

館
藏
閱

144591

基本館藏

高等学校教学用書



水 力 学

A. M. 拉迪申可夫 著
B. F. 洛巴巧夫



3302

高等教育出版社

100231

本書系根据苏联国立建筑書籍出版社出版的技术科学副博士拉迪申可夫 (А. М. Латышенков) 副教授及技术科学博士洛巴巧夫 (В. Г. Лобацев) 教授合著“水力学”(Гидравлика) 一書 1956 年修訂第二版譯出。原書經苏联高等教育部采矿冶金及土建高等学校主管司审定为土建高等学校的教科書。

書中闡明了水靜力学及理論水动力学基础, 詳尽地叙述了关于水力阻力的概念、管及渠道中液体均匀及不均匀流动(給水管道及排水系統的計算)、堰、以及地下水流动。

原書系按照苏联高等教育部土建高等学校給水排水系的“水力学”課程的教学大綱編写的, 作为該系以及土建高等学校其他各系(非水利系)学生的教科書。

本書由重庆建筑工程学院周謨仁同志翻譯, 雷汝揚同志校閱。

水 力 学

A. M. 拉迪申可夫, B. Г. 洛巴巧夫著

周謨仁譯

高等教育出版社出版 北京琉璃廠 170 号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 051 号)

商務印書館上海廠印刷 新华書店总經售

統一書号 15010·601 开本 850×1168 1/32 印張 12 12/16 字數 317,000 印數 1—2,200
1958 年 2 月第 1 版 1958 年 2 月上海第 1 次印刷 定价 (10) 元 1.90

原 序

本教科書是根据 1945 年出版的供土建高等学校給水排水系用的“水力学”教程一書重写及增訂的,本書是第二版。

本書按照 1953 年 6 月 26 日苏联文化部土建高等学校主管司所批准的給水排水系的教学大綱編写。

書中簡要地敘述了水靜力学和水动力学基础,其内容为給水和取水構筑物方面解决一些基本問題所必要的。这里还特別着重于管中水力阻力問題,以及管網計算方法。書中引用了全苏給水排水、水工建筑、工程水文地質科学研究所計算鑄鉄管、鋼管,以及其他材料的管子之水头損失方面最近的成就。救火射流問題則單獨予以闡明。

在明渠均匀流动这一章里,加入了开敞渠道計算的主要方法以及复杂剖面排水管的計算方法(無因次函数法)。

堰流一章采用了在寬頂堰和实用剖面堰方面的最新工作来編写的。在明渠不均匀流动的一章中,將 Н. Н. 巴甫洛夫斯基(Павловский)繪制自由水面曲綫的方法作为主要方法。此外,还引入 В. Г. 洛巴巧夫(Лобачев)的無因次参数法以繪制任意形狀封閉断面水道中的自由面曲綫(圓形,倒卵形,馬蹄形)。

在地下水流动的一章中,闡述了地下水流入井、廊道及水工建筑物下的滲流等一切主要情况。

第一至三章、第五章、第八至十二章以及 §4-2、4-3、4-4、6-9、6-11、13-3 及 14-1 各节由技术科学副博士 А. М. 拉迪申可夫(Латышенко)副教授編写;而第四、六、七各章以及 §8-5、9-8,

13-1 及 13-2 各节由技术科学博士 В. Г. 洛巴巧夫教授编写。

著者对于莫斯科古比雪夫土木建筑工程学院水力学教研組主任技术科学博士 В. Д. 茹林 (Журин) 教授、教研組成員技术科学副博士 О. Ф. 华西里也夫 (Васильев) 副教授, М. Н. 格拉齐昂斯基 (Грацианский) 副教授, В. С. 穆罗莫夫 (Муромов) 副教授, И. Г. 基謝辽夫 (Киселев) 副教授以及技术科学博士 С. В. 伊茲巴什 (Избаш) 教授在审查原稿及提出許多宝贵意見方面表示感謝, 这些意見著者在最后編輯原稿时曾加以考虑。

著者对給本書在內容上提出缺点的各位, 亦將表示感激。

1954 年 9 月

原編者的話

В. Г. 洛巴巧夫教授因遭到不幸的事故而先期逝世, 沒有能完成他的一部分原稿的付印准备工作, 这一工作由技术科学副博士 А. М. 拉迪申可夫副教授和本書的科学編輯技术科学副博士 В. С. 穆罗莫夫副教授担任。

目 录

原序

第一章 緒論	1
§ 1-1. 水力学的定义及其簡史	1
§ 1-2. 液体的基本物理性質	6
§ 1-3. 液体的粘滯性及其測定	10
第二章 水靜力学	15
§ 2-1. 水靜压力及其性質	15
§ 2-2. 流体平衡基本微分方程式(欧拉方程式)	17
§ 2-3. 等压面, 液体自由表面的形狀	19
§ 2-4. 水靜力学基本方程式	22
§ 2-5. 水靜压力圖	28
§ 2-6. 測压管高度, 真空及其測定	28
§ 2-7. 靜力水头及單位势能	32
§ 2-8. 巴斯加定理, 水力机械	34
§ 2-9. 作用于平面圖形上的总压力	36
§ 2-10. 作用于曲面上的液体总压力	41
§ 2-11. 作用于管壁及池壁上的液体压力	44
§ 2-12. 阿几米德原理, 物体的浮沉	46
§ 2-13. 浮体的稳定性	48
第三章 水动力学的理論基础	51
§ 3-1. 液体运动的特征	51
§ 3-2. 水动力学基本概念及液体流动种类	52
§ 3-3. 液体运动微分方程式(欧拉方程式)	57
§ 3-4. 不可壓縮液体的連續性方程式	59
§ 3-5. 旋流和势流	62
§ 3-6. 流綫方程式及流函数	64
§ 3-7. 用渦旋分量表欧拉方程式	66
§ 3-8. 理想液体稳定流的伯諾里方程式	68
§ 3-9. 以动能定理推导伯諾里方程式	70

§ 3-10. 实际液体元流的伯諾里方程式	74
§ 3-11. 水流伯諾里方程式	77
§ 3-12. 伯諾里方程式应用例題	82
§ 3-13. 均匀流动的基本方程式	87
第四章 水力阻力	90
§ 4-1. 阻力的种类	90
§ 4-2. 液体流动的两种状态	91
§ 4-3. 層流状态的性質	95
§ 4-4. 管中液体紊流运动的特点	99
§ 4-5. 紊流状态时的管中摩擦水头损失	105
§ 4-6. 全苏給水排水、水工建筑及工程水文地質科学研究所决定鑄鉄 管和鋼管的紊流水头损失方面最近的工作	116
§ 4-7. 局部阻力	122
第五章 孔口及管咀的液体出流	136
§ 5-1. 薄壁小孔口的出流	136
§ 5-2. 大孔口出流	142
§ 5-3. 变水头下由棱柱形容器中的出流	145
§ 5-4. 变水头时变水位下的出流	147
§ 5-5. 管咀及短管的液体出流	149
§ 5-6. 平壁面和曲壁面上的射流压力	158
第六章 管中液体流动	162
§ 6-1. 簡單管路	163
§ 6-2. 長管路直徑的决定	167
§ 6-3. 短管路的計算	169
§ 6-4. 轉輸流量的复杂管路(順联及并联)	175
§ 6-5. 沿程流出的管路	180
§ 6-6. 給水管網計算所遇到的問題	186
§ 6-7. 环狀給水管網的計算	187
§ 6-8. 分支管網的計算	190
§ 6-9. 压力管內的液体不穩定流动	193
§ 6-10. 管中水击	193
§ 6-11. 水力揚水机	209
第七章 射流的計算	212
§ 7-1. 射流概念	212
§ 7-2. 鉛直射流	212
§ 7-3. 傾斜射流	217

§7-4. 噴咀流量的計算.....	220
§7-5. 柔性管中的水头損失.....	221
第八章 明槽及渠道的均匀流动	223
§8-1. 謝才公式中系数 C 值的計算.....	223
§8-2. 水力最优断面.....	233
§8-3. 渠道的水力計算. 問題的类型.....	236
§8-4. 用單位特性流量法計算渠道.....	243
§8-5. 管中液体無压流动.....	248
第九章 明槽及封閉断面渠道的不均匀流动	257
§9-1. 基本概念.....	257
§9-2. 断面單位能量. 临界水深.....	259
§9-3. 特性流量的指数关系式.....	269
§9-4. 不均匀流动的基本方程式.....	271
§9-5. 棱柱体水道自由水面形式的研究.....	275
§9-6. 棱柱体水道中当 $i > 0$ 时自由水面曲綫的繪制.....	279
§9-7. 用指数关系法 (B. A. 巴赫米特夫法) 繪制棱柱体渠道中自由水面 曲綫.....	287
§9-8. 封閉断面的排水管道中自由水面曲綫的繪制.....	289
§9-9. 用直接累加法繪制天然河道自由水面曲綫.....	293
§9-10. 水躍.....	296
第十章 堰	307
§10-1. 堰的分类.....	307
§10-2. 薄壁堰.....	308
§10-3. 实用剖面堰.....	316
§10-4. 寬頂堰.....	320
§10-5. 过水管及小型桥孔的計算.....	332
第十一章 上下游的銜接和消能	338
§11-1. 上下游銜接的种类.....	338
§11-2. 靜水塘和靜水牆的計算.....	339
§11-3. 閘門下的出流.....	345
§11-4. 跌坎和陡坡的計算概念.....	349
第十二章 地下水流动	352
§12-1. 地下水流动的种类.....	352
§12-2. 滲透基本定律.....	353
§12-3. 計算滲透系数的公式.....	356

§ 12-4. 地下水均匀流动方程式.....	358
§ 12-5. 地下水不均匀流动.....	359
§ 12-6. 流入圆柱形水井和集水廊的水流.....	362
§ 12-7. 水平含水層上經土填填体的滲流.....	370
§ 12-8. 电拟法.....	374
第十三章 給水排水建筑物的某些水力学問題.....	377
§ 13-1. 沿程流量变更的液体流动.....	377
§ 13-2. 管中流量变更的液体流动.....	378
§ 13-3. 通过透水堤的水流动.....	383
第十四章 水工建筑物的模型实验.....	386
§ 14-1. 取水樞紐的實驗室研究和水力相似性理論簡介.....	386
附录——参考用表.....	391

第一章 緒論

§ 1-1. 水力学的定义及其簡史

水力学是一門应用科学,它研究液体平衡及运动的規律,并在理論和实验的基础上提出运用这些規律于解决各种工程实际問題的方法。水力学可以分为两个部分:研究液体平衡規律的水静力学,和研究液体运动規律的水动力学。俄文水力学“гидравлика”这个字是由两个希臘字 $\upsilon\delta\omega\rho$ (水)和 $\sigma\upsilon\lambda\omega\sigma$ (管)結合而成的。

在古代,水力学作为一門科学而产生,可以說乃是由于实际上有需要,把引水流过水管的法則和經驗結合起来,也就是,把給水管道的計算和敷設結合起来。现代水力学的內容無可比拟地广泛得多,它也探討液体在明渠中和結構物中的运动以及地下水的运动。

另外一門科学——理論流体力学也从事于液体平衡和运动的研究,它具有严格的数学特征,并給出普遍性的和精确的解答。作为应用科学的水力学是要解决工程实践中必需的一些重要問題,因此考虑各种問題較为簡化,它只确定水力現象中的一些主要要素,并且时常借助于实验結果。

在人类發展史中,水起了巨大的作用,它被用以供应飲用給水、灌溉田地、运轉最簡單的机械等等。

埃及远在紀元前四千年,中国和叙利亞在紀元前一千年就能夠在河上構築堤壩和磨坊,建造灌溉系統及航海船只。苏联在中亞細亞和外高加索也發現有古代灌溉系統。羅馬还保留有紀元前

六世紀所建古代給水水道的殘迹,表明当代的高度技术。

应当列为水力学方面第一部著作的是希臘物理学家阿几米德在紀元前二百五十年所写的一篇“論浮体”。他也曾研究出叫做“阿几米德螺旋”的揚水机械的構造。此后由于中世紀科学發展的停滯,將近一千七百年来沒有增添任何新定理和發明。十四世紀至十五世紀之間,意大利出現这方面的新的工作。十五世紀末,意大利学者辽昂納多·达·芬奇(1452-1519)从事孔口液体出流及水在河渠中运动規律的研究,但是他的紀錄直至四百年以后才發表,因此他在水力学方面的成就就沒有被利用。

在此后水力学方面的一些著作中,應該注意到荷蘭学者斯捷文所著于1585年出版的“水靜力学原理”一書。1612年意大利学者伽利略發表了他的論文“論水中靜止的物体和水中运动的物体”。在这篇論文中他尖銳地批判了希臘哲学家亞里斯多德关于“絕對重的”和“絕對輕的”物体的形而上学理論,并強調指出阿几米德所提出的浮体定律的正确性。

伽利略的学生托里析利研究液体运动問題,他在1643年推导出無粘滯性(理想)液体孔口流出的流速公式。

法国学者巴斯加于1650年提出液体傳遞外界压力的定律,这是計算水压机、水力升降机等机械的基础。

英国学者牛頓在1686年創立了关于液体內摩擦定律的假說,并且第一次引用液体粘滯性的概念。

很多水力学实用定律,远在国外發表它們以前業已为俄国人所知曉。他們巧妙地在河上建造浮桥,兴建水磨(用以打谷),堤壩和給水道。

当时,城堡被圍期間飲用水的供給具有重大意义。例如1382年韃靼人包圍莫斯科时,由于塔里次克塔樓下有秘密水井与莫斯科河以地下石砌溝道相連通,才保證了克里姆林宮中获得足够的

水量供应。

1605 年所繪被称为“莫斯科古东諾夫圖”的古老平面圖上,繪出了全部河流網,其上有受保护的水道、水池、博罗菲次克門附近和亞烏瑟河口的水磨、莫斯科河上的浮桥,以及为了保証莫斯科首創給水道工作所兴建的伏多伏茲伏德罗塔楼。

1631 年在莫斯科作了安裝克里姆林宮压力給水的初步尝试。十八世紀初叶,由于彼得一世的倡导,展开了俄罗斯水工建設并开始蓬勃地發展海运及河运。俄国匠师雪尔就可夫(Сердюков)建造了連結波罗的海和里海(通过沃尔霍夫河、姆斯塔河、茨那河、特維尔察河及伏尔加河)的上伏洛曲克运河閘門水道系統。1708 年俄国首次出版关于通航河道整理的参考書籍。

1791 年出版卡尔梅可夫(Калмыков)所著首創的俄罗斯著作“計算通过管道、孔口及排水溝水量,以及計算具有一定速度的水流的冲击力,并附有計算机械摩擦力法則的手册”。

十八世紀时彼得堡科学院許多学者(罗蒙諾索夫、伯諾里和欧拉)建立了水力学的理論基础,使它成为一門独立的科学。卓越的俄罗斯学者 M. B. 罗蒙諾索夫(Ломоносов)于 1760 年著作并出版論文“論物体的固体性和流动性”。在这篇論文中他闡明了奠定水力学基础的質量和能量守恒定理。

彼得堡科学院院士丹尼尔·伯諾里于 1738 年發表液体流动問題的鉅著,为水动力学奠定了基础。在这項著作中,伯諾里論証了他本人关于液体流动質点能量不灭的著名定理,这是現代水力学的基本理論。

彼得堡科学院院士列奧納尔德·欧拉于 1755 年在罗蒙諾索夫發現的基础上推导出無粘滯性液体的平衡与运动的基本微分方程式,奠定了用数学分析方法研究液体运动定律的理論流体力学的基础。

除了流体力学和水力学方面的理論工作以外, 还开始采用了实验(即試驗方法)来研究它們的許多定律。这就奠定了实用水力学的基础并使之發展。十八世紀至十九世紀謝才、巴森、达西等法国学者的工作在發展实用水力学上占有重要的地位。

1836 年交通工程师 П. П. 美里尼柯夫(Мельников)編輯并出版俄罗斯第一部水力学教科書, 書名为“实用水力学原理或各种情况下水的运动及其承受冲击和阻力的作用”。

卓越的俄罗斯学者 Д. И. 門捷列也夫(Менделеев)在他的 1880 年的論文“論液体阻力及空气浮力”中, 指出自然界中存在着两种液体运动状态, 各有不同的阻力規律。俄罗斯物理学家 Н. П. 彼得罗夫(Петров, 1836—1920) 于 1883 年更發展并論証了这个思想。他首先提出, 由層流运动粘滯性阻力所决定的潤滑摩擦阻力与速度的一次方成正比。牛頓的液体內摩擦力假說的証明和潤滑水动力学理論的研究也应属于彼得罗夫。

几年以后英国学者雷諾作了試驗, 明显地証实了門捷列也夫关于層流紊流运动存在的假說。喀桑大学教授 И. С. 葛罗米柯(Громек) 于 1881 年發表了液体螺旋运动理論方面許多巨著。在發展流体力学和水力学方面作出極其巨大貢獻的是 Н. Е. 儒可夫斯基教授。1898 年他發表了举世聞名的水力冲击理論研究。他还提出地下水滲透問題的数学解答方法, 并創建水流挟沙运动的理論。二十世紀初叶, 俄罗斯工程水力学在全世界科学領域中無疑义地占有领导的地位。因为当时 В. А. 巴赫米特夫(Бахметев) 教授等在構結物及明渠水力学方面作了一系列重要的工作。

1910—1915 年發表了俄罗斯工程师 В. М. 駱赫琴(Лохтин) 和 Н. С. 列里雅弗斯基(Леляевский) 关于河床形成及河流結構的著作。可以正确地認為, 他們是河流水力学的創始人。

1914 年 В. И. 恰尔諾姆斯基(Чарномский) 發表他所建議的

非棱柱体河床不均匀液体流动方程式的近似积分法。

1914年 А. Я. 米洛維奇 (Милович) 教授發表著作“論非工作的水流弯曲”;以后他写了关于水輪机渦室外形及水流分枝理論等一系列頗饒兴趣的著作。

Н. Н. 巴甫洛夫斯基院士在水力学上作了極其巨大的貢獻,他提出了許多关于繪制不均匀流动时的自由面曲綫的獨創性見解,并在儒可夫斯基的工作基础上建立了地下水的滲透理論。

以上簡單列举的俄罗斯学者的成就証明,他們在水力学作为一門科学而發展的道路中作了巨大的貢獻。

偉大的十月社会主义革命之后至衛国战争前的各五年計划年代中,苏联实现了列宁的全国电气化方案并进行了巨大的水工建筑物的建設。

業已建成的有:电气化初步果实——沃尔霍夫水电站,德昂伯的列宁水电站、白海至波罗的海的斯大林运河、莫斯科运河、賈尔干納运河,以及服务于动力、灌溉、水道运输、給水的其他許多水电站和水工建筑物。

1933年竣工的莫斯科运河在解决水道运输問題的同时,也解决了严重存在着的莫斯科給水問題,它以伏尔加河水充分供应莫斯科所需的水量。

業已建成許多工業联合工厂、新城市、工人村;它們的工業和飲用給水均得到保証。

所有这些都有力地推动了实验水力学和理論水力学、管道和建筑物水力学的發展;管道和建筑物水力学乃是在設計和修建取水結構物及各种水工建筑物时,正确地、最适当地解决給水、排水和工程水力学問題的科学基础。

广大的科学研究机构網正在發展和壯大,它們装备有水力和水工試驗室,成功地为解决各种水力学和水工問題而工作。

苏联共产党第十九次代表大会以及苏联共产党中央全体會議关于發展農業經濟及开垦生熟荒地的決議向給水工程师提出巨大的任务:在河流中建筑巨大的取水建筑物供应新兴企業和工厂的工業給水,灌溉新开垦的田地,供应西伯利亞草原区、哈薩克斯坦及其他苏联各地区处女地上迅速兴起的新集体农庄、国营农場、市鎮的飲用給水。

实现共产党所拟定在苏联建設共产主义的偉大计划在苏維埃学者、工程师和技术人員面前提出一系列新的問題;要求进一步扩大和加深水力学知識,注意国外先进經驗,并有成效地培养新的苏維埃工程师。

§ 1-2. 液体的基本物理性質

流体不同于固体之处在于各个質点間的粘結力極微小及其易流动性,因此極易采取容納它的容器的形狀。流体的这个特性称为流动性。流体有兩種:(1)成滴流体和(2)气态流体(蒸汽和气体)。

成滴流体中,在大气压力情况下,分子与分子相距某一取决于温度的距离。它們时而互相吸引,过于接近时,又互相推开。

一切气体都可認為是同名液体的蒸气,是液体受热后轉为气体状态的,有时称为气态流体。压力改变时,它極易压縮和膨脹。在气态流体中分子相距較远,互不联系,而在热运动时倾向于飞散。气态流体的密度很小,取决于温度和压力。与气体相反,成滴流体当压力改变时几乎不变更体积,而在多数情况下假设为实际上不可压縮的。由成滴流体轉变为气态流体取决于在一定温度下饱和于空間的液体蒸气的絕對压力。液体压力降低时,就开始沸騰,并轉变为气体。

例如水在不同温度时的饱和蒸气压力有下列数值。

溫度以攝氏計	0	10	20	40	80	100
蒸汽絕對压力, 以公尺水柱計	0.06	0.12	0.24	0.75	2.03	10.83

水力学中主要研究成滴流体。气态流体(或簡称为气体)在空气动力学中研究。但是許多屬性和力学定律对于兩者是相同的。

最常用于水力学的流体特征是重率(或單位体积重量), 以字母 γ (Гамма) 表示之。

重率是个有名数, 它的因次是力被体积除。重率表为克/公分³、公斤/公分³、公斤/公尺³或吨/公尺³。 γ 值視所采用的單位而不同。

应当將重率 γ 和比重 δ 区别开来。比重 δ 是某液体單位体积重量和同体积蒸餾水在温度为 4° 时的重量的比值; 比重是無名数, 可以具有与 γ 不同的数值 (γ 的数值取决于采用何种單位)。

例如蒸餾水当温度为 4° 时 $\delta=1$, 而 $\gamma=1000$ 公斤/公尺³ 或 0.001 公斤/公分³。

渾水河流中, 水的重率可以达到 $\gamma=1200$ 公斤/公尺³。海水的 $\gamma=1020\sim1030$ 公斤/公尺³。大家知道, 温度为 4° 时 1 立方公分的水的質量在物理單位制中采用作質量的單位, 称为 1 克質量。

液体單位体积的質量称为密度, 用 ρ 表示之。密度的因次是質量被体积除。由物理学上知道, 物体重量 G , 它的質量 m 和重力加速度 g 之間存在着关系式 $G=mg$; 重率 γ 和密度 ρ 之間的关系相应地可以表为

$$\gamma = \rho g \text{ 或 } \rho = \frac{\gamma}{g}.$$

由上式可求出在工程制中密度的因次

$$\frac{\text{公斤}}{\text{公尺}^3} \div \frac{\text{公尺}}{\text{秒}^2} = \frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{公尺}^4}.$$

对于水

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1000}{9.81} = 101.9 \text{ 公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{公尺}^4。$$

壓縮性 成滴流体表现出極大的抗压力,因此可以承受極大的压力(达到 3000 大气压以上)。如果对盛于容器内体积为 W_1 的液体用活塞加压 $\frac{P}{\omega} = p$ 公斤/公分²(圖 1-1),則液体体积在活塞压力之下就要减小为 W_2 ; 比值 $\beta_w = \frac{W_1 - W_2}{pW_1}$ 表示液体受压力 $p = 1$ 公斤/公分² 的作用下体积的减小,称为体积压缩系数。压力变更于 1~500 公斤/公分² 的限度間,体积压缩系数几乎不变,并可采用

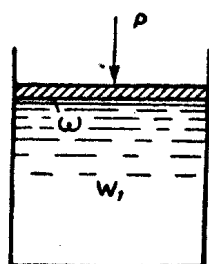


圖 1-1.

$$\beta_w = 0.000048 \approx \frac{1}{20000} \text{ 公分}^2 / \text{公斤}。$$

再要增加压力,体积压缩系数就要减小;当 $p = 1000 \sim 1500$ 公斤/公分² 时, $\beta_w = 0.000036$; 而当 $p = 2500 \sim 3000$ 公斤/公分² 时, $\beta_w = 0.000026$ 。

在解决大多数水力学問題时,除水击現象外(見§ 6-10),可以不計及液体的压缩性,并認液体为实际不可压缩的。体积压缩系数的倒数 $\frac{1}{\beta_w} = E$ 称为体积弹性模量。

在实际計算中,水的弹性模量采用平均值 $E = 20000$ 公斤/公分²。

抗拉阻力 液体的抗拉阻力表现为質点間由于分子引力而产生的凝聚力。在液体内部,凝聚力由一切方向等值作用于每一分子上,因此它們的影响是互相抵消的。

在液体表面上这些力所起的作用表现为表面張力,液体和固体相粘結,也表现了这种力(潤湿)。

在自由表面單位長度綫段上的表面張力 σ 与液体种类和溫度有关。

水在溫度为 20° 时, $\sigma \approx 0.0074$ 公斤/公尺; 随着溫度升高, σ 值降低。对于水銀 $\sigma = 0.0055$ 公斤/公尺。

在多数情况下解决实际水力学問題时, 不計算表面張力。只有直徑很小的管子才有計算它的必要, 在这种管子里, 由于表面張力的作用, 如果液体能潤湿管壁 (圖 1-2), 液面就要升高; 如果不能潤湿管壁, 液面就要降低。这种現象称为毛細管作用。

当溫度为 20° 时, 水在直徑为 d 公厘的玻璃管中上升的高度为 $h = \frac{29.8}{d}$ 公厘。如为水銀, 則不潤湿管壁, 水銀在玻管中下降的高度 $h = \frac{10.2}{d}$ 公厘。

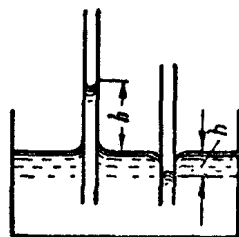


圖 1-2.

抗切阻力 在液体运动时, 其各个質点之間以及液体質点与外界表面(渠底及渠壁)之間都产生摩擦阻力。这个力的大小取决于液体对質点的抗切阻力和外界表面的粗糙度。实际液体抗切阻力的屬性称为粘滯性。

溫度膨脹 流体和一切其他物体相同, 在溫度改变时, 变更体积和密度。

水在溫度为 4° 时具有最大密度, 大家知道, 它的重率为 $\gamma = 1$ 克/公分³ 或 1000 公斤/公尺³。

水的溫度膨脹系数 β_t 取决于溫度和压力。当压力 $p = 1$ 公斤/公分²、溫度在 $0 \sim 10^\circ$ 之間变动时, $\beta_t = 0.000014$; 当 $t = 10 \sim 20^\circ$ 时, $\beta_t = 0.00015$ 。这个数值非常小, 因此在解决給水、排水及水工建筑物方面的实际問題时, 不考虑液体体积随溫度的变更。

随着溫度改变, 液体的重率也改变(表 1-1)。