

水力計算手冊

苏联П.Г.基謝列夫著

電力工業出版社

511
513/4401
K.7

水 力 計 算 手 册

苏联П. Г. 基謝列夫著
科学技术博士 В. Д. 儒林教授主編
陈 肇 和譯

电 力 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本手册是水力发电站各种水工建筑物設計和施工时的参考書。書內不仅包括普通水力学的問題，还闡述了一些專門問題，如：水錘和平衡水庫中的波动，土壩渗透和水工建筑物下面的渗透，豎井式溢洪道、虹吸式溢洪道和悬臂式溢洪道的計算，表面流态的計算，消力池与消力檻的計算，关于在流水中堆石的計算，波浪运动簡介，液体变量流簡介等等。書中列举了进行水力計算时所应用的各种最主要的公式、定义、实验系数及輔助圖表。此外，并附有一般性的数据，如数学用表、数学公式、液体性質等等。为了便于直接利用手册內所选材料，各表均附有簡單的說明。

本手册可供水能利用專業的工程师、技术員和高等院校师生参考。

本手册第十一章系由伍修焄譯，其余各章系由陈肇和譯，最后由伍修焄担任全部的校訂工作。

П. Г. КИСЕЛЕВ

СПРАВОЧНИК ПО ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАСЧЕТАМ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1950

水 力 計 算 手 册

根据苏联国立动力出版社1950年莫斯科版翻譯

陈 肇 和 譯

455867

电力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版業登記證出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 25印張 * 506千字 * 定价(第10类)3.80元

1957年1月北京第1版

1957年1月北京第1次印刷(0001—6,600册)

譯者的話

祖國的社会主义建設事業正一日千里地進展着。与此同时，党对水力發電建設工作也提出了艰巨而又光荣的任务。它須要水力發電工作者們傾其畢生的精力来完成。如所週知，苏联的水力發電事業是世界上最先进、最發达的，它所积累的無比丰富的宝貴經驗，正好供我們學習——學習苏联，如党和毛主席所諄諄教导的，是从事任何部門工作都必須遵循的一个重要原則。这一切，給我翻譯這本書以全部精神力量。

“水力計算手冊”的著者是在苏联享有崇高声誉的一羣學者。他們是把這本手冊獻給古比雪夫、斯大林格勒、卡霍夫卡水力發電站和土庫曼、南烏克蘭、北克里米亞运河等巨大的共产主义建設工程的興建的。在序言中，著者謙遜地寫道：“作者希望所編的這本手冊對這些巨大的水工建築物以及其他許多水力發電站和建築物的設計人員與建築師們有所裨益”。當然，它將給我國社会主义的水利建設，特別是水力發電建設帶來的裨益，是不言而喻的。

應當着重指出：這本手冊，在內容和結構上，是独具特色的。例如對於水錘、平衡水池、滲流、溢洪道等問題的闡述，甚至在苏联的各種水力学手冊中也可以說是獨步的，就是在尼·尼·巴甫洛夫斯基院士的名著“水力学手冊”中也沒有包括這些問題。

面對着內容如此淵博的著作，譯者的能力是十分不相稱的。在勉力逐譯的過程中，雖然相當廣泛地參考了有關書籍，並且多方請教先進，但錯誤與缺點恐怕仍所難免。謹以深切的期望，等待着讀者同志的修正意見。

最後，謹向為本書的出版付出了極大努力的各位同志致以謝意。

一九五五、除夕、北京

目 录

譯者的話	
原著者序	7
水力学文献中常見的若干術語	10
若干数学符号	14
希臘字母	15

第一章 常用表。各种輔助数据

甲、常用表

1-1. 某些小数的平方根与立方根	16
1-2. 数值的乘方、方根、倒数、圆周与圆面积	16
1-3. 正弦和余弦	19
1-4. 正切和余切	21
1-5. 常用对数 \lg 的定值部分	23
1-6. 自然对数 \ln	25
1-7. 数值 $N = n^2/3$	25
1-8. 数值 $N = n^2/2$	26
1-9. 数值 $h = \frac{v^2}{2g} = 0.05097v^2 (g = 9.81 \text{米/秒}^2)$	30
1-10. 数值 $v = \sqrt{2gh}$ (米/秒)	32

乙、各种輔助数据

1-11. 平面角的度量	32
1-12. 常見数值	33
1-13. 工程度量制和物理度量制	33
1-14. 地球上某些地点的 g 值(米/秒 ²)	34
1-15. 綫性量的度量	34
1-16. 面积或平方量的度量	35
1-17. 体积或立方量的度量	36

1-18. 重量的度量	36
1-19. 液体体积的度量	36
1-20. 水的体积和重量	37
1-21. 液体流量的度量	37
1-22. 压力的度量	37
1-23. 速度的度量	38
1-24. 功率的度量	38
1-25. 液体的相对重量 δ	39
1-26. 一立方米固体的重量(公吨)	40

丙、液体的基本物理性質

1-27. 密度和相对重量	41
1-28. 压缩性	41
1-29. 温度膨胀	42
1-30. 黏滯性	43

第二章 水静压力

2-1. 一点处的水静压力及其度量	46
2-2. 测压管(液体压力计)示意图, 水压机和水力活塞筒(圖2-3甲, 2-3乙, 2-3丙, 2-3丁, 2-4, 2-5)	49
2-3. 平面图形上的液体总压力	50
2-4. 曲面上的液体总压力	51
2-5. 閘門和其他水工建筑物部件上的水静压力	55
2-6. 液体的静定旋轉	65
2-7. 物体的浮沉	66

第三章 液体运动的基本概念

甲、一般公式

3-1. 流量、平均流速及河槽横断面的各要素	63
3-2. 达·伯努利方程式(稳定流)	70
3-3. 测压綫、能綫、水力坡度和测压坡度	74
3-4. 水流的能量和功率	77
3-5. 水流内水动压力 p 的分佈	73

乙、水力摩阻

3-6. 基本关系式	80
------------	----

3-7. 沿途損头的确定	81
3-8. 等速流时平均流速之决定	89
3-9. 局部摩阻	103

第四章 孔口出流

4-1. 洩入大气的自由出流	120
4-2. 收縮之影响	124
4-3. 液面下出流	128
4-4. 水位变化时的出流	129
4-5. 閘孔之計算(槽中閘下出流)	134
4-6. 管嘴(厚壁上的孔口出流)	140
4-7. 壩中洩水管計算(洩水管出流)	141

第五章 堰

5-1. 代表符号与基本公式	148
5-2. 射流的基本形狀	151
5-3. 薄壁堰(銳緣堰)	152
5-4. 实用断面堰	153
5-5. 寬頂堰	174
5-6. 斜交堰与平面圖成曲綫形的堰	179
5-7. 三角形堰和梯形堰	181

第六章 压力管路

6-1. 基本公式和关系式	185
6-2. 設計水力发电站的压力管道时, 粗糙系数的选择	190
6-3. 另外一些实际上应用較少的計算水力摩阻的公式	190
6-4. 压力管路水力計算的基本問題	195
6-5. 压力管道按材料强度条件决定的容許的極限不冲流速	200

第七章 明渠等速流(渠道之計算)

7-1. 基本的計算公式和关系式	202
7-2. 渠道横断面的形狀	203
7-3. 粗糙系数的选择	205
7-4. 梯形断面渠道的水力計算	211
7-5. 閉合断面渠道的水力計算。隧洞用的特种断面	238

7-6.按渠槽不受冲刷的条件决定的渠中容许流速·····	250
7-7.渠道的淤积·····	257

第八章 明渠变速流

8-1.基本方程式·····	262
8-2.稜柱形河槽中的自由水面曲线之绘制·····	277
8-3.水深固定而宽度变化的渠道中的变速流·····	302
8-4.天然河槽中的壅水曲线的绘制·····	307
8-5.水躍·····	316

第九章 变速流的个别情况和建筑物水力学

甲、变速流的个别情况

9-1.坡度的变换·····	324
9-2.流量的分配·····	328
9-3.上下游之连接·····	333

乙、建筑物水力计算示例及个别情况

9-4.按A.A.烏根秋斯教授的方法进行消力池与消力槛的水力计算·····	349
9-5.陡坡·····	361
9-6.跌水·····	373
9-7.溢流面上带消力屏的壩·····	380
9-8.豎井式溢洪道(依照A.H.阿胡庆教授)·····	397
9-9.虹吸溢洪道·····	403
9-10.堆石(抛石)于流水中以拦截水流(依照C.B.伊茲巴什教授)·····	413

第十章 不稳定流

甲、波瀾运动

10-1.波浪的基本特性·····	422
10-2.湧击波对直壁或对坡度陡于 1:1 的岸壁的作用·····	425
10-3.破碎波对直壁或坡度陡于 1:1 的岸壁的作用·····	428
10-4.破碎的余波对具有缓于 1:1 的波度的倾斜壁面的建筑物之作用·····	430
10-5.水电站引水明渠中的波浪现象·····	434

乙、水 錘

10-6. 水錘的基本量	445
10-7. 水錘計算的起始条件	446
10-8. 水錘压力的分析計算	449
10-9. 水錘压力的圖解計算	451

丙、平衡水庫

10-10. 导論	453
10-11. 平衡水庫水力計算原理	472
10-12. 平衡水庫最小面积的确定	474
10-13. 平衡水庫里水位波动的分析計算	475
10-14. 平衡水庫里水位波动的圖解計算	486
10-15. 考虑水輪机調节器的工作时, 平衡水庫里的水位波动之圖解計算	501

第十一章 地下水运动

甲、滲透的基本定律、地下水运动的方程式、

繪制地下水自由水面曲綫所用的公式

11-1. 滲透的基本定律和其中所包含的数值	504
11-2. 地下水無压流动的基本关系式	509

乙、在水利技术設計的个别情形中, 地下水运动方程式的解答

11-3. 地下水向垂直水井的入流	516
11-4. 水平排水設備	521
11-5. 在建筑工程施工时期基坑的入流	528
11-6. 渠道的滲透	539
11-7. 土壩的滲透	542

第十二章 液体变量流

12-1. 基本方程式	591
12-2. 明渠中的自由水面形狀	592
12-3. 液体变量流的个别情况	594

第十三章 水力机械

13-1. 水輪机	610
13-2. 槳叶式水泵	636

华俄人名对照表	647
---------	-----

原 著 者 序

我們所編的这本“水力計算手冊”系供水電專業的工程師、技術員和大学生使用的。按照其目的，手冊內包括在進行水能利用方面所應用的各種建築物的水力計算時所需要的或有用的一些最主要的公式、定義、實驗系數的數值以及各種輔助圖表。

手冊內的材料在必要時均附有簡單的說明，以方便於在水力發電站各種水工建築物的設計和施工中實際利用这本手冊作為參考書。由於同樣的理由，在手冊內不僅包括普通水力學的問題，並且還包括許多最常應用的專門問題。其中有這些問題，如水錘和平衡水池中的波動，土壩的滲透和水工建築物下面的滲透，渠道的滲漏，豎井式溢洪道和虹吸式溢洪道的計算，“表面流態”的計算，消力池與消力檻的計算，懸臂式溢洪道的計算，關於在流水中堆石的計算，波浪運動簡介與液體變量流簡介，水力機械簡介等等。此外，本手冊內還載有關於選擇渠中與管中粗糙系數和容許流速方面的現行標準，各種輔助數據和輔助用表（簡略的數學用表、流體與固體比重表、度量單位換算表等等）。

而同時本手冊內却省略了公式的理論論證和推演，同樣也沒有編入工程水力學中那些不是水力發電專業而是其他專業的工程師才感興趣的個別問題，例如輸水管網（自來水管網）的計算問題，消防射流，排水集流管的計算問題，灌溉網與排水網的計算問題，設計水力機械的構造時所要進行的計算，煤氣管的計算等等。本手冊內同樣也沒有包括沉沙池和沙排的計算，以及水力輸沙方面的數據。

本手冊內不僅列舉了推薦的計算公式和計算方法，並且還尽可能地列舉了另外一些用來比較不同方法計算所得結果的公式和方法。這就使得讀者可以按照所研究的具體問題之特點及其解答所需

之精度自由地選擇計算方法或計算公式。

綜上所述可知，本手冊是具有特殊性質的，它的目的和結構與以往出版的各種手冊是不同的，其中連H.H.巴甫洛夫斯基院士^①的水力學手冊也包括在內。本手冊只能作規定的用途，不能把它當作計算細則或教材來看待，並且在詳細研究和解決實際問題（特別是比較複雜的實際問題）時，仍然有必要並且也應該利用其他的專門文獻。

本手冊內的材料大部分都是基於專門文獻中所發表過的數據，以及許多生產部門的數據，只有不多的一部分是基於未曾發表的著作。屬於後面這一種的有：技術科學博士B.Д.儒林教授所提出的明渠問題圖解計算法和水深固定的陡坡計算方法，技術科學碩士Г.И.克里甫琴柯所研究出來的水錘問題和平衡水庫中的波動問題的某些計算方法，以及技術科學碩士П.Г.基謝列夫講師所提出的有關明渠計算和液體變量流問題的著作及其他一些著作。

我們在編寫本書時，曾力求利用一切最新的材料，其中包括新的技術規程和設計標準等等在內。但是，終究還是有許多資料沒能編入，其原因很多，就中特別是受本書篇幅的限制，而此外則是由於某些問題的解釋非常複雜等，這樣作就會和本手冊出版目的相違背。

基於這些理由，本書內沒有編入有關空間問題情況下的上下游連接的，詳細研究及計算方面的材料（M. Д.切爾陀烏索夫教授及其他諸人的著作），堰流計算方面的某些新著作，B. И.阿拉文教授、P. P.邱蓋也夫教授、Ф. Б.聶爾松-斯柯爾尼亞柯夫教授，以及技術科學碩士С. Н.努邁羅夫在地下水運動方面的著作等等。

為了在進行初步計算時和編制設計任務書時便於利用本手冊起見，本書對各種簡化的和近似的計算方法，特別是圖解法，付予很大的注意。

^① 院士的全名是尼古拉·尼古拉耶維奇·巴甫洛夫斯基（Николай Николаевич Павловский）。——譯者

为了实施党和政府关于建筑斯大林时代的最偉大的水利工程建筑物(伏尔加河上的古比雪夫和斯大林格勒水力發电厂, 第聶伯河上的卡霍夫卡水力發电厂, 土庫曼大运河, 南烏克蘭和北克里米亞运河)的決議, 水工和水力發电專業的工作人員需要尽很大的努力, 并从事創造性的革新工作。

作者希望所編的这本手册对这些巨大的水工建筑物以及其他許多水电站和建筑物的設計人員与建筑师們有所裨益。

参加本書編写工作的同志有: 技术科学碩士 A.K. 安諾年(第九章, “乙”篇和第十章, 第 1 至 4 节); 技术科学碩士 П.Г. 基謝列夫 講師(第一至八章, 第九章, “甲”篇, 第十章第 5 节及第十二章); 技术科学碩士 Г.И. 克里甫琴柯(第十章, “乙”“丙”兩篇, 和第十三章); 技术科学碩士 A.X. 哈尔巴赫奇揚 講師(第十一章)。

技术科学博士 B.Д. 儒林教授担任本手册的主編。

水力学文献中常見的若干術語*

流体靜力学(水靜力学)——流体力学的一部分，它研究流体的平衡，以及完全或部分浸沒在流体中的固体的平衡。

流体动力学(水动力学)——流体力学的一部分，它研究流体以及完全或部分浸沒在流体中的物体因受作用力而产生的运动。

流体——一种連續介質，其各处皆有一定的有限的密度。在静止状态下，这种介質彼此接触的微小部分之間相互作用的力都只指向該接触面積的內法綫方向。

理想流体(無黏性流体)——在运动状态下，其应力仍然沿法綫方向的流体。

黏性流体——在运动状态下，其內除了法向应力之外，还产生切向应力的流体。

成滴流体(按即我国通称之“液体”——譯者)——压缩性小，其体积变化在实用上不甚重要的流体。

不可压缩的流体——密度不受温度及压力影响的流体。

附註：凡不滿足上述定义中所設条件的流体就名之为“可压缩的流体”。

均質流体——在条件相同时，所有点处的密度都一样的流体。

附註：凡不滿足上述定义中所設条件的流体就名之为“非均質流体”。

容重(單位体积重量)——所論物体的單位体积之重量。

相对重量(относительный вес) [未被推荐的術語：比重(удельный вес)]——物体重量与4°C时同体积的蒸餾水的重量之比。

密度——物体的質量与其体积之比。

运动黏滯系数(кинематический коэффициент вязкости) [未被推荐的術語：运动黏滯性(кинематическая вязкость)]——黏滯系

* 根据苏联科学院技术名詞委员会所采用的術語。

数与密度之比。

黏滯系数 (коэффициент вязкости) [未被推荐的术语: 绝对黏滯系数 (коэффициент абсолютной вязкости)]——在摩擦定律公式

$(\tau = \mu \frac{du}{dn})$ 中考虑流体物理性质的比例系数 μ 。

計示压力 (压力剩余量)——流体压力与大气压力之差(假设前者大于后者)。

真空压力 (压力不足量)——大气压力与流体压力之差(假设前者大于后者)。

等速流——一种液体稳定流, 其任意水流断面的各对应点处之流速都一样。

变速流——水流断面各对应点处的流速沿着水流纵向变化的一种液体运动。

稳定流 (установившееся движение) [未被推荐的术语: 固定流 (стационарное движение)]——一种液体运动, 其液体在所佔空间每一点之流体力学参变数不随时间变化(换句话说, 就是这样一种液体运动, 其流体力学参变数, 用欧勒变数表示时, 仅和座标有关)。

不稳定流——一种液体运动, 其液体在所佔空间的全部或部分内的流体力学参变数随时间而变(换句话说, 就是这样一种液体运动, 其流体力学参变数是座标与时间的函数)。

緩变流 (плавно изменяющееся движение) [未被推荐的术语: 慢变流 (медленно изменяющееся движение)]——一种变速流, 其特点是水流断面与水流方向从容不迫地緩慢变化, 此时, 水流断面实际上可视为平面。

層流 (ламинарное движение) [未被推荐的术语: 平行流 (параллельное движение); 流束式流动 (綫流 стручатое движение); 套筒式流动 (телескопическое движение); 平行流束流动 (параллельноструйное движение); 無渦流 (невахревое движение)]——一

种液体运动，其中沒有导使液体質点紊乱的流速脈动現象。

紊流(турбулентное движение)[未被推荐的术语：渦流(вихровое движение)；乱流(беспорядочное движение)]——一种液体运动，它具有导使液体質点紊乱的流速脈动現象。

水流断面——在液流範圍內所取的一个面，該面在每一点处均与各該点处的時間平均局部流速正交。

附註：在緩变流这一个別情况下，在水流範圍內引一个与运动方向相正交的平面。

水流深度(Глубина потока)[未被推荐的术语：水流充水度(наполнение потока)]——从水流断面最低点到自由水面的垂直距离。

正常水深——等速流时的水流深度。

临界水深——对設定的流量来講，其断面比能达最小值时的水流深度。

换算高度(приведенная высота)——重力液体的一种液柱高度，当此液柱的自由面上压力为零时，其底面处产生一压力，等于液体在該点处的压力。

测压高度(пъезометрическая высота)[未被推荐的术语：压力高度(высота давления)]——重力液体的一种液柱高度，当此液柱的自由面上受大气压力时，其底面处产生一压力，等于液体在該点的压力。

水流平均速度(平均流速)——一种速度，所有的液体質点好像是都以这样的速度通过水流断面而保持其流量等于实际流速分布时的流量。

局部流速——一点处的瞬时流速。

時間平均局部流速——在相当長的一段時間間隔內所决定的一点处的平均流速。

雷諾茲临界流速——在一定条件下，相当于临界雷諾茲数的平均流速之值。

緩流狀態(спокойное состояние потока) [未被推荐的術語: 如河之流(река)]——水深大于临界水深时的水流狀態。

急流狀態(бурное состояние потока) [未被推荐的術語: 快速流(стремнина)]——水深小于临界水深时的水流狀態。

临界水流狀態——水深等于临界水深时的水流狀態。

水力坡度(гидравлический уклон) [未被推荐的術語: 水力梯度(гидравлический градиент)]——水流單位長度上的水流比能之落差(減少量)。

測压坡度——水流單位長度上的水流势能之落差。

临界坡度——正常水深等于临界水深时的水力坡度。

水头沿途損失(沿途損头)——由于水流在途中的摩阻而引起的水头比能損失。

水头局部損失(局部損头)——水流克服局部摩阻而引起的水头比能損失。

流星特性(расходная характеристика) [流量模数(модуль расхода)]——当水力坡度等于1时, 給定水流断面的槽中流量。

流速特性——当水力坡度等于1时, 給定水流断面的槽中平均流速。

壅水曲綫——水深沿水流方向增漲的水流自由水面曲綫。

降水曲綫——水深沿水流方向減小的水流自由水面曲綫。

水躍——当水流由急流狀態轉变为緩流狀態时, 水流自由水面急剧升高的現象。

滲流——液体通过多孔介質的运动。

滲透系数——当水力坡度等于1时的滲流速度。

滲流速度——多孔介質横断面滲流部分中分离出来的一个微小的閉合周界所通过流量与此周界所包圍的面積之比。

若干数学符号

$=$	等于
\approx	约等于, 近似于
$a \rightarrow b$ ①	从 a 到 b
$>$	大于
\gg	显著地大于
$<$	小于
\ll	显著地小于
\lg	常用对数(以 10 为底的对数)
\ln	自然对数
∞	无穷大
\lim	极限
\rightarrow	趋近于
Σ	和
Δ	差, 增值
const	常数
idem	和……一样
\sim	相似号

$|A|_t = \text{const}$ 对数值 t 来讲, 数值 A 是一个常数(即数值 A 与数值 t 无关)。

$f(), \varphi(), F()$ 函数符号

① 依我国习惯, 从 a 到 b 常写成 $a \sim b$ 或 $a-b$ 。今后, 译文中俱从我国习惯。——译者