供設計道路和人工建築物時實際應用。

書號：2023-京

水力學與水文測驗學

Л. Ф. КОМЯТИН, Н. К. ВЕЛИЧКО

В. Е. АНУФРИЕВ

ГИДРАВЛИКА И ГИДРОМЕТРИЯ

ДОРИЗДАТ

МОСКВА—1951

本書根據蘇聯道路出版社 1951 年莫斯科俄文版本譯出

陳 肇 和 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

新 華 書 店 發 行

機 械 工 業 出 版 社 印 刷 廠 排 版

慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1956 年 1 月北京第一版 1956 年 1 月北京第一次印刷

開本：31"×43" $\frac{1}{25}$ 印張：11 $\frac{17}{25}$ 張

全書：256,000 字 印數：1—1,600 冊

定價(8)：1.64 元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

目 錄

序言

第一章 基本概念	3
§ 1 水力學與水文測驗學的定義	3
§ 2 水力學發展簡史	3
§ 3 液體及其基本物理性質	8
§ 4 第一章的測驗問題和習題	16

水 力 學

第二章 水靜力學基礎	17
§ 5 液體一點處的水靜壓力及其基本性質	17
§ 6 水靜力學基本方程式	19
§ 7 液體的計示壓力和真空	22
§ 8 水靜能頭	27
§ 9 連通器內的液體平衡	31
§ 10 水靜壓力圖	33
§ 11 平面圖形上的液體總壓力。壓力中心	35
§ 12 沉於液體中的物體之平衡。阿基米德定律	42
§ 13 第二章的測驗問題和習題	46
第三章 水動力學基礎	48
§ 14 液流和流量的基本概念	48
§ 15 液體運動的分類	52
§ 16 液體運動的層流狀態和紊流狀態	57
§ 17 液流的連續性方程式	61
§ 18 水流斷面內液體質點的流速分佈。水文測驗管	62
§ 19 液體流束的水動力學基本方程式——伯努利方程式	67
§ 20 液流的水動力學基本方程式	73

§ 21	水動力學基本方程式的能量意義和幾何意義	75
§ 22	液流中的壓力、流速和流量之間的關係	81
§ 23	管中和明渠中的液體等速流基本方程式	84
§ 24	第三章的測驗問題和習題	88
第四章	明渠等速流	90
§ 25	基本的計算公式	90
§ 26	渠道和路溝的水力計算	94
§ 27	都市排水的水力計算之特點	105
§ 28	正常水深和正常流速的確定	108
§ 29	第四章的測驗問題和習題	115
第五章	管中液體壓力流	117
§ 30	管路水力計算的一般問題	117
§ 31	管路沿程水力損頭	118
§ 32	水頭的局部摩阻損失	124
§ 33	分岐管路的水力計算	130
§ 34	環形管路的水力計算	132
§ 35	動力裝置作業的基本概念	134
§ 36	第五章的測驗問題和習題	138
第六章	液體的孔口出流和管嘴出流	139
§ 37	液體經由薄壁上的孔口出流	139
§ 38	液體的管嘴出流	144
§ 39	第六章的測驗問題和習題	147
第七章	明渠中的液體變速流	148
§ 40	一般概念	148
§ 41	斷面比能, 臨界水深, 臨界坡度	151
§ 42	明渠變速液流方程式	155
§ 43	明渠變速液流情況下, 水流自由表面的可能形狀	162
§ 44	水躍	167
§ 45	上下游之連接	170
§ 46	消能	175
第八章	堰	178
§ 47	堰之分類	178

§ 48	矩形薄壁堰溢流液體的流量方程式	181
§ 49	寬頂堰溢流液體的流量方程式	183
§ 50	第八章的測驗問題	187
第九章	滲流(多孔隙媒質中的液體運動)	189
§ 51	壤中水	189
§ 52	滲流方程式	190
§ 53	排水明溝	198
§ 54	排水暗溝	202
第十章	道路人工建築物的水力學	205
§ 55	小型人工建築物	205
§ 56	按不淹沒堰方式工作的小橋橋孔計算	208
§ 57	按淹沒堰方式工作的小橋橋孔之計算	212
§ 58	小橋橋孔計算的程序	214
§ 59	當水流浸沒很廣時, 橋孔水力計算的特點	220
§ 60	無壓涵洞孔徑計算	221
§ 61	壓力涵洞的孔徑計算	230
§ 62	河槽的加固	237
§ 63	山麓上的小型過水建築物的來水渠與退水渠之計算	238
§ 64	滲透過水建築物之計算	249
§ 65	第十章的測驗問題和習題	253

水文測驗學

第十一章	水文測驗學基礎	254
§ 66	一般概念	254
§ 67	河流與湖泊中的水位變化之測量	257
§ 68	河中與湖中的水深測量	261
§ 69	河中水流速度的測量	264
§ 70	河水流量與全部水流斷面的平均流速之確定	271
§ 71	河流流量曲綫的繪製	273
§ 72	冰情的觀測	274
§ 73	第十一章的測驗問題	279

序 言

“水力學與水文測驗學”這一課程的學習，在培養道路專家的過程中佔着重要的地位，因為水力學與水文測驗學的知識是掌握設計道路和人工建築物的現代理論所必需的。

在幾個斯大林五年計劃的年代裏，道路的設計理論大大地發展了；特別是在這些年代裏創立了運輸建築物水力計算的一些新方法，改進了防止水對路基的破壞作用的方法。

斯大林改造自然計劃的實施——栽植護田林帶，建築水塘和蓄水池等等，從根本上改變了地表水流。

遵照偉大的共產主義建築師約·維·斯大林同志的倡議在伏爾加河與第聶伯河上所展開的宏偉的水力發電站工程以及大土庫曼、南烏克蘭、北克里米亞、伏爾加-頓等運河工程乃是我們這個時代的巨大建築物。它們將大大地改變建築地區及其相鄰區域的水量平衡狀況，從根本上改造這些地區的自然條件，並以人工建築物設計和水力計算的新方法來豐富技術。

由於實施斯大林改造自然的計劃，蘇維埃的道路工作者必須解決道路設計和施工的一些重要問題，為此，特別是技術幹部必須很好地掌握水力計算的方法。

直到現在，還沒有一本基於現代的科學水平來闡明水力學、人工建築物水力計算基礎和水文測驗學的中等專業學校教科書。這就促使著者們編寫了供道路機械中等專業學校作為教科書之用的這本書。

本書闡明一般的理論知識，以及水力計算理論在設計道路和人工建築物時的實際應用。

理論推演都是根據初等數學來闡明的。為使學生更好地通曉教材起見，本教科書內載有一些典型例題、測驗問題和習題，以及基本的實驗作業的內容，這些都是學生們必須完成的。

本教科書是按照現行的教學大綱編寫的。本書的內容使得它也可以用於相近科目的學習，特別是“汽車公路”課程的學習，並且也可以用於畢業設計。

本書第一、二、三、五、六、八、九諸章（第十、四十九、六十九、七十諸節除外）係 Л.Ф. 柯麥金編寫的。

第四章和第十章（第五十九、六十、六十一、六十三、六十四諸節除外）係 Н.К. 魏利奇科編寫的。

第七章和第九章（第四十三、五十二、五十三諸節除外）和第六十三、六十四兩節係 В.Е. 安努弗里耶夫編寫的。

原稿的修正、補充和總的校訂工作係由 О.В. 安德烈耶夫完成的；第十、四十三、四十九、五十二、五十三、五十九、六十、六十一、六十九和七十諸節也是他編寫的。

著者們感謝評閱者 А.И. 包哥莫洛夫和 А.И. 波爾托蘭諾夫的珍貴的意見和指示。

第一章 基本概念

§1 水力學與水文測驗學的定義

水力學是一門實用科學，它研究液體平衡與運動的規律，並探討這些規律在解決各種實際工程問題上的應用。

水力學分為兩個基本部分：水靜力學與水動力學；前者探討液體平衡的規律，後者則探討液體運動的規律。

水力學乃是力學的一部分，因此研究它時要依據物理學和理論力學的定律，此外，還廣泛地利用專門的經驗資料，即實驗資料。

水文測驗學是一門科學，它探討地球上的水分活動的各種數量特徵的記載和測量之方式與方法。例如：水文測驗學探討河中水位變化的記載方法，水流速度的測量方法等等。

道路、橋梁、水力發電站、上下水道、灌溉與排水渠系、水運等工程的勘察、設計和施工方面的許多工程問題都是根據應用水力學的定律和水文測驗的直接資料而獲得解決的。例如，根據水力學上的定律來確定運輸過水建築物——橋梁與涵洞的孔徑尺寸、堤壩的溢洪孔的尺寸、輸水管和下水道網的尺寸、動力裝置的功率和壓力水塔的位置高度、渠道斷面的尺寸、渠道底坡的數值等等。

在道路機械中等專業學校中，水力學與水文測驗學是研究像道路勘察設計和橋梁設計這些專業課程的科學基礎。

§2 水力學發展簡史

水，在人類生活中一向是起巨大作用的。早在遠古時代，人類就已經利用河流與湖泊作為航路。以後，開始利用水來對田地進行人工灌溉及作其他用途。人類學會了利用流水的力量和跌落下來的水的力量。同時，人類不得不和水作鬥爭；防止水破壞他們修建的道路、橋梁和其他

建築物。

因此，人類早就從事於研究水的性質，並且獲得了利用水來滿足人類需要的實際技能，這是很自然的事情。例如，在公元前幾千年內，人類已經會建築堤壩、蓄水庫和灌溉渠道、載重量比較大的船隻，居民區內揚水用的水車和其他建築物。

蘇聯境內保存下來的古老的工程建築物的遺跡（安納·阿什哈巴德省和沙赫盧德境內的灌溉工程，塞拉夫森、花拉子模、馬爾基安納境內的灌溉渠上的量水設備等等）證明：早在幾千年以前，我們的祖先已經會修建規模巨大的灌溉系統，並會進行灌溉渠內的水位觀測。

公元前 250 年的時候，希臘的學者阿基米德寫了一篇論文“論浮體”，文中首次闡明物體在水中的浮沉規律和穩定性。雖然沒有發現書面文獻，但是看起來，阿基米德所闡述的定律，在他以前已經為中亞細亞的人民所知道了。

在阿基米德之後，只在過了大約 1800 年以後，即在十六世紀—十七世紀時，由於以下諸人的工作才使水力學多多少少地得到了顯著的發展。這些人是：伽利略·斯忒藩，帕斯卡，牛頓等。他們確定了液體施於容器器底和器壁的壓力定律，水在連通器內的平衡定律，並且擬定了推求液體運動時所產生的摩阻力的方法。

俄羅斯的科學家，特別是蘇維埃的科學家們，在發展水力學與水文測驗學的事業中，有很大的貢獻^①。

十一世紀內，俄羅斯已經建成了自流輸水管，而在十六世紀到十八世紀，俄羅斯的“工程師”和“水匠”就以善於建築堤壩、渠道、深的土井和礦井而著稱。由俄羅斯編年史可見：在十五世紀之初，已經對莫斯科河的水情進行了系統的觀測。1708 年，按照彼得一世的指示，刊印了最早的俄羅斯技術書籍之一，書名是“使河中水流通暢的方法”。

① В. В. 達尼列夫斯基教授著：“Русская Техника”（俄羅斯技術）1948 年。Н. И. 法爾科夫斯基教授著：“История водоснабжения в России”（俄羅斯給水之歷史）1947 年。К. А. 米哈依洛夫院士和 А. И. 波哥莫洛夫講師合著：“Гидравлика, гидрология и гидрометрия”（水力學、水文學與水文測驗學）卷 I，道路出版社出版，1950 年。

跟封建制度的瓦解和工業生產的發展相關聯的一些社會經濟原因促進了水力學與水文測驗學的繼續發展。

十八世紀時，由於彼得一世的倡導，在俄羅斯開始了水工建築物的大規模建設，目的在於發展海運與河運，如：規模巨大的上沃洛茨克運河與船閘系統，它連通了波羅的海與裏海；連通北德維納河與卡馬河的運河系統；連通第聶伯河與西德維納河的別列津納運河系統等等。

基於這種大規模建設的經驗，一些人成長為當時的最優秀的建築師和機械學家，這些人是：М.И.謝爾裘可夫——上沃洛茨克運河系統的建築者，К.Д.弗羅洛夫——烏拉爾河上高達十八公尺的壩的建築者（1780年）等等。這些年內，還出現了最初刊印的有關水文學與水文測驗學的著作①。

聖彼得堡的俄羅斯科學院裏早在十八世紀時就已經開始從事水力學與水文測驗學問題的理論研究，並且獲得了卓越的成就。

偉大的俄羅斯科學家 М.В. 羅蒙諾索夫（1711～1765 年）發表過一系列的有關水力學的鉅著，其中有“論物體的硬性和流性”一文；他在這篇文中闡明了質量和能量守恒定律，該定律就是現代水力學的基石。

同一個科學院中的 Д. 伯努利教授（1700～1782 年）創立了運動的液體質點潛存能量的定理，而 Л. 尤拉教授用數學方法以方程式組的形式表示了這個定理，該方程式組是非常著名的。

М.В. 羅蒙諾索夫和 Д. 伯努利的著作乃是水力學的理論基礎。它們使得人們把水力學分離出來，成為科學上的一個單獨的部分。因此，按

① 諾維柯夫·尼古萊著：“Древняя Российская гидрография, содержащая описание Московского государства, рек, протоков, озер, кладезей и какие на них города и урочища и на каком оныя расстоянии”(古俄羅斯水路學，內容包括莫斯科國家、河流、天然水流、湖泊、水井的記述和沿途的城市、森林及其間的距離)，1733 年，聖彼得堡出版。

卡爾美柯夫·阿列克賽著：“Карманная книжка для вычисления количества воды, протекающей через трубы, отверстия или по жолубам, а так же силы с какой они (воды) ударяют стремясь с данной скоростью; с приложением правил для вычисления трений производимых в машинах”(計算流過管路、孔口或水槽的水量以及該流速下的水流衝擊力用的袖珍手冊；附有機器中所生摩擦力的計算法則)，1791 年，聖彼得堡出版。

理應該把 М.В. 羅蒙諾索夫和 Д. 伯努利認為是現代水力學的創始者。

基於 Л. 尤拉的工作，興起了和水力學相近的一門科學——流體力學；流體力學和水力學相反，在研究液體運動的規律時，僅僅使用數學分析的方法。

在十九世紀和二十世紀之初，俄羅斯的科學家們毫不間斷地繼續致力於發展水力學與水文測驗學。

1836 年，П.П. 麥爾尼柯夫出版了俄羅斯的第一本水力學教科書^①。1855 年，建立了俄羅斯的第一個水力實驗室（在彼得堡的交通工程師研究所）。1881 年，И. С. 葛羅米卡探討出了液體旋流理論基礎。1883 年，Н.П. 彼得羅夫從理論上論證了液體內摩擦假說，這個假說是牛頓發表的，但他沒能證明；彼得羅夫還給出了內摩擦力的數學式子，這使得他能够創立潤滑劑水動力學的嚴整理論，並使他能以推演出機器各部件間的摩擦的基本規律。1889 年，Н.Е. 儒柯夫斯基教授出版了他的壤中水運動理論，而在過了九年之後（1898 年）他又推演出管中水力衝擊的基本方程式。В.М. 駱赫廷在 1897 年之前，深入地探討了河渠水流的理論基礎。

十九世紀末，Д.И. 門德列耶夫教授^②在他的著作裏，第一個闡明了自然界中存在着兩種狀態的液體運動，而這兩種狀態下的摩阻定律是不一樣的。稍後，英國的一位科學家 О. 雷諾茲確定了這兩種運動狀態的數值特徵。

俄羅斯的科學家們可能達到無比巨大的成就，但是，沙俄時代的社會經濟基礎方面的缺陷妨礙了這種可能。沙俄是地主、資本家、專制制度的政府，當時工業是落後的，土地佔有制度是半農奴制的，對外是卑躬屈節的。俄羅斯科學家們的工作沒有受到重視，並且沒有受到鼓勵，然而科學和技術上的成就却首先被統治階級的一小撮人用來發財

① П. П. 麥爾尼柯夫著：“Основания практической гидравлики или о движении воды в различных случаях и действие ее ударом и сопротивлением”（實用水力學之基礎，或不同情況中之水流，及其衝擊與摩阻作用），1836 年。

② Д. И. 門德列耶夫著：Сочинения, т. VII, Геофизика и гидродинамика（論文，第七集。地球物理學與流體動力學），蘇聯科學院出版局，1946 年。

致富。

祇有偉大的十月社會主義革命才給俄羅斯全體人民創造了發展他們的創造力、利用科學與技術的成就以造福勞動者本身的廣泛可能。

在人類的最偉大的天才弗·伊·列寧和約·維·斯大林科學地探討出來的先進的社會主義原則上建立起來的蘇維埃國家，創造了對於科學與技術迅速興盛的特別有利的條件。

在弗拉基米爾·伊里奇·列寧的領導下所制定的、以“全俄電氣化委員會計劃”之名登諸史冊的、宏大的蘇聯電氣化計劃的實施，以及發展蘇聯國民經濟的天才的斯大林五年計劃的實施，在科學與技術工作者面前提出了一系列的最巨大的工程問題。這些問題的正確解決，需要發展科學與技術的一切部門，包括水力學和水文測驗學在內，並且還要求科學家們不是孤立地，而是集體地（全組的、全研究所的）在和斯達哈諾夫式的生產革新者的密切合作的情況下，毫不間斷的工作。

在短短的時期內，曾經建成了像第聶伯水電站、白海-波羅的海運河、費爾干運河、莫斯科運河、瓦赫什流域的灌溉系統、公路幹線、大橋等這些巨大的建築物。它們就是保證科學，特別是水力學和水文測驗學進一步迅速發展的學校和龐大的實驗室，並且也是在伏爾加、第聶伯河上和土庫曼境內修建的我國人民稱為共產主義建設的那些雄偉的水工建築物之實地準備工作。在這篇簡短的概論裏，我們不得不局限於僅僅列舉在蘇聯異常發展的水力學和水文測驗學的各基本部分，並且不得不局限於僅僅提出在這方面最有成就的一些科學家。

流體性質的動力理論充實了有關流體的學識（Я.И. 富蘭凱爾，1945年），而船隻在傾斜度很大時的穩定性理論充實了水靜力學部分（А.Н. 柯雷洛夫院士，1934年）。水動力學的各部分差不多都獲得了顯著的發展。液體運動的狀態和明渠水流的研究也得到了很大的發展（М.А. 維利康諾夫，А.Н. 科勒莫戈羅夫，Г.А. 古爾仁柯及其他諸人）。

明渠液體變速流的水力學增添了繪製水槽中的自由水面曲線的更精確的新方法，以及計算過水、溢水建築物和渠道的更精確的新方法（Н.Н. 巴甫洛夫斯基及其他諸人）。

水在土壤中運動的這一部分也得到了顯著的發展。

對於和管中水錘現象有關的許多問題都作了更加詳細的研究，擴展了 H.E. 儒柯夫斯基教授的理論解法。

管路計算的理論和方法也修正得更加精確。

一些特別卓越的水力學著作曾經榮膺斯大林獎金(Ф.Б. 聶爾松-斯科爾尼亞柯夫、Я.И. 富蘭凱爾、М.А. 拉夫連齊耶夫及其他諸人的著作)。

最後，總起來講，現代的水力學與水文測驗學，作為一門科學，已經達到了高度的水平。在偉大的共產主義建設——伏爾加河上的宏偉的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，第聶伯河上的卡霍夫卡水電站，土庫曼大運河，南烏克蘭運河，北克里米亞運河與伏爾加-頓運河——的勘查、設計和施工時，將利用水力學與水文測驗學的成就，並且它們還要得到更大的發展。

蘇聯人民在共產黨和蘇聯政府的領導下，用建築這些水力發電站和修建這些大規模的運河和灌溉系統的方法，使蘇維埃社會生產力向前邁進了新的巨大的一步，並且使蘇維埃的實力和經濟更加鞏固，同時將蘇聯勞動人民的生活福利提到更高的水平。

道路工作者在實現偉大的共產主義建設事業中也應該起重大的作用，他們要主持設計和建築通向水利樞紐的道路，修建運河沿岸和灌溉系統上的道路，設計並修建這些道路上的大量的人工建築物。這些任務的完成，也要求善於應用水力學與水文測驗學作為解決工程問題的基礎。

§3 液體及其基本物理性質

物理學上的物體可處於三種狀態：固體狀態，液體狀態和氣體狀態。

液體和氣體是很易流動的。

液體或氣體的質點的易動性是由於質點之間的內聚力微小而引起的；這些質點相對位置的變化，很易在極小的力的作用下實現；因此，液體和氣體具有和它們所在的容器形狀相同的形狀。氣體是特別容易流動的。

液體和氣體之間的區別在於：在壓縮和溫度的作用下，氣體的體積猛烈地變化，而同時，液體的體積在這種情況下，從實用的觀點來看，是並不變化的（即變化很小）。

液體體積變化微小的這種性質是由於液體對企圖壓縮它的一切力表現很大的抵抗。

液體的特徵是某些固定的物理性質；下面討論其中的一些性質。

液體的壓縮性

在作用於液體的外力的影響下，液體縮小其體積的這種性質就叫做液體的壓縮性。液體的壓縮性是很小的。例如，一公升的水，在攝氏零度且外壓力從零增高到 1 仟克/平方公分時，僅僅壓縮（即體積縮小）0.005%（0.0525 立方公分）因此，在解決實際問題時，通常都認為液體是不可壓縮的。

液體的單位體積重量^①

每單位體積的液體的重量稱為液體的單位體積重量；它等於液體的重量與液體體積之比，即

$$\gamma = \frac{G}{W} \left[\frac{\text{仟克}}{\text{立方公尺}} \right] \quad (1)$$

式中：G——液體的重量[仟克]；

W——液體的體積[立方公尺]。

由公式(1)可見：

$$G = \gamma W \quad (1, \text{甲})$$

即液體任意體積的重量都可以按液體的單位體積重量(γ)與其體積(W)之乘積來算得。

實際上液體並不受壓縮，並且對液體這種性質的精確的研究證明：施壓力於液體，和加熱於液體，僅僅引起液體單位體積重量的很小很小的變化。

① Объемный Вес 亦譯“容重”，今譯“單位體積重量”，以其易於瞭解之故——譯者註。

例如，一立方公寸的淡水，在溫度 $t = +4^{\circ}\text{C}$ ，和壓力為一個絕對大氣壓時，重 1 仟克。因此，水的單位體積重量等於

$$\begin{aligned}\gamma &= 1 \text{ 仟克/立方公寸} = 0.001 \text{ 仟克/立方公分} = 1 \text{ 克/立方公分} = \\ &= 1000 \text{ 仟克/立方公尺} = 1 \text{ 公噸/立方公尺}\end{aligned}$$

當溫度 $t = +25^{\circ}\text{C}$ (河水的溫度普通都在這個範圍內變化)，且壓力同樣為一個絕對大氣壓時，水的單位體積重量等於

$$\gamma = 0.997 \text{ 仟克/立方公寸}$$

即和 $\gamma = 1 \text{ 仟克/立方公寸}$ 幾乎沒有差別 (共差 0.3%)。

因此，人們都把由於壓力和溫度變化而引起的液體單位體積重量的變化忽略不計。

表 1 和表 2 分別列舉一些液體的單位體積重量在加熱時的實際變化。

表 1

一些液體在大氣壓力下的單位體積重量 $\gamma \left[\frac{\text{公噸}}{\text{立方公尺}} \right]$ 和密度 ρ

液 體 名 稱	溫 度 $t^{\circ}\text{C}$	單位體積重量 $\gamma \left[\frac{\text{公噸}}{\text{立方公尺}} \right]$	密 度 $\rho \left[\frac{\text{仟克} \cdot \text{秒}^2}{\text{公尺}^4} \right]$
淡水.....	4	1.0	101.9
淡水.....	15	0.999	101.8
海水.....	15	1.02	102.8
汽油.....	15	0.7*	71.1*
酒精.....	15	0.79*	80.5*
石油.....	15	0.88*	89.7*
甘油.....	20	1.2*	122.3*
水銀.....	0	13.6	138.9
25%到85%的硫酸 H_2SO_4	15	1.5*	153.0*
牛乳.....	15	1.03	104.0

附註：帶*的數字係表示 γ 和 ρ 的平均值；對於不同等級的液體來講，這些數值可能變化。

〔例題〕：確定溫度 $t = 15^{\circ}\text{C}$ 時裝滿於容積為 2 立方公尺的桶內之汽油重量。

〔解〕：根據表 1 知， $t = 15^{\circ}\text{C}$ 時的汽油單位體積重量等於 $\gamma = 0.7 \text{ 公噸/立方公尺}$ ；因此，根據公式 (1, 甲) 得汽油的重量等於

$$G = \gamma W = 0.70 \times 2 = 1.4 \text{ 公噸}$$

在大氣壓力下，不同溫度時的淡水之單位體積重量 γ

$$\left[\frac{\text{仟克}}{\text{立方公尺}} \right] \text{及運動黏滯係數 } \nu \left[\frac{\text{平方厘米}}{\text{秒}} \right]$$

水的溫度	水的單位 體積重量	運動黏滯係數	水的溫度	水的單位 體積重量	運動黏滯係數
$t^{\circ}\text{C}$	$\gamma \left[\frac{\text{仟克}}{\text{立方公尺}} \right]$	$\nu \left[\frac{\text{平方公分}}{\text{秒}} \right]$	$t^{\circ}\text{C}$	$\gamma \left[\frac{\text{仟克}}{\text{立方公尺}} \right]$	$\nu \left[\frac{\text{平方公分}}{\text{秒}} \right]$
0	999.87	0.0179	20	998.26	0.0101
3	999.99	0.0162	25	997.12	0.0090
4	1000.00	0.0157	30	995.76	0.0081
5	999.99	0.0152	40	992.35	0.0066
6	999.97	0.0147	50	988.20	0.0056
8	999.89	0.0139	60	983.38	0.0048
10	999.75	0.0131	70	977.97	0.0042
12	999.55	0.0124	80	971.94	0.0037
14	999.30	0.0117	90	965.56	0.0033
16	999.00	0.0111	100	958.65	0.0029
18	998.65	0.0106	—	—	—

由表 2 可見：在作建築物的水力計算時，實際上可取淡水的單位體積重量等於 $\gamma = 1 \text{ 公噸/立方公尺}$ 。

由表 2 還可以見到：淡水的最大單位體積重量等於 $t^{\circ} = +4^{\circ}\text{C}$ 時的 $\gamma = 1000 \text{ 仟克/立方公尺}$ 。當溫度升高到 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上，和降低到 $+4^{\circ}\text{C}$ 以下時，水的單位體積都減小。因此，把水加熱到 $+4^{\circ}\text{C}$ 以上時，熱的水層，重量較小，乃向上昇，而較冷的水層乃向下降；當把水冷卻到 $+4^{\circ}\text{C}$ 以下時，則發生相反的現象：較熱的水層，單位體積重量較大，乃向下降，而較冷的水層則向上昇。

當水凍結時，即水由液體狀態過渡到固體狀態（冰）時，水的單位體積重量減小，例如，小到 $\gamma_{\text{冰}} = 0.9\gamma_{\text{水}}$ ，而它的體積則加大到

$$W_{\text{冰}} = \frac{W_{\text{水}}}{0.9} = 1.1 W_{\text{水}}$$

換句話說，水在凍結時，體積膨脹。

以前曾經指出過：液體對企圖壓縮它的一切力表現很大的抵抗。因